

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO DE REUTILIZACIÓN DE
AGUAS GRISES Y PLUVIALES EN UNA
VIVIENDA UNIFAMILIAR DE ARNUERO,
CANTABRIA***

Alumno/Alumna: Diarte Pérez, Alejandro

Director/Directora: De Luis Álvarez, Ana

Curso: 2020-2021

Fecha: marzo 2021

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO DE REUTILIZACIÓN DE
AGUAS GRISES Y PLUVIALES EN UNA
VIVIENDA UNIFAMILIAR DE ARNUERO,
CANTABRIA***

DOCUMENTO 1 – MEMORIA DESCRIPTIVA Y ANEJOS

Alumno/Alumna: Diarte Pérez, Alejandro

Director/Directora: De Luis Álvarez, Ana

Curso: 2020-2021

Fecha: marzo 2021

MEMORIA DESCRIPTIVA

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El agua es uno de los recursos más preciados del ser humano, dado que, sin agua, la vida no sería posible. Por ello, cuesta entender que se le dé un mal uso, se malgaste, no se reutilice o se contamine.

En el presente proyecto, se pretende desarrollar un método accesible que permita reutilizar gran cantidad de agua, la cual se realiza sometiendo a aguas a las que ya se les ha dado un uso a tratamientos; para afrontar ciertas tareas en la vivienda con el agua ya tratada, lo que conlleva un ahorro en recursos hídricos.

El proceso consiste en captar tanto aguas pluviales como grises, procediendo estas últimas de lavadoras, lavabos, duchas, lavavajillas y fregaderos de una vivienda unifamiliar localizada en el municipio de Arnauero, Cantabria. Estas, son sometidas a un tratamiento que combina tratamiento primario, aireación y extracción de agua depurada, alcanzándose la calidad mínima requerida por el *RD 1620/2007, por el que se establece el Régimen Jurídico de la Utilización de Aguas Depuradas* para dos usos concretos a los que se ha decidido destinar: recarga de inodoros y riego de jardines.

Este proceso es posible gracias a la instalación de un sistema de saneamiento que permite la recogida desde la cubierta y los puntos de consumo antes mencionados, y a través de colectores (tuberías enterradas) se envían al equipo de tratamiento. Una vez tratadas, un equipo de bombeo posibilita el retorno para la reutilización de aguas.

La duración de obra prevista será de 21 días, y el equipo con el que se contará será de 3 trabajadores, que realizarán las tareas requeridas en una jornada laboral de lunes a viernes durante 8 horas diarias. Se ha estipulado que las obras comiencen el día 6 de abril de 2021. El presupuesto de Ejecución por Contrata asciende a 16.641,46 euros.

De este modo, la realización de este proyecto resultará en varias ventajas. Por un lado, el ahorro económico a lo largo de los años será evidente, y al mismo tiempo, se colaborará en la lucha para poder alcanzar un desarrollo sostenible.

Palabras clave: reutilización, grises, pluviales.

SUMMARY AND KEYWORDS

Water is one of the most valued resources for the humans, because, without water, life wouldn't be possible in the Earth. Therefore, it's difficult to explain why the humans misuse, don't re-use, or pollute it.

In this project, it is intended to develop an accessible method that allows to reuse a large amount of water, which is carried out by subjecting water that has already been used to treatments; to face certain tasks with the treated water, which results in saving water resources.

The process consists of capturing both rainwater and gray water, coming the latter from washing machines, sinks, showers and dishwashers of a single-family home located in the village of Arnuro, Cantabria. These, are subjected to a combine of a primary treatment, aeration and extraction of purified water, reaching the minimum quality required by *R.D: 1620/2007, which establishes the Legal Regime for the Use of Purified Water* for two specific uses: recharging toilets and watering gardens.

This process is possible thanks to an installation of a sanitation network that allows a rainwater and gray water collection, which is sent to the treatment equipment through the collectors. Once the water is treated, a pumping equipment enables the return of the water to the reuse points.

The planned duration of the work will be 21 days, and the working team will be counted on 3 workers, who will carry out the required tasks from Monday to Friday, for 8 hours a day. It has been stipulated that the works will begin on April 6, 2021. The forecasted budget is 16.641,46 euros.

This project will result in several advantages. On the one hand, the economic savings over the years will be evident; and, on the other hand, it will be a gun to collaborate in the fight to achieve sustainable development.

Keywords: water, grey, rainwater

LABURPENA ETA HITZ GAKOAK

Ura gizakiaren baliabiderik preziatuenetako bat da, izan ere, urik gabe, bizitza ez litzateke posible izango. Hori dela eta, ulertezina da urari erabilera okerra ematea, xahutzea, ez berrerabiltzea edo kutsatzea.

Proiektu honetan, ur kopuru handia berrerabiltzeko aukera ematen duen metodo eskuragarria garatu nahi da, lehendik erabilitako urak tratatuz gero, etxeko zeregin batzuei aurre egiteko eta horrek ur baliabideetan aurrezteko.

Prozesua euri ura eta ur grisak harrapatzean datza, azken hauek garbigailuetatik, konketetatik, dutxetatik, eta Kantabriako Arnuelo udalerrian kokatutako familia bakarreko etxebizitzako ontzi garbigailuetatik datoz. Urak aireztapena eta erauzketa konbinatzen dituen tratamendu bat jasaten dute, *1620/2007 EDak eskatzen duen gutxieneko kalitatea lortuz, ur araztua erabiltzeko araubide juridikoa* ezartzen duen bi erabilera zehatzetarako eta erabaki direnetarako: komunak kargatzea eta lorategiak ureztatzea.

Prozesu hau teilatuetatik eta aipatutako kontsumo puntuetatik biltzea ahalbidetzen duen saneamendu sistema instalatzeari esker lortzen da eta kolektoreen bidez (lurperatutako hoditeriak) tratamendu ekipoetara bidaltzen dira. Tratatu ondoren, ponpaketa ekipo batek ura berrerabiltzeko aukera ematen du.

Lanaren iraupena 21 egunekoa izango da, eta lan taldea 3 langilez osatuko da, astelehenetik ostiralera eguneko 8 orduz lanegunean eskatutako lanak burutuko dituztenak. Lanak 2021eko apirilaren 6an hasten direla zehaztu da. Kontratu bidez gauzatzeko aurrekontua 16.641,46 eurokoa da.

Horrela, proiektu hau aurrera eramateak hainbat abantaila ekarriko ditu. Batetik, urtetako aurrezki ekonomikoa agerikoa izango da, eta, aldi berean, garapen iraunkorra lortzeko borrokan parte hartuko dugu.

Hitz gakoak: ura, ur grisak, euri urak

ÍNDICE GENERAL: MEMORIA Y ANEJOS

1. MEMORIA DESCRIPTIVA PAG 8.

2. ANEJOS
 - ANEJO 1. CÁLCULO DE CAUDALES
 - ANEJO 2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN
 - ANEJO 3. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO
 - ANEJO 4. DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO DE EVACUACIÓN
 - ANEJO 5. DIMENSIONAMIENTO DE LA ARQUETA DE PLUVIALES
 - ANEJO 6. GESTIÓN DE RESIDUOS.
 - ANEJO 7. CONTROL DE CALIDAD

ÍNDICE DE MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Antecedentes	8
1.1 El agua como elemento vital	8
1.2 Escasez de agua: causas y consecuencias	9
1.3 Acceso a los recursos hídricos	10
1.4 La reutilización	11
1.5 Usos urbanos: reutilización en el hogar	12
1.6 Calidad del agua	14
1.6.1 Composición y parámetros de referencia	15
1.6.2 Caracterización de aguas pluviales.....	20
1.6.3 Caracterización de aguas grises	21
1.7 Parámetros de referencia en aguas grises y de lluvia según el R.D.	23
1620/2007	23
1.8 Datos de partida	24
1.8.1 Características de la vivienda	24
1.8.2 Parámetros iniciales	24
1.8.3. Caudales previsibles de agua pluvial y aguas grises.....	24
2. Objeto.....	25
3. Situación y emplazamiento.....	26
4. Estudio de alternativas.....	28
4.1 Estudio de distintos tratamientos de aguas grises y pluviales a reutilizar	29
4.1.1. Objetivo de los tratamientos.....	29
4.1.2 Procesos utilizados en los tratamientos.....	29
4.1.3 Estructuras de instalación centralizada para reutilización de aguas grises	32
4.1.4. Estructuras de instalación centralizada para aprovechamiento de aguas pluviales. 33	33
4.1.5. Sistemas de tratamiento	34
4.2 Estudio de tratamientos compactos	36
4.2.1 Depuradora biológica.....	36
4.2.2 Depuradora de oxidación total.	37
4.2.2.1 Depuradora de oxidación total Reactores Biológicos Secuenciales “SBR”	38
4.2.2.2 Depura de oxidación total Aireación Prolongada	39

4.2.2.3	Depuradoras con Biodiscos	41
4.3	Estudio de alternativas para la selección del sistema compacto de oxidación parcial.....	42
5.	Descripción del proyecto.....	48
5.1.	Datos iniciales.....	49
5.1.1.	Descripción de la vivienda.....	49
5.1.2.	Caudal generado y demandado	49
5.1.3.	Ubicación del equipo de tratamiento	50
5.1.4.	Proceso	51
5.2.	Instalación de la recogida de agua	52
5.2.1.	Recogida de aguas.....	52
5.2.2.	Selección del tipo de red de saneamiento	55
5.2.3.	Arqueta de aguas pluviales	57
5.3.	Equipo para el tratamiento del agua.....	58
5.4.	Instalación de almacenamiento de agua tratada.....	59
5.5.	Instalación de retorno	61
5.5.1.	Sistema de bombeo y elevación.....	61
5.5.2.	Elección de la bomba	62
6.	Plan de obra.....	63
6.1.	Actividades	63
6.2.	Diagrama de Gantt	66
7.	Resumen del presupuesto	68
8.	Normativa	70
9.	Bibliografía	74
	Figura 1. Comparativa agua dulce y salada . Fuente: laenergiadelcambio.com (1).....	8
	Figura 2. Reparto de agua dulce en el mundo. Fuente: laenergiadelcambio.com (1).....	8
	Figura3. Parámetros para la determinación de la calidad del agua. Fuente: Waterlogic (20) ...	16
	Figura 4. Distribución interior de las viviendas. Fuente: elaboración propia.	24
	Figura 5. Ubicación de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Fuente: Google Maps.....	26
	Figura 6. Ubicación de Castillo, Cantabria. Fuente: Maps	27
	Figura 7. Vista en planta del barrio en el que están situadas las viviendas. Fuente: Google Maps.	27
	Figura 8. Depuradora biológica. Fuente: hidrología sostenible.com (14).....	34
	Figura 9. Depuradora de oxidación total. Fuente: hidrologiasostenible.com (14)	35
	Figura 10. Funcionamiento de una depuradora biológica. Fuente: ecodena. (44).....	36

Figura 11. Depuradora de oxidación total. Fuente: depósitosparalíquidos.com (45)	37
Figura 12. Depuradora SBR. Fuente: blogdeagua.es (49)	38
Figura 13. Depuradora de Aire Prolongada. Fuente: blogdeagua.es (49).....	40
Figura 14. Depuradora de Biodiscos. Fuente: blogdeagua.es (49)	41
Figura 15. Área del jardín. Fuente: Youtube.com	51
Figura 16. Canalón y bajante de vivienda unifamiliar. Fuente: canalonespozuelo.net (52)	53
Figura 17. Elementos de captación de aguas pluviales. Fuente: elaboración propia.	53
Figura 18. Aparatos residuales. Fuente: elaboración propia.	54
Figura 19. Configuración de arquetas. Fuente: elaboración propia	56
Figura 20. Depuradora SBR escogida. Fuente: depurpack SL. (54)	58
Figura 21. Depósito elegido. Fuente: depurpack.com	60
Figura 22. Bomba elegida. Fuente: autosolar.es (56)	62
Tabla 1. Valores agua de lluvia. Fuente(igme.es) (34)	20
Tabla 2. Valores orientativos aguas grises y residuales. Fuente: aguasresiduales.info (35).....	21
Tabla 3. Composición de aguas grises de entrada. (Fanavue y Wichmann 2009) (34).....	21
Tabla 4. Uso de reutilización de agua previsto. Fuente: RD 1620/2007	23
Tabla 5. Calidad de aguas de origen y salida. Fuente: R.D. 1620/2007	28
Tabla 6. Contaminantes y procesos. Fuente: las aguas residuales en la arquitectura sostenible, I.J. Palma Carazo. (17)	30
Tabla 7. Peso de cada criterio para la selección de alternativas. Fuente: elaboración propia. ..	43
Tabla 8. Calidad del agua obtenida. Fuente: Aqualia.com	43
Tabla 9. Puntuación en los diferentes criterios. Fuente: elaboración propia	44
Tabla 10. Calidad del agua obtenida. Fuente: Aqualia.com	44
Tabla 11. Puntuación en los diferentes criterios. Fuente: elaboración propia	45
Tabla 12. Calidad del agua obtenida. Fuente: Aqualia.....	45
Tabla 13. Puntuación en los diferentes criterios. Fuente: elaboración propia	46
Tabla 14. Valores según el método de VTP. Fuente: elaboración propia	46
Tabla 15. Valores según el método de SBR. Fuente: elaboración propia.	47
Tabla 16. Características instalación de aguas pluviales. Fuente: elaboración propia.	53
Tabla 17. Resumen instalación de aguas residuales. Fuente: elaboración propia.	54
Tabla 18. Modelos de BIOX. Fuente: Catálogo Depurpack. (55).....	59

1. Antecedentes

1.1 El agua como elemento vital

El agua recubre un 71% de la superficie de corteza terrestre. Está principalmente ubicada en océanos, donde se encuentra hasta un 96.5% de su totalidad. El 3,5% restante lo constituyen glaciares, acuíferos, glaciares continentales, casquetes polares... Hasta un 97,5% del agua que se encuentra en el planeta es salada, y un 2,5 % es dulce. (1)

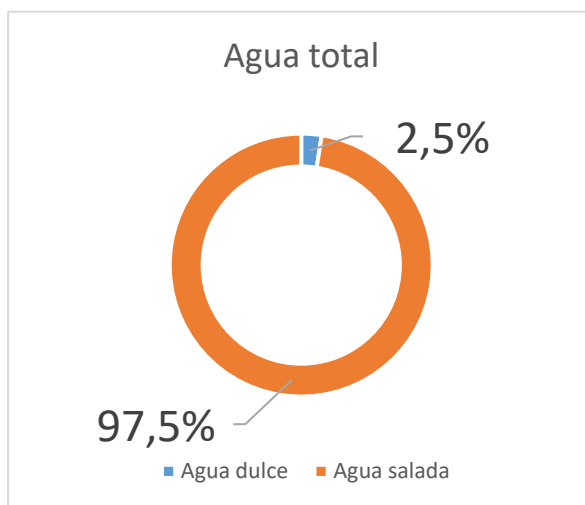


Figura 1. Comparativa agua dulce y salada . Fuente: laenergiadelcambio.com (1)

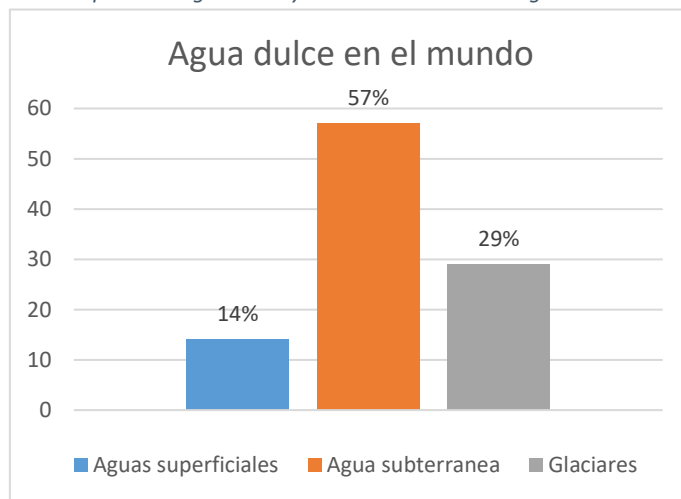


Figura 2. Reparto de agua dulce en el mundo. Fuente: laenergiadelcambio.com (1)

Como puede observarse en la segunda figura, tan solo un 14% del agua dulce es aprovechable, ya que el resto se encuentra en forma de glaciar o en aguas subterráneas, lo que provoca que el acceso a ella sea mucho más costoso.

En definitiva, el ser humano tiene acceso a menos de un 1% del agua total del planeta para abastecer sus necesidades, por lo que un uso controlado y racional de la misma es clave para su subsistencia.

Se entiende que todas las personas tienen derecho a disponer de agua suficiente, saludable, aceptable y físicamente accesible y asequible para su uso personal y doméstico; aunque en la práctica, y según datos ofrecidos por la OMS, hasta 844 millones de personas carecen de un servicio básico de suministro de agua potable; y al menos 2000 millones de personas se abastecen de fuentes de agua contaminadas, y el consumo de estas aguas contaminadas pueden derivar en enfermedades como la diarrea, el cólera o la disentería. (2)

Por ello, la ONU decidió crear la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en 1984, para formular propuestas de acción innovadoras, concretas y realistas, y planteó la necesidad de una nueva ética de desarrollo en torno a la equidad, con cambios de patrones de producción y consumo. Así, se definió el concepto de desarrollo sostenible, y se propusieron las metas para alcanzarlo a partir de las dimensiones económica, social y ambiental. (3)

De esta manera, la meta mundial de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) en cuestiones relacionadas con el agua potable ha sido superada con creces, ya que el 91% de la población mundial tiene acceso a agua potable desde 2015, lo que supone un aumento de un 15% respecto de 1990, cuando sólo un 76% de la población mundial tenía acceso a ella. (4)

Pese a ello, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) predice que mientras la población mundial siga creciendo, el desarrollo sostenible del agua se irá dificultando, lo que unido al cambio climático, hará que la problemática de la escasez de agua se vaya agravando. (5)

Actualmente, existe un escenario estratégico establecido en los Objetivos para el Desarrollo Sostenible, recientemente aprobados por la ONU, cuya fecha límite es el año 2030 llamada “La Agenda 2030”. Entre sus objetivos, los relativos al agua son:

Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para lograr el desarrollo sostenible. (6)

1.2 Escasez de agua: causas y consecuencias

La escasez de agua puede definirse como el punto en el que el consumo de los usuarios afecta al suministro o calidad del agua, de forma que la demanda pueda no ser completamente satisfecha.

El suministro de agua potable es fundamental para la salud, la industria y la agricultura. Los países más afectados por la escasez de agua en la actualidad se encuentran en Oriente Medio y el Norte de África.

Existen diversas causas que producen la escasez de agua en el mundo, entre las que podemos destacar:

- La **contaminación**. Teniendo en cuenta la contaminación de aguas dulces como la contaminación de la tierra o el aire, ya que la contaminación puede filtrarse al agua y también puede afectar al aire.

- **La sequía.** Debido al fenómeno del cambio climático, se potencia la aparición o desarrollo de las sequías, que suponen que durante un tiempo prolongado no haya lluvia, por lo que causa escasez de agua tanto para el consumo humano como para los cultivos o la industria.

- **El uso descontrolado del agua.** Tanto a gran escala, en las fábricas, como a pequeña escala, en los hogares.

La escasez de agua puede traer terribles consecuencias para el mundo, por ejemplo:

- **Enfermedades.** La escasez de agua y falta de sistemas de potabilización adecuados obliga a recurrir a fuentes de agua contaminadas que pueden provocar enfermedades.

- **Hambre.** La escasez de agua puede afectar a la agricultura, la ganadería y la industria y, por lo tanto, producir escasez de alimentos y hambre.

- **Desaparición de especies.** Tanto las especies vegetales como los animales necesitan de agua para poder desarrollar su vida.

- **Conflictos.** La escasez de recursos está en el origen de numerosos conflictos en el mundo y supone el desplazamiento de las personas a otros países para poder encontrar lugares seguros en los que vivir. (7)

A pesar de que la oferta mundial de agua dulce, tomada en cifras totales, es todavía superior a la demanda mundial, los problemas con el agua dulce son importantes. El problema es que los recursos hídricos del planeta se encuentran irregularmente repartidos. Mientras hay zonas, como América del Sur, que disfrutan del 26% de los recursos hídricos del planeta para un 6% de población (sólo en la cuenca del Amazonas se concentran el 15% de todas las existencias mundiales), Asia, que concentra el 60% de población mundial, sólo dispone del 36% del agua dulce disponible. En la actualidad 550 millones de personas viven en países con escasez y estrés hídrico. Se habla de escasez para aquella situación en la que el déficit de agua es crónico y es debido a causas meteorológicas (sequías, cambio climático, etc...) y se habla de estrés hídrico en aquellos países donde es la presión demográfica y la contaminación, y no la disminución de los recursos hídricos disponibles, la causante del problema de escasez.

1.3 Acceso a los recursos hídricos

A nivel mundial, casi 850 millones de personas carecen de acceso a agua potable y 2000 millones no disponen de servicios de saneamiento adecuados. Los problemas de acceso al agua potable causan millones de casos anuales de enfermedad. Según la OMS, el 80% de las enfermedades más comunes en las regiones de desarrollo están relacionadas con la calidad del agua. A la hora de valorar el acceso al agua como una variable de salud, tan importante es tener en cuenta la cantidad como la calidad. Con el proceso de desarrollo, el aumento y la creciente concentración de población, los vertidos contaminantes industriales, urbanos y agrícolas están creando ya situaciones peligrosas para la higiene y la salud humana.

La presión por el aumento de la población y del consumo por habitante está haciendo que se sobreexploten los ecosistemas de los cuales se extraen.

Tampoco el cambio climático es ajeno a esta situación, según el Foro Mundial del Agua, el aumento de la temperatura global del planeta está provocando una mayor evaporación, lo que a su vez lleva a un incremento de las lluvias, pero de carácter torrencial y violento, es decir, poco beneficiosas y peligrosas.

También las sequías se hacen más largas y afectan, cada vez más, a zonas no habitadas a la falta de precipitaciones. Este es el caso de la grave sequía que sufrió Centro América que destruyó en algunas zonas gran parte de los cultivos, lo que a su vez provoca hambre y falta de recursos económicos para los agricultores.

Los problemas con el agua no se reducen únicamente a la situación geográfica, climática o demográfica de los países, la falta de recursos económicos también genera desigualdades a la hora de enfrentarse a este problema. Por ejemplo, según la Comisión Mundial del Agua, los países industrializados han desarrollado un 70% de su capacidad de almacenamiento de agua en embalses, mientras que la mayoría de Países en Vías de Desarrollo han desarrollado apenas un 20%.

El acceso a un determinado bien necesario para cubrir una necesidad vital, adquiere una importancia crucial cuando se está ante un bien escaso. El agua es un bien muy escaso o poco accesible (se entiende en calidad y cantidad suficiente), para una parte importante de la población del planeta. (8)

1.4 La reutilización

Vistos todos los problemas que genera el agua, su consumo, su desigual distribución y su gran importancia para la vida, parece obvio que su ahorro, su consumo controlado y su reutilización son claves para seguir conociendo la vida tal y como la se conoce.

En concreto, la reutilización del agua es el proceso que permite volver a utilizar el agua que ha tenido anteriormente un uso, aplicándoles distintos tratamientos en función de la calidad final que se desea obtener en sus nuevos usos. Es una herramienta muy valiosa ya que es fundamental para el desarrollo sostenible y contribuye a preservar un elemento tan importante como el agua. (9)

Para entender el concepto de reutilización, es importante entender el funcionamiento del ciclo del agua, iniciado por la captación, y seguido por su potabilización mediante un tratamiento para potabilizarla. Esta se almacena en grandes depósitos, y se distribuye a través de las redes de abastecimiento hasta los usuarios finales. Una vez usada, esa agua pasa al sistema de alcantarillado, y en esta fase se conduce a través de colectores hasta la estación depuradora de aguas residuales (EDAR). En ella se eliminan los diferentes contaminantes y se devuelven al medio natural (retorno).

Se puede hacer también un último uso de esa agua depurada utilizándola para usos agrícolas y para otros como limpieza de calles en grandes ciudades. Esta sería la fase de reutilización. (10)



Figura 3. Ciclo urbano del agua

El tratamiento de las aguas residuales es un aspecto esencial para evitar la contaminación ambiental y afortunadamente existe ya una legislación que prevé su tratamiento. Donde existe una red de saneamiento, cada edificación vierte en ella sus aguas residuales que son transportadas a una EDAR. En edificios sin conexión a la red se exige un tratamiento de aguas previo para poder verterlas con una calidad adecuada.

En conclusión, la reutilización de agua aporta numerosos beneficios. Entre ellos podrían destacarse los ambientales, dado que la conservación de cuerpos de agua y la mejora del suelo para la actividad agrícola se verían muy favorecidos; los sociales, ya que constituiría un aumento en el número de personas con acceso a agua potable; por último, económicos. Esto se debería al ahorro de costo del agua de consumo y al ser necesario un menor uso de fertilizantes. (11) Para poder reutilizar el agua, es conveniente conocer los principales usos a los que se destina el agua y la calidad que cada uno de ellos requiere. Estos son cinco: uso urbano, agrícola, industrial, recreativo y ambiental.

1.5 Usos urbanos: reutilización en el hogar

En este proyecto, el agua reutilizada estará destinada a usos urbanos, por lo que es conveniente diferenciar los siguientes términos, definidos por el R.D. 1620/2007:

Aguas recicladas: aguas utilizadas más de una vez en el mismo lugar antes de ser vertidas al ciclo hídrico.

Aguas residuales: aguas que han sido utilizadas habiendo incorporado a las mismas una determinada carga contaminante.

Aguas reutilizadas: aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida para un nuevo uso privativo, en función de los usos a que se van a destinar antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre.

Aguas regeneradas: aguas residuales depuradas que han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso al que se destinan.

Después de utilizar el agua por primera vez, hay que darle un tratamiento para poder reutilizarla.

Si la intención es reutilizar el agua de origen urbano hay dos opciones, tratar solo las aguas grises o tratar todas las aguas residuales, que incluye las aguas grises y las aguas negras.

- **Aguas grises.** Se denomina aguas grises a las provenientes de duchas, bañeras y lavabos principalmente, aunque a veces se incluyen también fregaderos, lavadoras y lavavajillas. Tienen una carga de contaminantes muy baja y están prácticamente exentas de restos fecales humanos. Su tratamiento es muy sencillo y habitualmente se utiliza para alimentar las cisternas de los inodoros.

El volumen de aguas grises es de al menos un 40% del total en el uso doméstico (lavabo + ducha) y el consumo del inodoro se estima en un 30 % por lo que este gasto queda cubierto. Con un consumo medio por habitante en España de 144 litros al día se estarían ahorrando 43 litros por habitante y día.

- **Todas las residuales.** Como se ha comentado anteriormente, esta opción incluye además de las aguas grises, las aguas negras.

Las aguas negras son líquidos contaminados que contienen material fecal y orina. Requieren sistemas de canalización y tratamiento para poder cumplir con la normativa vigente. Estas aguas no pueden ser utilizadas para otras actividades a menos que pasen por un tratamiento. Para poder ser eliminadas, se vierten directamente en un tanque séptico. (12) (13)

Necesitan una mayor infraestructura y una mayor inversión pues su tratamiento debe ser más profundo, pero a cambio se obtiene un mayor volumen de agua disponible. Se contaría con una media de 144 litros por habitante y día para volver a utilizar suponiendo un ahorro importantísimo. (14)

Para este proyecto, se ha decidido dar uso únicamente a las aguas grises, debido a la cantidad de materia orgánica biodegradable que contienen las aguas negras.

Mientras que las aguas grises presentan una Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) de 90-290 mg/L, las aguas negras ofrecen un valor típico de la DBO de 400mg/L. De esta manera, podemos deducir que las aguas negras ofrecen más del doble de materia orgánica biodegradable que las grises, y por tanto su contaminación microbiológica es mayor, por lo que su tratamiento para su reutilización a nivel urbano sería bastante complejo.

Aplicando la tecnología conveniente, puede reducirse hasta un 40% el consumo del agua reutilizando las aguas grises procedentes de duchas y lavamanos. Las aguas grises una vez tratadas, tienen múltiples ámbitos de aplicación, tanto en viviendas unifamiliares, hoteles y residencias, polideportivos... (15)

En este proyecto se darán principalmente 2 usos al agua regenerada, los cuales son la recarga de la cisterna de los inodoros, y el riego. Además, debido a la situación de escasez de agua antes comentada, se va a realizar también un proceso de captación de aguas pluviales.

La recuperación de agua pluvial consiste en filtrar el agua de lluvia captada en una superficie determinada, generalmente el tejado o azotea, y almacenarla en un depósito. Después, el agua tratada se distribuye a través de un circuito hidráulico independiente de la red de agua potable. Teniendo una instalación de un sistema de recuperación de agua de lluvia, puede ahorrarse fácilmente hasta un 50% del consumo de agua potable en casa.

El agua de lluvia, a pesar de no ser potable, posee una gran calidad, ya que contiene una concentración muy baja de contaminantes, dada su manipulación. El agua pluvial es perfectamente utilizable para muchos usos domésticos en los que puede sustituir al agua potable, como en recarga de inodoros y riego de jardines.

La recuperación de aguas pluviales se realiza mediante las cubiertas de los edificios, siendo utilizadas estas como captadores. De este modo, el agua se recoge mediante canalones o sumideros en un tejado o una terraza, se conduce a través de bajantes, para almacenarse finalmente en un depósito. (16)

Añadir las aguas pluviales a las aguas grises supone contar con una fuente adicional de agua limpia que permite la reducción de contaminantes del agua gris gracias a la dilución, y facilita los tratamientos posteriores a llevar a cabo para poder reutilizar dicha agua.

1.6 Calidad del agua

De esta manera, las aguas que se aprovecharán en el proyecto son:

- Aguas grises derivadas del uso de la propia vivienda, tanto de lavadoras, fregaderos y lavavajillas como de duchas, inodoros y lavabos.
- Aguas pluviales recogidas mediante un sistema de captación en el tejado de la vivienda.

Teniendo en cuenta que tanto las aguas grises como las aguas pluviales son aguas que hay que tratar para poder hacer uso de ellas, debido a la gran concentración de contaminantes químicos y biológicos se hace imprescindible conocer la calidad del agua a utilizar, para aplicarles los tratamientos que sean necesarios, y poder dársele un segundo uso.

1.6.1 Composición y parámetros de referencia

Para poder determinar la calidad del agua, hay que tener en cuenta tanto los contaminantes como sus parámetros de referencia.

Contaminantes

Tanto las aguas grises como las aguas pluviales poseen contaminantes que hay que tratar para poder utilizar de nuevo dichas aguas sin ser un peligro para la salud.

Entre los contaminantes se encuentran:

· **Materia orgánica:** Entre los que se incluyen restos de alimentos, jabones y detergentes.

En el caso de los detergentes, su rápido desarrollo, cada vez más especializado en función del uso al que se destinan, se ha manifestado espectacularmente en las masas de agua donde vierten las aguas residuales urbanas, con la consecuente aparición de espumas superficiales que impiden la interfase agua-aire, creando una contaminación hasta el momento desconocida.

Los jabones y desodorantes pueden contener pesticidas que, en definitiva, no son otra cosa que compuestos químicos con selenio, azufre, etc., muy poco biodegradables.

· **Microorganismos patógenos:** Aunque la mayoría de ellos se pueden eliminar fácilmente con las actuales tecnologías, generalmente mediante reactivos químicos, existe la evidencia de que algunos organismos soportan grandes dosis desinfectantes.

Ciertas patologías, humanas y animales, se transmiten por el agua al incluir ésta todo tipo de microorganismos: bacterias, virus, protozoos, hongos, gusanos, etc.

Estos microorganismos, que generalmente crecen en el trayecto intestinal, abandonan el cuerpo mediante las heces. De esta manera, y a través de las aguas residuales urbanas, existe un alto factor de riesgo sanitario para la adquisición de alguna infección, aunque en este caso, no se esperan contaminaciones de este tipo.

Por tanto, la contaminación microbiológica de unas aguas de abastecimiento cuyo origen son las residuales regeneradas, puede ser uno de los vectores mecánicos ideales para la propagación de un sinfín de enfermedades.

· **Residuos peligrosos:** es complejo conocer con exactitud la cantidad que se genera en ámbito doméstico, pues algunos, como los líquidos o de pequeño volumen, acaban en la red de saneamiento, y el resto, en la basura.

El vertido de los residuos peligrosos contamina innecesariamente las aguas residuales domésticas, ya que se vierten junto a las aguas residuales. Así tenemos, por ejemplo, las pinturas y barnices sobrantes, pesticidas y fertilizantes caducos. (17)

· **Nutrientes:** el exceso de nutrientes en el agua, principalmente nitrógeno y fósforo, provoca la eutrofización. En el caso de las viviendas, este fenómeno viene motivado principalmente por los detergentes con fosfatos. Este exceso de nutrientes hace que las plantas y otros organismos

crezcan en abundancia. Durante su crecimiento y putrefacción, consumen gran cantidad del oxígeno disuelto y aportan materia orgánica (fango) en abundancia.

La eutrofización afecta a la calidad de las aguas ya que al aumentar la podredumbre y agotarse el oxígeno, las aguas adquieren un olor nauseabundo. El olor de estas aguas puede ocasionar problemas respiratorios y problemas sanitarios a las personas que las consuman. (18)

Parámetros de referencia

La vigilancia de la calidad del agua para el abastecimiento a la población comienza en el origen de la misma, es decir, en embalses, ríos y pozos, continúa durante su tratamiento en las estaciones de tratamiento de agua potable (ETAP) y a través de su paso por la red de distribución hasta que llega al consumidor.

En todos estos puntos se recoge muestras de agua que, posteriormente, se analizarán en el laboratorio. Con las técnicas adecuadas, los técnicos analizarán aquellos parámetros necesarios para conocer si el agua es apta para consumo humano. Por ejemplo, los parámetros a controlar para el grifo del consumidor son, al menos: olor, sabor, color turbidez, conductividad, etc. (19)

De igual manera, las aguas que se van a reutilizar en la vivienda unifamiliar tienen que cumplir con unos parámetros para ser aptas para su consumo.

Hay distintos parámetros para la determinación del agua:

PARÁMETROS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	<i>Químicos:</i> Se observa pH, dureza, sólidos disueltos y en suspensión, alcalinidad, coloides, acidez mineral, residuo seco, sulfatos, cloruros, nitratos, fluoruros, fosfatos, sílice, carbonatos y presencia de otros componentes como ácido sulfhídrico, ácido húmico, sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, metales tóxicos y gases disueltos.
	<i>Físicos:</i> Incluyen el sabor, olor, color, turbidez y conductividad del agua..
	<i>Biológicos:</i> Relacionados con la demanda biológica y química de oxígeno, así como con la presencia de carbón orgánico en suspensión..
	<i>Bacteriológicos:</i> Se revisa que no tenga bacterias como <i>Escherichia Coli</i> , <i>Estreptococos</i> y <i>Clostridios</i>

Figura3. Parámetros para la determinación de la calidad del agua. Fuente: Waterlogic (20)

Existen distintos parámetros para medir la calidad del agua. Para este proyecto, se tomarán como referencia los parámetros indicados en el R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas. La cantidad de agua contenida por cada uno de ellos limita el uso final de esta.

Los parámetros tenidos en cuenta por el Real Decreto son: nematodos intestinales, Escherichia, sólidos en suspensión y turbidez; los dos primeros como medidores microbiológicos y los otros dos como físico-químicos.

Microbiológicos:

- Nematodo intestinal:

Son parásitos que infectan frecuentemente al hombre y a sus animales domésticos. Cuando el hospedador se infecta, el parásito se establece en su nicho intestinal. Su presencia en las aguas y el grado en que son removidos por dichas plantas puede ser utilizado como parámetro de funcionamiento y calidad del agua ya que, muchos organismos patógenos pueden pasar a los sistemas de distribución de agua dentro del cuerpo de los nematodos y además contribuir a reducir la Demanda Biológica de Oxígeno, degradando así la calidad del agua tratada. (21) (22)

- Escherichia coli:

Las fuentes potenciales de exposición son los alimentos o el agua contaminados. Los suministros de agua pública en general se desinfectan con cloro, ozono, o algún otro proceso. Encontrar E. coli en el agua indica que el proceso de desinfección no estaba funcionando, o que el contacto con los residuos se produjo después de que el agua fuera tratada. (23) (24)

Físicoquímicos

- Sólidos en suspensión:

Se llama sólidos suspendidos a pequeñas partículas sólidas que permanecen en suspensión en agua como un coloide o debido al movimiento del agua. Se utiliza como un indicador de la calidad de agua. Los sólidos suspendidos son importantes ya que los contaminantes y patógenos se transportan en la superficie de las partículas. Cuando menor sea el tamaño de la partícula, mayor será el área de superficie total por unidad de masa de partícula en gramos, y por lo tanto, mayor será la carga de contaminantes que es probable que se transporte. (25)

Tomar muestras de agua con un gran contenido de ellos es una manera segura de obtener resultados irregulares. Incluso en el punto de muestreo, la dispersión de los sólidos suspendidos puede ser irregular y variar entre las zonas más turbulentas y las muertas, y variar según la profundidad a la que se sumerge el recipiente de muestreo. Los sólidos suspendidos son los principales responsables de la turbiedad en el agua. (26)

· Turbidez:

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será turbidez.

Hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua, entre los que se incluyen el fitoplancton, los sedimentos procedentes de la erosión, sedimentos resuspendidos del fondo, descarga de efluentes, etc. (27)

Al aumentar la turbidez del agua no llega apenas luz, por lo que, unido al exceso de nutrientes, desencadena el proceso de eutricación. Esto provoca la fermentación de la materia orgánica y la emisión de compuestos malolientes, que alteran el olor y sabor del agua y que en muchas ocasiones pueden resultar tóxicos. (28)

Aunque en el Real Decreto solo se contemplan estos 4 parámetros para la medición de la calidad del agua, también se pueden encontrar otros parámetros que se consideran de interés.

Físicos

· Sabor y olor:

Estos parámetros son determinaciones organolépticas y de determinación subjetiva, para dichas observaciones no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida, aunque tienen un interés muy evidente en las aguas potables dedicadas al consumo humano.

· Conductividad y resistividad

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad y la resistividad. El agua pura prácticamente no conduce la electricidad; por lo tanto, la conductividad que se pueda medir será consecuencia de las impurezas presentes en el agua. Es por lo tanto un parámetro físico bastante adecuado para medir la calidad del agua.

Químicos

· pH:

Es el Potencial de Hidrógeno. Es una medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una disolución. Con el pH se determinan la concentración de hidrogeniones en una disolución. Un hidrogenión es un ion positivo de Hidrógeno.

Se mide en una escala del 1 al 14. El uno es el valor más ácido, el 14 el valor más básico, y el 7 el valor neutro. (29)

· Dureza:

Es la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El agua denominada “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad. (30)

· Alcalinidad:

Es una medida de neutralizar ácidos. Su presencia en el agua puede producir CO_2 en el vapor de calderas que es muy corrosivo y puede producir espumas, arrastre de sólidos, etc.

· Coloides:

Es una medida del material en suspensión del agua que, por su microscópico tamaño, se comporta como una solución verdadera y atraviesa el papel de filtro. Pueden ser de origen orgánico (origen vegetal) o inorgánico (óxidos de hierro y manganeso).

Se eliminan por floculación y coagulación, precipitación y eliminación de barros. La filtración es insuficiente y se requiere ultrafiltración.

· Nitrógeno total Kjeldahl:

Es un proceso de análisis químico para determinar el contenido en nitrógeno de una sustancia química. Es de suma importancia en cuerpos de aguas, ya que las formas reducidas del nitrógeno son oxidadas afectando, de este modo, los recursos de oxígeno disuelto. Es un parámetro muy importante para saber si un agua es apta para el consumo humano. (31)

Biológicos

· DBO:

Mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua mediante procesos biológicos aeróbicos, se suele referir al consumo en 5 días (DBO5).

· DQO:

Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato, permanganato, etc. Por el total de materias oxidables orgánicas e inorgánicas. Es un parámetro más rápido que el DBO ya que es de medición casi inmediata. (32)

1.6.2 Caracterización de aguas pluviales

Para estudiar la composición de las aguas pluviales de entrada, ha de tenerse en cuenta la zona geográfica en la que se encuentra la vivienda, y sus características climatológicas e higrotérmicas.

Además, la composición y la distribución del tejado del edificio será de suma importancia, y que la proyección horizontal de las cubiertas nos condicionará a la hora de la recogida del agua.

Además, es importante conocer si hay un exceso de sulfato, que se calcula a partir de la concentración de sulfato y sodio en el agua de lluvia. En España, debido a la disminución de emisiones en SO₂, se tiende a producir una menor cantidad de sulfato; por el contrario, la concentración de nitrato tiende a aumentar en respuesta al aumento general de óxidos de nitrógeno, muy importantes en la Península Ibérica. (33)

En la siguiente tabla aparecen los parámetros y rango de valores característicos de agua de lluvia tipo:

Parámetro	Unidad	Valor
pH	-	4,4-5,7
Conductividad eléctrica	μS/cm	10-50
Oxígeno disuelto	mg/L	2,8-5,4
Dióxido de carbono disuelto	mg/L	1-3,2
Sales disueltas totales	mg/L	4,9-12,9
SS	mg/L	60
DQO	mg/L	30
DBO5	mg/L	5
N. total	mg/L	1,6
P. total	-	-

Tabla 1. Valores agua de lluvia. Fuente(igme.es) (34)

1.6.3 Caracterización de aguas grises

En este caso, se encuentran las procedentes de duchas, bañeras, lavadoras, lavavajillas, lavamanos y fregaderos.

A continuación, se muestran los valores de los sólidos en suspensión, la DBO, la turbidez, los coliformes totales, la escherichia Coli. En el siguiente gráfico puede observarse los valores aproximados de cada uno de los parámetros que ofrecerán las aguas grises.

	PARÁMETROS	Valor orientativo AGUAS GRISES	Valor típico AGUAS RESIDUALES
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	Sólidos en suspensión	45-330 mg/l	450 mg/l
	DBO ₅	90-290 mg/l	400 mg/l
	N Kjeldahl	2,1-31,5 mg/l	50-60 mg/l
	Turbidez	22-200 NTU	
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	Coliformes totales	10 ¹ -10 ⁶ UFC/100ml	10 ⁶ -10 ⁷ UFC/100 ml
	Escherichia Coli	10 ¹ -10 ⁵ UFC/100ml	10 ⁵ -10 ⁶ UFC/100 ml

Tabla 2. Valores orientativos aguas grises y residuales. Fuente: aguasresiduales.info (35)

A diferencia de las aguas residuales que llegan a la EDAR, las cargas residuales domésticas poseen una baja carga orgánica y una contaminación microbológica sustancialmente menor.

Resulta evidente que no todas las aguas grises van a poseer los mismos valores en los distintos parámetros, por lo que en la siguiente tabla se muestra los valores aproximados en la composición de aguas grises dependiendo cual sea su procedencia.

Parámetro	Unidades	Bañera, ducha y lavamanos	Fregadero	Cocina	Mixta
pH	-	6,4-8,1	7,1-10	5,9-7,4	6,3-8,1
SS	mg/L	7-505	68-465	134-1300	25-183
Turbidez	UNT	44-375	50-444	298	29-375
DQO	mg/L	100-633	231-2950	26-2050	100-700
DBO5	mg/L	50-300	48-472	536-1460	47-466
NT	mg/L	3,6-19,4	1,1-40,3	11,4-74	1,7-34,3
PT	mg/L	0,11-48,8	N.D a>171	2,9-74	0,11-22,8
Coliformes totales	UFC/100ml	10-2,4*10 ⁷	50-1,4x10 ³	0	0,1-1,5*10 ⁸

Tabla 3. Composición de aguas grises de entrada. (Fanavue y Wichmann 2009) (34)

El proyecto tiene una dificultad añadida, ya que no existen demasiados de datos con los que poder contrastarlo, por lo que se ha decidido estar del lado de la seguridad y trabajar con los datos más altos.

Como se ha comentado anteriormente, hay notables diferencias en la composición de las aguas grises dependiendo de cuál sea su composición. De esta manera, puede observarse que la DBO de ducha, lavamanos o bañera, es muy inferior a la procedente de la cocina, o que los sólidos en suspensión de la cocina son también mucho más elevados que los procedentes del baño.

Como puede observarse, las aguas grises ofrecen una mayor carga contaminante que las aguas pluviales, por lo que la calidad de agua demandada vendrá determinada por las características de las aguas grises.

1.7 Parámetros de referencia en aguas grises y de lluvia según el R.D. 1620/2007

El Real Decreto 1620/2007 ofrece unos criterios de calidad para la reutilización de aguas que el proyecto que se va a realizar tendrá que cumplir.

En primer lugar, tendrá que definirse el uso que se pretende dar al agua.

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				OTROS CRITERIOS
	NEMATODOS INTESTINALES ¹	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	
1.- USOS URBANOS					
CALIDAD 1.1: RESIDENCIAL² a) Riego de jardines privados. ³ b) Descarga de aparatos sanitarios. ³	1 huevo/10 L	0 (UFC/100 mL)	10 mg/L	2 UNT ⁴	OTROS CONTAMINANTES ⁵ contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas ⁶ deberá asegurarse el respeto de las NCAs. ⁸ Legionella spp. 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)
CALIDAD 1.2: SERVICIOS a) Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos y similares). ⁹ b) Baldeo de calles. ⁹ c) Sistemas contra incendios. ⁹ d) Lavado industrial de vehículos. ⁹	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT	

Tabla 4. Uso de reutilización de agua previsto. Fuente: RD 1620/2007

En este caso, el uso previsto es residencial, dado que el agua se va a utilizar para riego de jardines privados y descarga de aparatos sanitarios.

Se sabe que del 100% del agua potabilizada que las compañías suministran a los hogares únicamente un 55% de la misma es empleada para usos que requieran que esta sea potable. De esta manera, hasta un 45% del agua podría no ser potable, aunque tendría que cumplir, por supuesto, con unos estándares mínimos para poder ser consumida.

Esto permite que el agua reciba unos tratamientos u otros en base a la calidad que se le requiera, lo que supone una gran ventaja debido al ahorro económico que supone.

1.8 Datos de partida

A continuación, se procede a hacer un resumen con los principales datos a tener en cuenta para la realización del proyecto.

1.8.1 Características de la vivienda

Se dispone de una vivienda unifamiliar, que cuenta con 3 baños y una cocina, como puede observarse en los planos. Por lo tanto, para el cálculo de la producción de agua gris, se dispondrá de 3 duchas, 3 lavabos en los baños y un fregadero, lavadora y lavavajillas.



Figura 4. Distribución interior de las viviendas. Fuente: elaboración propia.

En lo relativo al jardín, se dispone de una parcela de 600 m², lo que, con el espacio ocupado por la parte edificada de la parcela, nos deja un total de 170 m² de jardín.

1.8.2 Parámetros iniciales

Es importante conocer los parámetros iniciales que tendrán tanto las aguas grises como las aguas pluviales. Pese a que se van a utilizar ambas aguas para recarga de urinarios y riego de jardines, estas disponen de características muy desiguales.

Como se ha comentado previamente, al no tener datos absolutamente fidedignos, y para estar del lado de la seguridad, se optará por coger el valor máximo de cada uno de los parámetros.

1.8.3. Caudales previsibles de agua pluvial y aguas grises

Como viene detallado en el Anejo 1 “Cálculo de caudales”, se ha establecido una previsión de:

- Agua gris: 156.220 L/año
- Agua pluvial: 153.407 L/año

De este modo, se puede concluir que el caudal total previsto es de:

$$A_T = A_{GRIS} + A_{lluvia} = 156.220 + 153.407 = 309.627 \text{ l/año}$$

2. Objeto

El objetivo de este proyecto consiste en instalar una plataforma de reutilización de aguas grises derivadas de la cocina (lavavajillas, fregadero y lavadora) y baño (lavamanos, ducha, bañera).

También pretende aprovechar el agua de lluvia, muy abundante en la zona en la que se pretende implementar el sistema (Cantabria).

Estas aguas, una vez tratadas, pretenden utilizarse tanto para riego de jardines como para recarga de urinarios.

Los tratamientos necesarios para su utilización resultan económicos, lo que supondrá un ahorro monetario cuantioso para los propietarios del inmueble.

Mediante este proyecto, se pretende abrir nuevas vías de reutilización de agua, uno de los bienes más preciados y cada vez más escasos de nuestro planeta.

3. Situación y emplazamiento

En este apartado, se introducirá información sobre la localización del proyecto.

El inmueble en el que se va a introducir el proyecto está ubicado en Cantabria, en una localidad llamada Castillo Siete Villas, en el municipio de Arnuero. Esta ubicación resulta perfecta, ya que la precipitación suele ser abundante en esta zona de la península, y provoca que una mayor cantidad de agua pueda ser reutilizada.

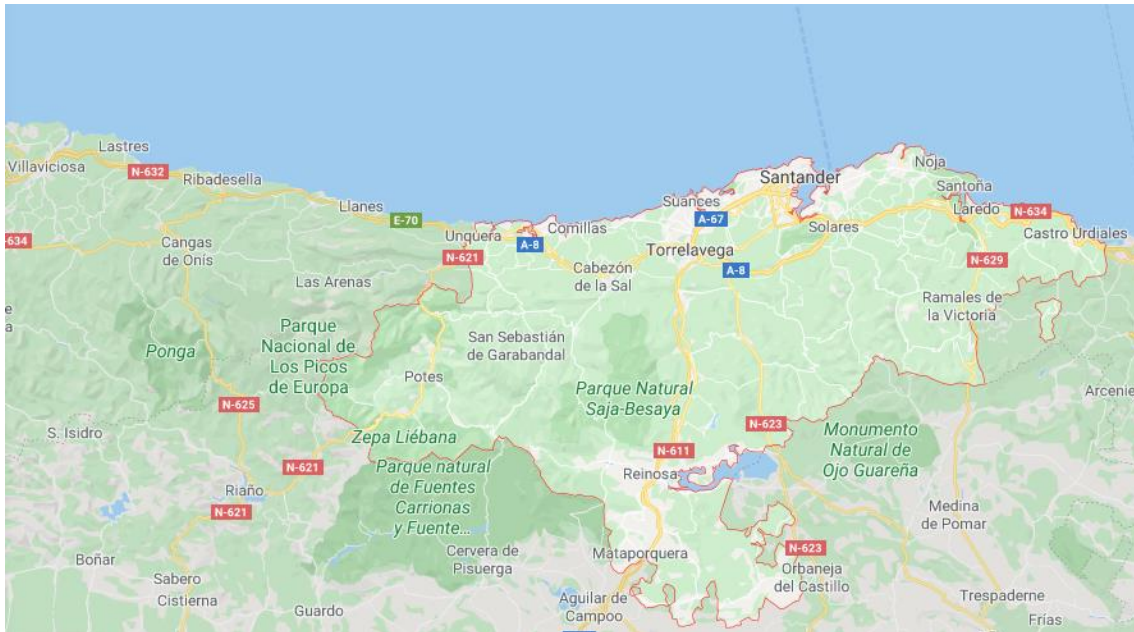


Figura 5. Ubicación de la Comunidad Autónoma de Cantabria. Fuente: Google Maps



Figura 6. Ubicación de Castillo, Cantabria. Fuente: Maps

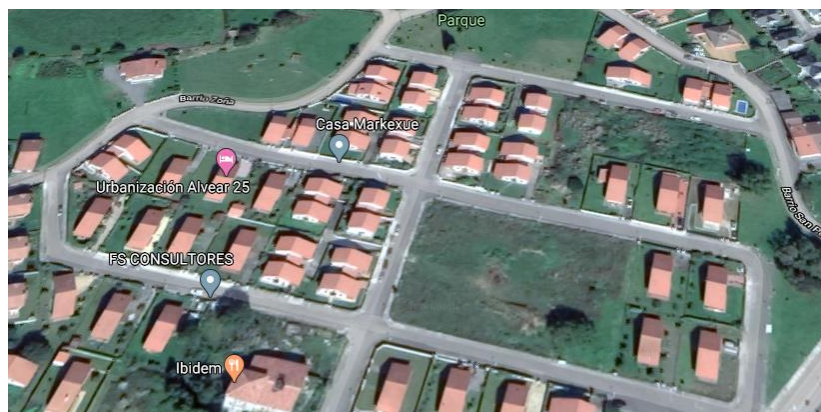


Figura 7. Vista en planta del barrio en el que están situadas las viviendas. Fuente: Google Maps.

4. Estudio de alternativas

En este apartado del proyecto se analizarán las diferentes soluciones de tratamiento de aguas grises y pluviales que se pueden adoptar en las viviendas unifamiliares de estudio.

Los datos con los que se trabajará, expuestos anteriormente, quedan recogidos en la siguiente tabla. Se expondrán tanto la calidad de aguas de origen, como los parámetros que deben cumplir (calidad de aguas de salida) según el R.D. 1620/2007.

Parámetro	Unidades	Calidad de aguas de origen	Calidad de aguas de salida exigidas
Nematodos intestinales	huevo/ litro	-	1/10
Escherichia Coli	UFC/100ml	10 ⁶	0
Sólidos en suspensión	mg/l	330	10
Turbidez	UNT	200	2

Tabla 5. Calidad de aguas de origen y salida. Fuente: R.D. 1620/2007

Se puede observar la gran diferencia que existe entre las aguas entrantes y las de salida, motivado este cambio por los tratamientos a los que se va a someter a dichas aguas grises. Cabe resaltar que el agua que ingrese de nuevo a la red doméstica deberá cumplir con los parámetros de calidad de agua de salida exigidos por el R.D. 1620/2007.

La calidad de las aguas de origen determinará que tratamientos han de realizarse en las mencionadas aguas. De esta manera, deberán reducirse a 0 UFC/100ml la cantidad de Escherichia Coli, por lo que han de reducirse este tipo de bacterias mediante el tratamiento de las aguas. Los valores de sólidos en suspensión y la turbidez necesaria también son relativamente bajas. El dato de nematodos intestinales en las aguas de origen se desconoce, pero sí se sabe que la calidad del agua para su reutilización deberá tener un valor de 1 huevo/10 litros. Esto será cumplido con total seguridad, ya que, al ser ambos microorganismos biológicos, toda vez sea realizado el tratamiento para la Escherichia Coli, también serán eliminados los nematodos intestinales.

A continuación, para los datos conocidos, se realizará un estudio para conocer cuáles son los tratamientos más eficaces para la eliminación o reducción de estos agentes, y la posterior reutilización de aguas.

4.1 Estudio de distintos tratamientos de aguas grises y pluviales a reutilizar

4.1.1. Objetivo de los tratamientos

El objetivo fundamental de los tratamientos a realizar es la mejora de la calidad del agua (física, química y bacteriológica), para su posterior reutilización. Debe incidir en los siguientes aspectos:

- **Higiene:** eliminar o reducir del agua bacterias, parásitos, quistes y demás agentes que puedan ser perjudiciales para la salud humana. El darle un tratamiento al agua provoca que esta sea limpia y su utilización segura.
- **Económico:** el hecho de utilizar un tratamiento provoca también un ahorro monetario, directa e indirectamente. Al poder reutilizar esas aguas, el usuario dejará de utilizar cierta cantidad de agua del sistema de abastecimiento, el cual se estima en un ahorro de entre un 30 y un 45% de agua potable; y además provocará una menor corrosión en el sistema de cañerías.
- **Estético:** los factores físicos del agua, tales como olor, color, sabor o turbiedad, generan un efecto, positivo o negativo, en el consumidor del agua, aunque estos no constituyan un problema para su salud.
- **Medioambiental:** uno de los objetivos principales del tratamiento de aguas es la eliminación de productos químicos nocivos. Por ello, las aguas, una vez tratadas, no deben constituir ningún impacto negativo para el medio ambiente al ser reutilizadas en tareas de regadío o descarga de inodoros. Además, garantiza la eliminación de los productos químicos en el agua tratada de modo seguro y respetuoso en el medio ambiente. También incluye la posibilidad de sembrar plantas donde no hay otro tipo de agua. (36) (37)

4.1.2 Procesos utilizados en los tratamientos

Como se ha comentado anteriormente, existen varios tipos de procesos a realizar en el tratamiento del agua:

• Físicoquímicos

Este tipo de tratamiento, mediante la adición de reactivos químicos, consigue incrementar la reducción de los sólidos en suspensión, al eliminarse, además, sólidos coloidales. Ayudan además a reducir el contenido en fósforo del agua.

• Biológicos

Se realiza con la ayuda de microorganismos (fundamentalmente bacterias) que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presente en las aguas residuales. Se utiliza para la separación de lodos o fangos, y para la eliminación de nitrógeno o fósforo. (38)

A continuación, se muestra una tabla con los principales contaminantes y los procesos a los que se somete dicho contaminante para poder ser reutilizado:

Contaminante	Proceso unitario	Tipo de proceso
Sólidos en suspensión	Tamizado	Físico
	Sedimentación	
	Flotación	
	Filtración	
	Disposición sobre el terreno	
	Coagulación-decantación	Físico-químico
MO biodegradable	Aireación prolongada	Biológico
	Filtros percoladores	
	Biodiscos	
	Almacenaje en estanques	
	Filtración granular	Físico-biológico
	Disposición sobre el terreno	Físico-químico-biológico
	Coagulación-decantación	Físico-químico-biológico
Nitrógeno	Nitrificación - desnitrificación	Biológico
	Intercambio iónico	Químico
	Cloración	
	Stripping amoniacal	Físico-químico
	Disposición sobre el terreno	Físico-químico-biológico
Fósforo	Eliminación biológica	Biológico
	Coagulación-decantación	Físico-químico
	Disposición sobre el terreno	Químico
Micro-contaminantes orgánicos no biodegradables	Adsorción por carbón activo	Físico
	Ozonización	Químico
	Disposición sobre el terreno	Físico-químico
Sustancias inorgánicas disueltas	Intercambio iónico	Químico
	Electrodialisis	
	Filtración por membrana	Físico
Metales pesados	Precipitación química	Físico-químico
	Disposición sobre el terreno	
	Intercambio iónico	Químico
	Reducción	
Eliminación de microorganismos patógenos	Cloración y similares	Químico
	Ozonización	Físico-químico
	Retención por filtración	Físico
	Radiación ultravioleta	
	Disposición sobre el terreno	

Tabla 6. Contaminantes y procesos. Fuente: las aguas residuales en la arquitectura sostenible, I..J. Palma Carazo. (17)

Como puede observarse en la tabla, existen multitud de opciones para poder eliminar o reducir los contaminantes, por lo que no hay una única manera definida de acabar con ellos. Por ello, la selección del tratamiento a utilizar dependerá de las características de las aguas grises a reutilizar, el uso que se le quiera dar al agua una vez tratada, las especificaciones requeridas en el agua tratada y el aspecto económico. (39)

A las aguas residuales que se pretende reciclar, se les ha de someter a tratamientos de eliminación o reducción de materia orgánica, turbidez, sólidos en suspensión o nematodos intestinales. Por ello, se procederá a plantear distintos tratamientos.

4.1.3 Estructuras de instalación centralizada para reutilización de aguas grises

Toda instalación centralizada dispone de una serie de partes claramente identificables que configuran su estructura básica. EN este caso, para una instalación de aguas grises, se define la siguiente:

1. **Red de captación:** conjunto de tuberías que, formando una red, recogen las aguas grises y las canalizan hasta el sistema de almacenamiento y tratamiento posterior. Esta red de evacuación es completamente independiente y separativa de la red de aguas residuales.
2. **Tratamiento primario-Filtración de gruesos:** consiste en la separación, mediante un filtro discriminador, de tipo mecánico o físico, de las partículas o residuos de mayor tamaño procedentes de la instalación o red de captación de aguas grises de origen.
3. **Sistema de almacenamiento:** formado por depósitos que almacenan aguas grises de origen y en cuyo interior se inicia el proceso de tratamiento mediante los equipos adecuados.
4. **Tratamiento/s secundario/s-Depuración:** Consiste en aplicar un tratamiento o tratamientos encargados de reducir la carga contaminante de las aguas grises de origen filtradas y que puede incluir diferentes etapas, para conseguir el nivel mínimo de calidad del agua y suficiente para su reutilización en los puntos de consumo autorizados. Este tratamiento se efectúa en el interior de uno o varios tanques o depósitos. Pueden efectuarse mediante aireación, mediante un tratamiento químico, biológico o una combinación de los mencionadas. (40)

4.1.4. Estructuras de instalación centralizada para aprovechamiento de aguas pluviales

Toda instalación de aprovechamiento de aguas pluviales dispone de una serie de partes claramente identificables que configuran la estructura básica de la instalación. Se definen a continuación:

1. **Superficies y red de captación:** son los diversos tipos de superficie de tejado y cubiertas de los edificios sobre los cuales se produce la precipitación, así como el conjunto de elementos utilizados para la recogida de las aguas de lluvia precipitadas sobre las superficies de captación, tales como canalones, sumideros, canaletas, tuberías...que, formando una red, recogen estas aguas y las canalizan hasta el sistema de almacenamiento posterior.
2. **Filtración de aguas:** consiste en la separación, mediante un filtro discriminador, de tipo mecánico o físico, de las partículas o residuos de mayor tamaño, procedentes, en su mayor parte, de las superficies de captación.
3. **Sistema de almacenamiento:** formado, habitualmente, por depósitos enterrados o en superficie que almacenan las aguas de lluvia hasta su posterior utilización.

Una vez tratada tanto el agua gris como el agua de lluvia para poder reutilizarse tanto en riego de jardines como en recarga de cisternas, cumpliendo con los estándares exigidos por el RD antes mencionado, se almacenará ambas aguas de forma conjunta. (40)

4.1.5. Sistemas de tratamiento

En cuanto a los sistemas de tratamiento a recibir por parte de las aguas grises y pluviales antes de ser reutilizadas, existen diferentes posibilidades, simplemente con la ayuda de aparatos sencillos para recoger el agua gris y enviarla directamente a los puntos de uso sin tratamiento previo y con ausencia o mínimo almacenaje; aunque la reutilización directa no es la mejor opción teniendo en cuenta que tanto al agua pluvial como al agua gris se les dará el mismo tratamiento, y este debe ser capaz de reducir o eliminar parámetros en el escenario más desfavorable para que estos cumplan con lo dispuesto en el R.D 1620/2007. (41)

Dependiendo del espacio requerido para los sistemas de tratamiento, estos se pueden dividir en:

- **Sistemas compactos.** Requieren menos espacio, pero a cambio, suelen requerir gastos energéticos. Son los más utilizados en pequeñas poblaciones, y en general donde se disponga de poco espacio. Es necesario un control constante y personal especializado. En esta categoría, pero a una escala mucho menor se situarían los sistemas de tratamiento para viviendas y edificaciones. Son sistemas enterrados de fácil instalación que han sustituido a las fosas sépticas y que ofrecen un adecuado tratamiento. Existen principalmente dos tipos:

a) Depuradoras biológicas. No requieren un gran gasto energético. Constan de un primer compartimento (habitualmente denominado decantador digestor) donde se produce la sedimentación de los sólidos y una degradación de materia orgánica vía anaeróbica (en ausencia de oxígeno). En un segundo compartimento las aguas se vierten sobre un filtro biológico donde las bacterias llevan a cabo una degradación aerobia (con elevadas concentraciones de oxígeno en agua) de la materia orgánica.

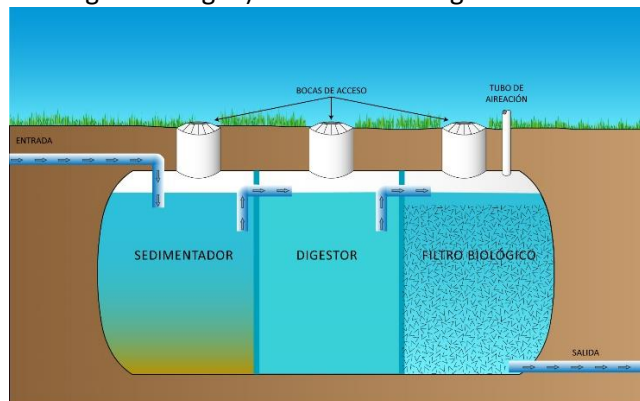


Figura 8. Depuradora biológica. Fuente: hidrología sostenible.com (14)

b) Depuradoras de oxidación total. Tiene un primer depósito donde hay un conjunto de difusores que inyectan aire y mantienen el agua en permanente oxigenación, lo que favorece la eliminación de la materia orgánica a través de la acción de las bacterias aeróbicas. A continuación, las aguas pasan a otro compartimento donde se produce una sedimentación de los fangos generados por gravedad. Este procedimiento tiene mejor rendimiento en la depuración de las aguas que las depuradoras biológicas.

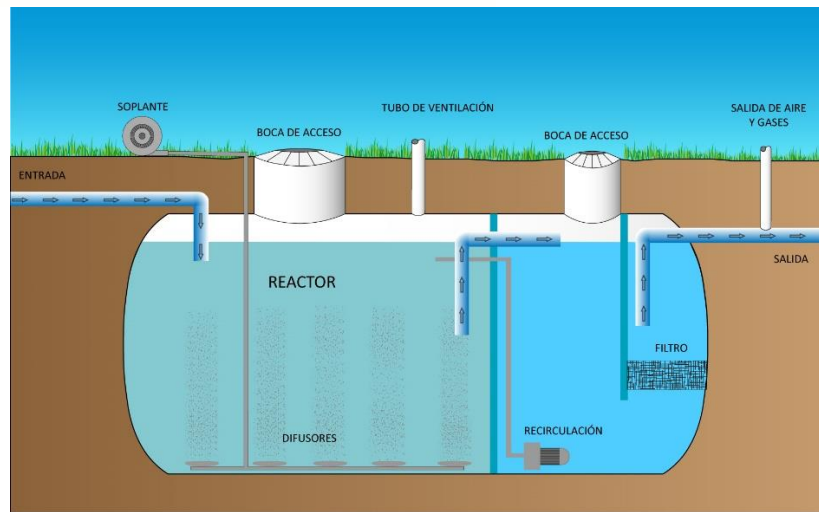


Figura 9. Depuradora de oxidación total. Fuente: hidrologiasostenible.com (14)

- **Sistemas semi-intensivos.** Están a medio camino entre los sistemas compactos o tecnologías intensivas y los sistemas extensivos. Requieren menos gasto energético, pero ocupan más terreno. Se utilizan en construcciones de varias alturas, que presentan equipamientos y servicios comunes como piscina o jardín. (42)

- **Sistemas extensivos.** No requieren apenas energía para su funcionamiento y poco mantenimiento. Su eficiencia es menor por lo que requieren extensiones más grandes. Tienen un componente estético que los otros sistemas no tienen pues simulan procesos naturales y se integran muy bien en el paisaje. Entre estos sistemas podemos destacar los lagunajes y los humedales artificiales en sus distintas modalidades. Son muy usados para poblaciones de hasta 2.000 habitantes. (14)

En este caso, teniendo en cuenta las características del proyecto en cuestión, se ha decidido utilizar un sistema compacto, que requiere de poco espacio y no un gran gasto energético, dado que la reutilización de aguas grises en viviendas unifamiliares es posible gracias a equipos de tamaño reducido, que son enterradas, y que reciben aguas grises, y devuelven dichas aguas una vez se les ha realizado un tratamiento para que sean devueltas en condiciones de ser utilizadas para los fines antes mencionados. Estas instalaciones constan de tuberías independientes por donde circulan las aguas grises y las aguas pluviales hasta llegar a los depósitos, donde son sometidas a un tratamiento de depuración. (43)

Estas plantas suelen constar de una etapa de pretratamiento y otra de tratamiento. El pretratamiento comprende una serie de operaciones físicas y mecánicas, que tienen por objetivo separar del agua residual la mayor cantidad posible de materias, que, por su naturaleza o tamaño, puedan dar lugar a problemas en las etapas posteriores del tratamiento; seguido de una etapa de desinfección y filtración de aguas como una segunda etapa de tratamiento. El tratamiento de aguas residuales consta de un conjunto de operaciones físicas, biológicas y químicas que persiguen eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes antes de su vertido, de forma que los efluentes tratados cumplan los límites legales existentes.

4.2 Estudio de tratamientos compactos

Para conocer la mejor opción de tratamiento, será necesario valorar las ventajas e inconvenientes que produciría la implantación de cada uno de ellos, atendiendo a factores tales como: estabilidad, integración, explotación, rendimiento, fiabilidad técnica... (17)

Una vez que conocemos que el sistema utilizar será el de equipos compactos, cabe resaltar que se disponen de dos alternativas, las depuradoras de oxidación total y las depuradoras biológicas.

4.2.1 Depuradora biológica.

Entre los sistemas de depuración biológica para viviendas, los filtros biológicos compactos. También denominados “fosa filtro”, son los más simples, económicos, y los que requieren menor mantenimiento. Además, no requieren energía eléctrica y no precisa de personal cualificado para su mantenimiento.

LEYENDA

1. Tubería de entrada de agua.
2. Paso de hombre.
3. Compartimento de sedimentación.
4. Lodos sedimentados.
5. Colector de reparto.
6. Material de relleno “ECO LAM”.
7. Tubería de ventilación.
8. Tubería de salida de agua.

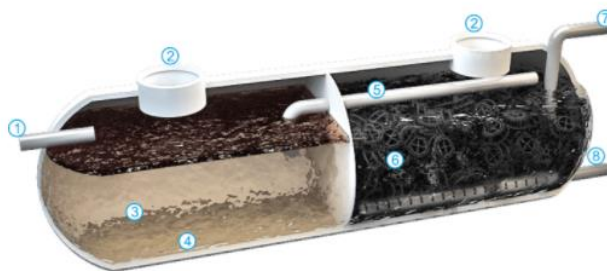


Figura 10. Funcionamiento de una depuradora biológica. Fuente: ecodena. (44)

Estos aparatos constan de un depósito compacto de dos compartimentos:

1. Compartimento de decantación primaria, digestión anaeróbica y clarificación.

En el primer compartimento del filtro biológico compacto se realiza la homogenización del agua, la sedimentación primaria de los sólidos y una parcial digestión de la materia orgánica por parte de organismo y bacterias anaeróbicas. Con estos tratamientos se obtiene también una buena clarificación del agua, gracias a la eliminación de la mayoría de las sustancias sólidas. A la salida de este primer tratamiento se puede establecer un rendimiento en torno a un máximo de aproximadamente un 80% de retención de sólidos en suspensión y un 30 % de reducción de DBO5.

2. Compartimento de reacción biológica con filtro percolador aeróbico.

En el segundo compartimento se encuentra el filtro biológico, formado por un relleno de material plástico esférico de elevado rendimiento, donde se realiza la oxidación biológica de materia orgánica, gracias a la acción de microorganismos aeróbico.

El agua viene sobre toda la superficie del material plástico filtrante mediante un sistema de distribución, y penetra en el interior de los cuerpos filtrantes, que sirven también de soporte a

los microorganismos aerobios que se adhieren a ellos y van degradando la materia orgánica disuelta en suspensión coloidal que el agua contiene.

Una tubería de aire con tiro natural desde el exterior atraviesa la masa filtrante y favorece la correcta y suave aireación de la biomasa, aportando oxígeno suficiente para permitir la oxidación de la materia orgánica, además de facilitar el desarrollo y la reproducción de las colonias de bacterias aeróbicas. (44)

4.2.2 Depuradora de oxidación total.

Las depuradoras de oxidación total son un exclusivo sistema muy compacto.

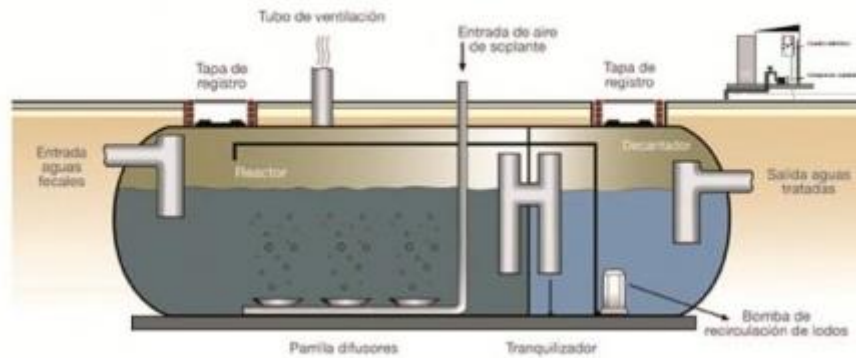


Figura 11. Depuradora de oxidación total. Fuente: depósitosparalíquidos.com (45)

Su funcionamiento es el siguiente:

1. Las aguas residuales entran al primer compartimento del tanque depurador de oxidación total de fangos activos. En este compartimento de oxidación biológica se realiza un proceso de reacción aeróbica con oxidación de la materia orgánica. Este proceso se obtiene gracias a la inyección de oxígeno por mediación de un soplante de bajo consumo y de un difusor de aire de microburbujas con membrana en EPDM (caucho de etileno propileno dieno) (46). El EPDM es un material con muy buenas propiedades frente al paso del agua y a los agentes atmosféricos, con alta elasticidad y resistencia. De esta manera, se puede asegurar la formación rápida y constante de las colonias de bacterias aeróbicas encargadas de digerir y transformar las sustancias orgánicas presentes en el agua y garantizar su perfecto funcionamiento. (47)
2. Posteriormente, las aguas oxidadas y prácticamente depuradas pasan al segundo compartimento de sedimentación secundaria. En este compartimento, los fangos activos estabilizados sedimentan hacia el fondo, y una parte importante de ellos es recirculada al compartimento anterior de oxidación. Este proceso resulta necesario para garantizar una mezcla homogénea de los fangos activos oxidados y estabilizados, con la materia orgánica procedente de la vivienda que todavía no ha sido oxidadada. De esta manera, se facilita y acelera el proceso de oxidación biológica, garantizando los

resultados de depuración. Incluye además un dispositivo para que puedan extraerse manualmente los fangos sobrantes, facilitando su mantenimiento con una importante reducción de costes de gestión de la depuradora. (48)

Una vez presentadas ambas alternativas, se ha decidido optar por la depuradora de oxidación total, dado que su menor volumen facilitará su instalación, además de controlar mejor una variación de caudales a lo largo del día y una mayor facilidad para controlar el funcionamiento.

Aunque se haya optado por una depuradora de oxidación total, aún es necesario resolver la incógnita de qué tipo de depuradora de oxidación total será la utilizada para el proyecto en cuestión.

4.2.2.1 Depuradora de oxidación total Reactores Biológicos Secuenciales "SBR"

Son depuradoras de oxidación total que depuran el agua residual en un sistema de dos cámaras y con un tratamiento secuencial. Son reactores biológicos discontinuos en los que el agua residual se mezcla con fangos biológicos en un sistema de aireación. El proceso combina, en un mismo depósito separado en cámaras, tratamiento primario, aireación y extracción de agua depurada. Utilizando un único depósito se reduce sustancialmente la inversión necesaria y el coste de la obra a realizar. Otras de las ventajas de los sistemas SBR son la facilidad para controlar el funcionamiento y la buena adaptación ante variaciones del caudal de entrada durante el día.

Las depuradoras SBR reciben el agua residual a través de una tubería de entrada. Una vez entra el agua residual, se almacena y depura en el interior. Durante el tiempo que permanezca el agua residual dentro de la depuradora, las bacterias nacen, crecen, trabajan y mueren. Este proceso provoca la depuración del agua.

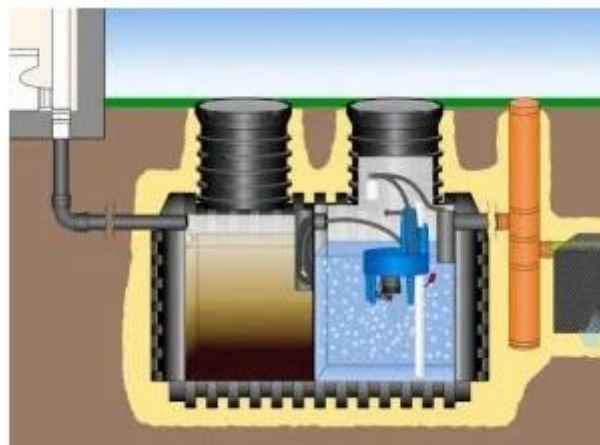


Figura 12. Depuradora SBR. Fuente: blogdeagua.es (49)

Normalmente tienen 4 fases de trabajo:

Decantación

El agua residual entra en la primera cámara de la depuradora. Aquí se produce el tratamiento primario, la separación de los sólidos (que decantan al fondo) del agua residual (que pasa a la cámara de oxidación). Este proceso no es instantáneo, sino que dura el tiempo necesario para que los fangos se diluyan y decanten al fondo del depósito.

Oxidación

En esta fase se produce la gran parte del tratamiento. El agua (previamente separada de los sólidos) entra en la segunda cámara (cámara de oxidación) donde, a través de unos difusores de aire comprimido, se producirá la oxidación. Esta oxidación se realiza inyectando aire comprimido que proviene de un compresor de aire controlado por el cuadro de control de la depuradora.

Reposo del agua

Esta fase se realiza al finalizar la oxidación del agua. Se trata de dejar reposar el agua que hemos oxidado para que los fangos decanten al fondo del depósito y para que en la parte superior sólo se tenga el agua depurada. Esta fase es de gran importancia, ya que la oxidación mezcla y agita toda el agua y genera unos fangos que no deben salir de la depuradora.

Retorno de fangos y extracción de agua depurada

Proceso de envío de los fangos decantados durante la fase de reposo del agua hacia la primera cámara de la depuradora (cámara de decantación). Para asegurar unos valores de depuración eficientes, se deben sacar los fangos producidos en la fase de oxidación que se retornan al principio de la depuradora. En la última fase se extrae de la depuradora (por gravedad o forzada) el agua depurada hacia el exterior de la depuradora.

4.2.2 Depura de oxidación total Aireación Prolongada

Las aguas residuales se vierten a un depósito con dos cámaras. En la primera cámara se realiza tanto el pre tratamiento, donde se mantiene un cultivo bacteriano en suspensión, formado por un gran número de microorganismos agrupados, el llamado "licor mezcla". También en esta cámara se realiza la oxidación del agua mediante aireadores mecánicos (turbinas o soplantes) o difusores de membrana alimentados por un compresor externo. La aireación, además de oxigenar, permite la homogenización del licor mezcla, evitando que los fangos sedimenten.

Tras un tiempo en la primera cámara, el licor mezcla pasa a una segunda cámara de sedimentación, cuya función es separar el agua depurada de los fangos. Parte de los fangos se envían de nuevo a la primera cámara, con objeto de mantener una concentración determinada de microorganismos. El fango restante se extrae cada cierto tiempo mediante los mantenimientos.

Las depuradoras de Aireación Prolongada reciben el agua residual a través en una tubería de entrada. Una vez entra el agua residual, se almacena y depura en el interior. Durante el tiempo

que permanece el agua residual dentro de la depuradora, las bacterias nacen, crecen, trabajan y mueren. Este proceso provoca la depuración del agua.



Figura 13. Depuradora de Aire Prolongada. Fuente: blogdeagua.es (49)

Tienen 3 fases de trabajo:

Oxidación

El agua residual entra en la depuradora. En esta fase se produce la gran parte del tratamiento. El agua se trata inyectando aire a través de unos difusores de aire comprimido, y se producirá la oxidación.

Reposo del agua

Esta fase se realiza al finalizar la oxidación del agua. Se envía el agua a una segunda cámara y se deja reposar para que los fangos decanten al fondo del depósito y para que en la parte superior sólo haya agua depurada. Esta fase motiva que los fangos no salgan de la depuradora, y estos, decantados, vuelvan a la primera cámara.

Extracción de agua depurada

Se extrae de la depuradora (por gravedad o forzada) el agua depurada hacia el exterior de la depuradora.

4.2.2.3 Depuradoras con Biodiscos

La Depuración Biológica se realiza con Contactores Biológicos Rotativos (RBC), aunque es conocido es "Biodiscos", que se encuentran, normalmente, en recipientes de hormigón u otro material, colocados en paralelo para poder realizar una depuración en serie y en varias etapas.

Los Biodiscos son discos de gran tamaño, fabricados en PVC, polietileno o polipropileno. Estos discos giran continuamente y están parcialmente sumergidos en el agua residual. Los discos sirven de soporte para que las colonias de bacterias se adhieran y formen una biomasa constante. Este tipo de equipos son muy regulares a la hora de funcionar. Sólo pueden alterar su funcionamiento los desprendimientos por mal funcionamiento o vertidos accidentales que contengan tóxicos o inhibidores.



Figura 14. Depuradora de Biodiscos. Fuente: blogdeagua.es (49)

Las depuradoras con Biodiscos reciben el agua residual a través de una tubería de entrada. Una vez entra el agua residual, se almacena y depura en el interior. Durante el tiempo que permanezca el agua residual dentro de la depuradora, las bacterias que se adhieran a los Biodiscos nacen, crecen, trabajan y mueren, lo que provoca la depuración del agua.

Tienen 2 fases de trabajo:

Oxidación

El agua residual entra en la depuradora. En esta fase se produce gran parte del tratamiento. El agua entra en la cavidad en la que se encuentran los Biodiscos, dónde, a través de unos discos rotatorios que alternan la inmersión en el agua y el contacto con el aire (fuera del agua), producen la oxidación. Esta oxidación se realiza aireando el agua y la materia adherida en los discos cuando están fuera del agua.

Extracción del agua depurada

El agua depurada se extrae de la depuradora por gravedad. (49)

4.3 Estudio de alternativas para la selección del sistema compacto de oxidación parcial

En este apartado se pretende justificar la elección del mejor tratamiento para las aguas grises y pluviales de esta vivienda familiar, toda vez que se ha decidido utilizar una depuradora de oxidación total. Para ello, se recuerdan las tres posibles alternativas:

- 1ª alternativa: Depuradora SBR.
- 2ª alternativa: Depuradora de Aireación Prolongada.
- 3ª alternativa: Depuradora de Biodiscos.

Para resolver el estudio de alternativas, se tendrán en cuenta ciertos criterios:

- **Calidad del agua obtenida:**
Se trata del condicionante más importante a la hora de seleccionar la alternativa que se va a disponer. El agua obtenida a partir del tratamiento que se disponga debe cumplir con unos estándares de calidad para poder ser destinada a los usos que se han previsto (recarga de urinarios y riego de jardines) y evitar de esta manera efectos indeseables en los organismos vivos.
- **Coste del tratamiento:**
El coste está directamente relacionado con el objetivo del proyecto. Por ello, el factor más limitante para escoger la alternativa, obviando la calidad del agua, debe ser el coste del tratamiento. Se busca conseguir la mayor calidad del agua con el mínimo coste posible, teniendo en cuenta además los demás criterios.
- **Superficie necesaria:**
La superficie necesaria impondrá el tamaño de la obra civil que se debe llevar a cabo para la instalación del tratamiento, de manera que también influye en el coste. Se desea elegir aquella alternativa que ocupe menor espacio.
- **Mantenimiento:**
Que una instalación de tratamiento de aguas requiera poco mantenimiento es una gran noticia, ya que implica una menor necesidad de supervisión, lo que se traduce en un menor coste.
- **Caudal mínimo para que sea efectivo:**
Todas las alternativas requieren un caudal mínimo para que su uso resulte rentable. Cuanta menor sea la demanda mínima necesaria para que el sistema funcione, mejor, dado que el proyecto en cuestión se trata de una vivienda unifamiliar, y los caudales serán pequeños.

Aunque los 5 criterios juegan un papel importante, a la hora de seleccionar la alternativa, no todas tienen la misma importancia en la elección final. Por ello, se ha definido la siguiente tabla:

CRITERIO	Peso (%)
Calidad del agua obtenida	40
Coste del tratamiento	30
Superficie necesaria	10
Mantenimiento	10
Caudal	10

Tabla 7. Peso de cada criterio para la selección de alternativas. Fuente: elaboración propia.

En primer lugar, se ha considerado que la calidad del agua tendrá una gran importancia, superior a la del resto, dado que, si esta no se consigue, el proyecto sería inviable. En segundo lugar, el coste es un condicionante con bastante peso. Finalmente, la superficie necesaria, el mantenimiento y el caudal tienen una importancia similar.

Una vez se disponga de las calificaciones de cada criterio en cada alternativa, su elección se realizará teniendo en cuenta dos sistemas diferentes: el valor técnico ponderado y la suma ponderada por rangos. Al utilizar dos métodos diferentes, se pretende demostrar que la alternativa escogida es la mejor.

1ª alternativa: Depuradora SBR

Calidad del agua obtenida

SS permeado (mg/L)	0,8
Turbidez permeado (NTU)	0,3
DBO5 permeado (mg/L)	7
Escherichia coli UFC/100mL (sin cloración)	80
Nematodos intestinales (huevos/L)	Ausencia

Tabla 8. Calidad del agua obtenida. Fuente: Aqualia.com

En esta alternativa se consiguen calidades altas, asegurando en todo momento el cumplimiento del RD.

Coste del tratamiento

En este caso en particular, se sabe que los Reactores Biológicos Secuenciales "SBR" tienen un menor coste de inversión respecto a un sistema de oxidación total convencional; ya que su coste es:

- Coste de la depuradora: 3952 euros.

Superficie necesaria

Como se ha comentado antes, las depuradoras SBR no requieren de gran superficie, lo que es una gran ventaja.

Mantenimiento

El mantenimiento de la depuradora SBR es mínimo, el sistema dispone de una gran seguridad frente a la corrosión, y no habrá que renovar soplantes, difusores, válvulas, cuadros eléctricos, etc., en al menos dos años.

Caudal

Se trata de un tratamiento muy adaptable a diferentes caudales.

Teniendo en cuenta los 5 criterios, se procede a clasificar cada uno de ellos con una puntuación del 1 al 10.

CRITERIO	Calificación
Calidad del agua obtenida	9,5
Coste del tratamiento	6
Superficie necesaria	9
Mantenimiento	7,5
Caudal	9,5

Tabla 9. Puntuación en los diferentes criterios. Fuente: elaboración propia.

2ª alternativa: Depuradora Aireación Prolongada

Calidad del agua obtenida

SS permeado (mg/L)	0,9
Turbidez permeado (NTU)	0,4
DBO5 permeado (mg/L)	3
Escherichia coli UFC/100mL (sin cloración)	100
Nematodos intestinales (huevos/L)	Ausencia

Tabla 10. Calidad del agua obtenida. Fuente: Aqualia.com

Puede observarse como se produce una gran reducción en los valores de DBO5, que es lo que se busca mediante la utilización de este tipo de depuradoras. (50)

En esta alternativa se consiguen buenas calidades, que, aunque aseguran los valores mínimos a cumplir por el RD, no son tan buenos como los de la primera alternativa.

Coste del tratamiento

El coste de la instalación de la depuradora de Aireación Prolongada es de:

- Coste de la depuradora: 3500 €.

Superficie necesaria

Las depuradoras de Aireación Prolongada requieren de poca superficie para su implantación.

Mantenimiento

El mantenimiento de la depuradora de Aireación Prolongada es relativamente sencillo, con ausencia de malos olores.

Caudal

Se trata de un tratamiento poco adaptable a diferentes caudales.

Teniendo en cuenta los 5 criterios, se procede a clasificar cada uno de ellos con una puntuación del 1 al 10.

CRITERIO	Calificación
Calidad del agua obtenida	8,5
Coste del tratamiento	7
Superficie necesaria	8
Mantenimiento	7
Caudal	6

Tabla 11. Puntuación en los diferentes criterios. Fuente: elaboración propia.

3ª alternativa: Depuradora Biodiscos

Calidad del agua obtenida

SS permeado (mg/L)	0,7
Turbidez permeado (NTU)	0,45
DBO5 permeado (mg/L)	2,5
Escherichia coli UFC/100mL (sin cloración)	100
Nematodos intestinales (huevos/L)	Ausencia

Tabla 12. Calidad del agua obtenida. Fuente: Aqualia

Al igual que en las depuradoras de Aireación Prolongada, puede observarse como se produce una gran reducción en los valores de DBO5, que es lo que se busca mediante la utilización de este tipo de depuradoras.

En esta alternativa se consiguen buenas calidades, que, aunque aseguran los valores mínimos a cumplir por el RD, no son tan buenos como los de la primera alternativa.

Coste del tratamiento

El coste de la instalación de la depuradora de Aireación Prolongada es de:

- Coste de la depuradora: 3000 €.

Superficie necesaria

Las depuradoras de Aireación Prolongada requieren de superficies muy reducidas.

Mantenimiento

El mantenimiento de la depuradora de Biodiscos es muy sencillo, y no produce contaminación acústica. (51)

Caudal

Se trata de un tratamiento poco adaptable a diferentes caudales.

Teniendo en cuenta los 5 criterios, se procede a clasificar cada uno de ellos con una puntuación del 1 al 10.

CRITERIO	Calificación
Calidad del agua obtenida	7
Coste del tratamiento	8
Superficie necesaria	9
Mantenimiento	7,5
Caudal	5

Tabla 13. Puntuación en los diferentes criterios. Fuente: elaboración propia.

Una vez definidas todas las calificaciones, se realiza el cálculo mediante los dos cálculos anteriormente comentados, para saber cuál de ellas es la más adecuada.

En primer lugar, se calcula cual es la mejor alternativa mediante el Valor Técnico Ponderado (VTP), cuya expresión es:

$$VTP (alternativa) = \frac{\sum_{j=1}^n p_j x_{ij}}{x_{max} \sum_{j=1}^n p_j}$$

Criterios	Peso (%)	Alternativa	Alternativa	Alternativa
		1	2	3
Calidad del agua	40	9,5	8,5	7
Coste del tratamiento	30	6	7	8
Superficie necesaria	10	9	8	9
Mantenimiento	10	7,5	7	7,5
Caudal	10	9,5	6	5
SUMA PONDERADA		820	760	735
VALOR PONDERADO		0,82	0,76	0,735

Tabla 14. Valores según el método de VTP. Fuente: elaboración propia

En este caso, la primera alternativa es la mejor, atendiendo a los criterios preestablecidos.

En segundo lugar, se realiza la suma ponderada por rangos (SPR), cuya expresión es:

$$q_i = \sum_{j=1}^n \left(\frac{r_{ij}}{p_j} \right)$$

Criterios	Peso (%)	Alternativa	Alternativa	Alternativa
		1	2	3
<i>Calidad del agua</i>	40	1	2	3
<i>Coste del tratamiento</i>	30	3	2	1
<i>Superficie necesaria</i>	10	1	2	1
<i>Mantenimiento</i>	10	1	2	1
<i>Caudal</i>	10	1	2	3
		0,425	0,717	0,608

Tabla 15. Valores según el método de SBR. Fuente: elaboración propia.

Según el segundo método, también la primera alternativa es la más aceptable, por lo que esta será la elegida.

Una vez estudiadas las tres alternativas dentro de las depuradoras de oxidación total, se ha decidido elegir la depuradora SBR, dado que estas utilizan un único depósito, lo que reduce sustancialmente la inversión necesaria y el coste de la obra a realizar. Además, los sistemas SBR no requieren de gran conocimiento para controlar el funcionamiento y tienen una buena adaptación ante variaciones del caudal de entrada durante el día.

5. Descripción del proyecto

En este apartado se procederá a detallar el material que será necesario para poder proceder a la reutilización de aguas grises en la vivienda. Se especificarán tanto los elementos que tomarán parte como el proceso que se llevará a cabo.

El proyecto consiste en captar tanto las aguas pluviales de la cubierta de la vivienda, como las aguas grises derivadas de duchas, bañeras, lavadoras, lavavajillas, lavamanos y fregaderos. Una vez captadas, pasan, mediante una red de saneamiento específica, a un depósito centralizado, donde serán sometidas a tratamientos necesarios para lograr la calidad necesaria, y su posterior reutilización en materias de riego de jardines y recarga de cisternas.

Es necesario aclarar unos conceptos previos para poder comprender como funcionará el sistema de tratamiento y reutilización de aguas. Estos son:

- **Caudal de aguas grises:**
Este se dará en volumen de agua evacuada por unidad de tiempo, desde un determinado aparato o conjunto de aparatos sanitarios. Es la llamada “unidad de descarga” o “unidad de desagüe”.
- **Caudal de pluviales:**
Al igual que el caudal de aguas grises, este se dará en volumen/unidad de tiempo. Hay que tener en cuenta que las precipitaciones variarán a lo largo del año, por lo que habrá que diseñar el sistema teniéndolo en cuenta.
- **Velocidad, pendientes, secciones:**
En una red de saneamiento es de vital importancia seleccionar una sección y una pendiente adecuadas para que se produzca una velocidad de circulación que permita una eficaz evacuación de aguas grises.
 - La pendiente es el desnivel entre dos puntos, que sirve para darle velocidad al agua. Esta se calculará mediante el Código Técnico de la Edificación. Se expresará mediante porcentaje (%)
 - La sección sirve para calcular la cantidad de agua que podrá llevarse de un punto a otro por unidad de tiempo.
 - La velocidad expresa la relación entre el espacio que recorrerá el agua, y el tiempo que invertirá en recorrer dicho espacio.
El valor de la velocidad vendrá dado en m/s. Por lo general, la velocidad mínima será de 0,6m/s y la máxima ideal será de 2m/s.

5.1. Datos iniciales

En primer lugar, será necesario tener en cuenta una serie de datos que permitan determinar el caudal a tratar. El diseño de la red de saneamiento, el equipo de tratamiento y el coste total del proyecto vendrá dado por este caudal, por lo que será de vital importancia realizar los cálculos que permitan conocer lo mejor posible.

Para ello, deberán tomarse en cuenta:

1. Descripción de la vivienda
2. Caudal generado y demandado
3. Ubicación del equipo de tratamiento
4. Proceso

5.1.1. Descripción de la vivienda

En este punto, se procede a mostrar un informe detallado de los aparatos que contiene la vivienda de proyecto, las cuales se muestran en el plano **x**. Se cuenta con:

- 2 baños en la planta superior que incluyen:
 - Lavamanos
 - Ducha
- 1 baño en la planta inferior que incluye:
 - Lavamanos
 - Bañera
- Cocina completa que incluye:
 - Lavadora
 - Lavavajillas
 - Fregadero

Las dimensiones del jardín y la cubierta son:

- Superficie del conjunto de cubiertas: 152m²
- Área total de jardín que se debe regar: 170m²

Por último, se ha estimado que la capacidad máxima es de 8 personas en la vivienda.

5.1.2. Caudal generado y demandado

Para poder plantear la reutilización del agua en el hogar y alargar su ciclo de vida es necesario conocer cantidades de:

- Agua gris generada.
- Aguas pluviales recogidas en cubierta.
- Cantidad de agua reutilizada para los nuevos usos.

Para conocer los datos de aguas grises generadas/recogidas, y la cantidad de agua reutilizada, se han realizado diversos cálculos, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Zona geográfica de la vivienda.
- Tipo de vivienda.
- Número de personas que habitan en la casa.

Estos datos se encuentran recogidos en el ANEJO 1 “Cálculo de caudales”, y son los siguientes:

- Caudal generado:
 - Agua gris generada en viviendas: 156.220 L/año.
 - Agua pluvial captada en la cubierta: 153.407 L/año.

Sumando ambas cantidades, queda un total de 309.627 L/año.

- Caudal demandado:

La totalidad del agua tratada será destinada a riego de jardines y recarga de cisternas, como ya ha sido mencionado anteriormente.

Extrayendo los datos del ANEJO 1, se puede concluir que el caudal demandado es:

294.190L/año

Por lo tanto, el caudal demandado es menor que el caudal generado, por lo que podrán satisfacerse las necesidades de agua para los usos escogidos:

$L/año < L/año$

La variación de aguas grises y pluviales a lo largo del día hace muy importante que, a la hora de realizar el dimensionamiento del equipo de tratamiento, este se realice de manera correcta, de tal manera que pueda aprovechar al máximo las aguas y disponer de un volumen de almacenamiento adecuado.

5.1.3. Ubicación del equipo de tratamiento

La localización del equipo de tratamiento es una cuestión de gran importancia, dado que permite conocer el recorrido que ha de hacer el agua para llegar a este. Se procurará que este trayecto se haga de la manera más directa y eficiente posible.

Estas instalaciones, que por su carácter acumulativo precisan de unas dimensiones considerables, pueden ubicarse dentro de la propia vivienda o en el jardín, bien sobre este o soterrados bajo el mismo. La alternativa escogida será la de soterrarlo, dado que tanto la alternativa de localizarlo dentro de la vivienda, como la de utilizar la superficie del jardín privaría de un espacio considerable a los usuarios de la propia vivienda, además de que constituye un sistema poco agradable en el apartado visual y estético.



Figura 15. Área del jardín. Fuente: Youtube.com

Teniendo en cuenta que el área de la parcela es de 600 metros cuadrados, y sabiendo que las dimensiones de la casa, porche incluido es de 20x7,6 metros cuadrados que se dispone de una caseta y una zona de acceso para el vehículo, se ha deducido que el jardín tiene 170 metros cuadrados. Se ha decidido instalarlo, enterrado, en la zona adyacente a la entrada de la vivienda, ubicada en la cara noreste de la parcela.

5.1.4. Proceso

Por último, cabe recordar el proceso de funcionamiento del tratamiento al que se va a someter al agua. Cabe resaltar que se unirán las aguas pluviales a las aguas residuales y se tratarán de forma conjunta.

Se realizará siguiendo los siguientes pasos:

1. Red de captación
2. Tratamiento.
3. Sistema de almacenamiento.
4. Retorno.

5.2. Instalación de la recogida de agua

A continuación, se realizará el diseño de la red de tuberías necesarias para acometer el proceso de captación de agua. Para ello, se cuenta con las indicaciones del DBHS (Documento Básico de Higiene y Salubridad), concretamente la sección HS-5 de evacuación de aguas. El cálculo y dimensionado quedan recogidos en el ANEJO 2 “*Dimensionamiento de la instalación de recogida de agua*”.

Caracterización de la instalación:

- Deben disponerse cierres hidráulicos en la instalación que impidan el paso del aire contenido en ella a los locales ocupados sin afectar al flujo de residuos.
- Las tuberías de la red de evacuación deben tener el trazado más sencillo posible, con unas distancias y pendientes que faciliten la evacuación de los residuos y a ser autolimpiables. Debe evitarse la retención de aguas en su interior.
- Los diámetros de las tuberías deben ser los apropiados para transportar los caudales previsibles en condiciones seguras.
- Las redes de tuberías deben diseñarse de tal forma que sean accesibles para su mantenimiento y reparación, para lo cual deben disponerse a la vista o alojadas en huecos o patinillos registrables. En caso contrario, deben contar con arquetas o registros.
- Se dispondrá de sistemas de ventilación adecuados que permitan el funcionamiento de los cierres hidráulicos y la evacuación de gases.
- La instalación no debe utilizarse para la evacuación de otro tipo de residuos que no sean aguas grises o pluviales.

5.2.1. Recogida de aguas

La vivienda dispone de medios suficientes para poder recoger tanto las aguas grises como las aguas pluviales captadas por la cubierta.

- **Recogida de aguas pluviales**

Como se ha comentado anteriormente, la totalidad de las aguas pluviales será captada por la cubierta a dos aguas de la vivienda. Esta, derivará el agua captada hacia los canalones, que, a través de las bajantes, harán llegar a las arquetas de pluviales. Una vez allí, los colectores de pluviales harán llegar a la arqueta, encargada de recibir, enlazar y distribuir los conductos subterráneos, las aguas pluviales obtenidas de la cubierta de la vivienda.



Figura 16. Canalón y bajante de vivienda unifamiliar. Fuente: canalonespozuelo.net (52)

A continuación, se muestra un pequeño esquema del proceso de captación y derivación a las arquetas de aguas pluviales:

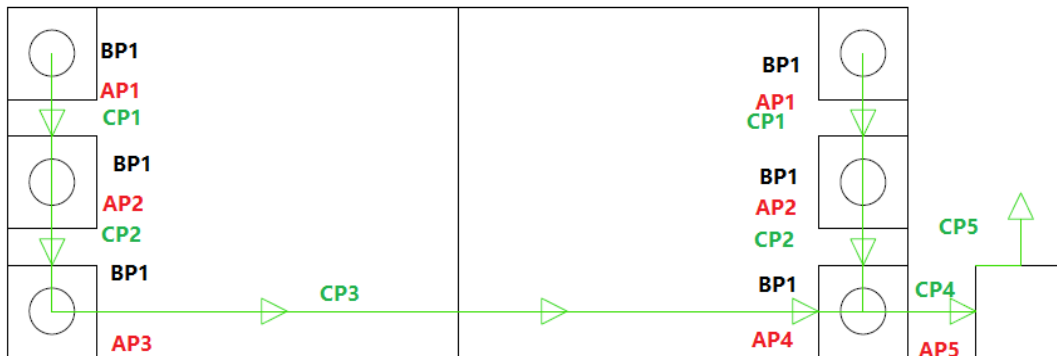


Figura 17. Elementos de captación de aguas pluviales. Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos son los siguientes:

Sumideros	Canalones	Bajantes	Colectores	Arquetas
Nº=6	pte: 2%	N=3	C1=90mm	Dim 1,2,3=40x40
	Diam=100	Diam=75mm	C2=90mm	Dim 4,5= 50x50
			C3=90mm	
			C4=110mm	
			C5=110mm	

Tabla 16. Características instalación de aguas pluviales. Fuente: elaboración propia.

- **Recogida de aguas grises**

También deben realizarse los cálculos correspondientes para el dimensionamiento de la red de recogida de aguas grises. El sistema necesario requiere la conexión de los desagües de lavabos, duchas, lavadora, lavavajillas y fregadero al sistema de tratamiento, por lo que debe realizarse de la manera más sencilla posible.

En el caso de las aguas grises, la red conecta la evacuación de los desagües de los aparatos que generan las aguas grises de origen con el conjunto de tuberías y accesorios que canalizaran estas aguas hasta los puntos de vertido y almacenamiento del equipo de tratamiento.

Es una red separativa de la red de aguas residuales, como se ha comentado anteriormente. Como en la mayoría de las redes de evacuación de agua en edificios, se utilizarán tuberías de PVC (policloruro de vinilo).

La vista en planta de la recogida de aguas grises será:

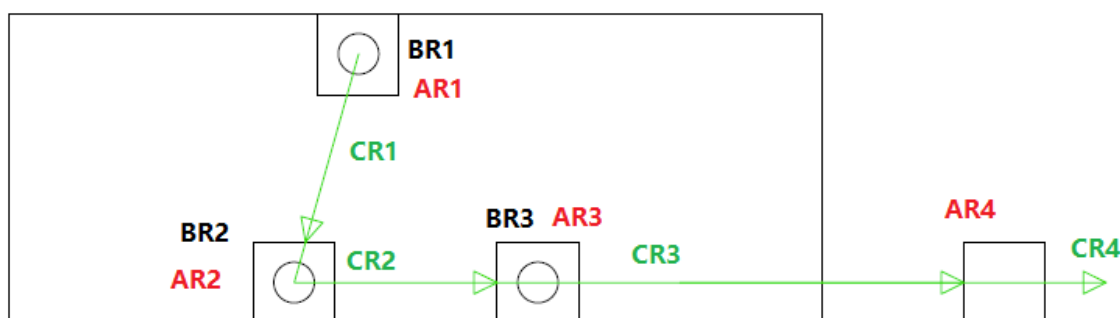


Figura 18. Aparatos residuales. Fuente: elaboración propia.

Diámetro de bajantes(mm)	Colectores (mm)	Arqueta (cm)
BR1=50	50	40x40
BR2=50	50	40x40
BR3=63	63	40x40
	63	40x40

Tabla 17. Resumen instalación de aguas residuales. Fuente: elaboración propia.

En cuanto al sistema de ventilación, únicamente será necesario un sistema de ventilación primaria cuyo objetivo es el procurar una circulación de aire mínima para facilitar la evacuación e impida el retorno de gases, malos olores y reflujos de agua hasta la red de los usuarios, a través de los aparatos.

5.2.2. Selección del tipo de red de saneamiento

Las redes de saneamiento pueden configurarse de distintas maneras:

1. **Unitarias.** El tratamiento de agua se realiza de forma conjunta, es decir, se recoge el agua de lluvia y las aguas grises que se van a aprovechar, se unen y se tratan ambas.
2. **Separativas.** El tratamiento se realiza por separado, al agua pluvial se le dan ciertos tratamientos para conseguir la calidad mínima exigida; y al agua residual se le dan los tratamientos que necesite para conseguir, de igual manera, la calidad requerida.
3. **Pseudoseparativas.** Son aquellas que disponen de una única tubería para las aguas residuales y pluviales procedentes de la edificación, y de otra tubería para las aguas procedentes de la escorrentía de la vía pública.
4. **Doblemente separativas.** Aquel que evacua de forma independiente las aguas residuales domésticas, las industriales y las pluviales. (53)

De esta manera, se va a optar por una red de saneamiento **unitaria**. Los motivos son:

- El agua va a ser tratada en un mismo equipo, por lo que no tendría sentido separarlas antes del tratamiento para después volver a unir las.
- No se va a aprovechar el agua proveniente de la escorrentía pública, por lo que no es aplicable el tipo de red pseudoseparativo.
- De igual manera, no se van a aprovechar las aguas industriales, por lo que no es aplicable para este proyecto el sistema doblemente separativo.

De este modo, las aguas pluviales y las aguas residuales serán vertidas en un mismo equipo y tratadas conjuntamente. De este modo, se consigue que el sistema sea más económico y tenga un gran comportamiento en edificios de pocas alturas.

Para poder disponer de una red unitaria, se antoja indispensable disponer una arqueta mixta que una las aguas grises con las aguas pluviales.

A continuación, se muestra un croquis de la colocación de la arqueta mixta:

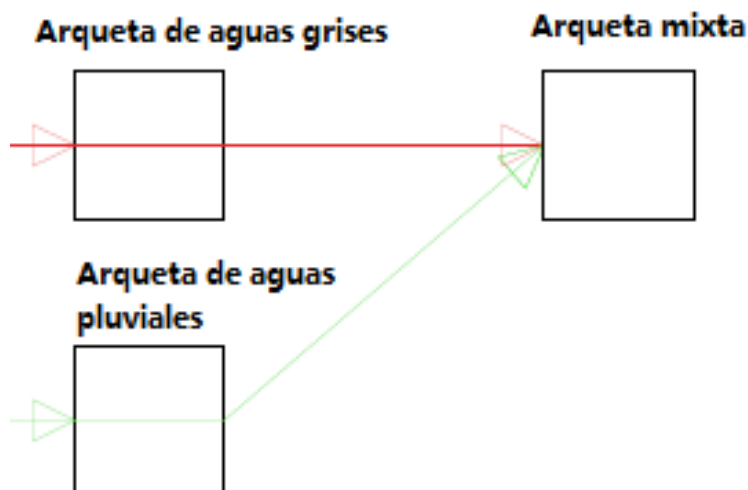


Figura 19. Configuración de arquetas. Fuente: elaboración propia

Para poder garantizar la seguridad del sistema, se deberá plantear la opción más desfavorable, que en este caso sería un régimen de precipitación extrema, que podría acabar obstruyendo la red. Para evitarlo, se ha de colocar un vertedero que garantice el correcto funcionamiento de la red de saneamiento ante esta situación de riesgo; siendo situado este en una de las paredes de las arquetas. De este modo, los excesos de agua pluvial podrían ser evacuados al exterior del vertedero, precipitando al jardín de las viviendas.

Para la colocación del vertedero se plantean las siguientes alternativas:

- Colocación del vertedero en la arqueta de aguas grises.
- Colocación del vertedero en la arqueta de aguas mixtas.
- Colocación del vertedero en la arqueta de aguas pluviales.

La primera alternativa queda directamente descartada, dado que el vertedero se ha de colocar para aliviar la red en caso de un exceso de precipitaciones; en lo que nada tiene que ver la red de aguas grises.

El vertedero podría colocarse en la arqueta de aguas mixtas, pero las aguas grises tienen una peor calidad que las aguas pluviales, por lo que, si se evacuaran de forma conjunta, se estaría vertiendo al jardín aguas de una calidad muy inferior a las exigidas por el RD en el que se está apoyando este proyecto.

Por lo tanto, la alternativa seleccionada será la colocación del vertedero en la arqueta de aguas pluviales.

5.2.3. Arqueta de aguas pluviales

Para el dimensionamiento de la arqueta de aguas pluviales, es necesario conocer la máxima precipitación que pueda llegar a darse. Su cálculo queda recogido en el ANEJO 3 “*Estudio pluviométrico*” y su valor es de:

Precipitación mensual máxima: 270mm

5.3. Equipo para el tratamiento del agua

Para este proyecto se ha establecido que el tratamiento de aguas pluviales y grises se realizará de forma conjunta, para que este ocupe el mínimo espacio posible y favorezca al máximo el aprovechamiento del espacio de la vivienda.

Este tratamiento se realizará mediante una depuradora de oxidación total SBR, que divide su trabajo en cuatro fases, las cuales son decantación, oxidación, reposo del agua y retorno de fangos y extracción de agua depurada.

Se ha observado que numerosas empresas utilizan este tipo de depuradoras, y tras un exhaustivo proceso de selección, se ha decidido utilizar la BIOX, comercializado por la empresa Depurpack SL, la cual cuenta con las siguientes ventajas:

- Facilidad y flexibilidad de instalación (intervención humana reducida);
- Facilidad y comodidad de las operaciones de mantenimiento (funcionamiento automático/minimizando la intervención humana);
- Bajos costes de inversión inicial y funcionamiento;
- Diseño Industrial (equipamiento de vanguardia);
- Ausencia de Ruido; Olores e Impacto Visual;
- Elevada Seguridad Funcional (hidráulico – sanitario). (54)

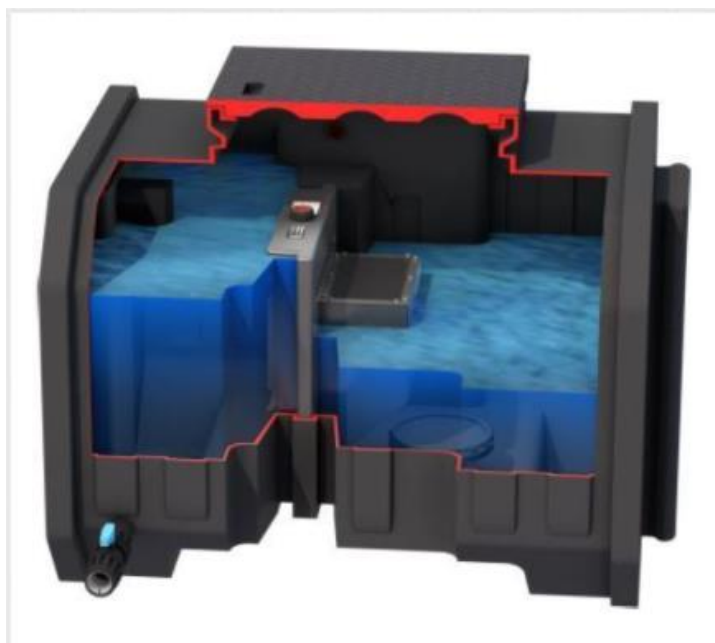


Figura 20. Depuradora SBR escogida. Fuente: depurpack SL. (54)

El sistema cumple con todos los requisitos del Real Decreto 1620/2007, por el que se establece el régimen jurídico de reutilización de aguas depuradas, en el que se apoya este proyecto.

Para la disposición del equipo se tienen varias opciones:

- Disposición en superficie.
- Disposición enterrada.

Previamente se ha decidido enterrar el colector para no privar de un espacio considerable a los usuarios de la vivienda, además de que este constituye un sistema poco agradable en el apartado visual y estético, por lo que la disposición vertical en superficie queda descartada.

A continuación, se muestra la lista con todos los modelos de BIOX a seleccionar.

Modelo	Agua generada			
	(L/día)	Alto(mm)	Ancho(mm)	L(mm)
BIOX6	1325	1140	1200	1485
BIOX10	2410	1230	960	2590
BIOX20	4820	1230	960	5080

Tabla 18. Modelos de BIOX. Fuente: Catálogo Depurpack. (55)

En este caso, se tiene un caudal de 806 L/día, por lo que se seleccionará el formato BIOX6.

5.4. Instalación de almacenamiento de agua tratada

El sistema de almacenamiento para la reutilización de aguas es esencialmente un depósito en el que se vierte el agua desde la red de captación de aguas tanto grises como pluviales.

Es importante considerar la demanda de agua necesaria para recargar las cisternas de inodoro (WC) o el sistema de riego previsto, ya que la capacidad de estos depósitos se adaptará a las necesidades reales para estos usos, por lo que puede ser necesario rechazar parte de las aguas captadas, y conducir las al desagüe general, almacenando únicamente las aguas grises que se vayan a tratar. De este modo, se evita el sobrecoste que tendría tratar un volumen de aguas que después no se utilizará. Ha de protegerse el equipo de la insolación, la humedad excesiva, los ambientes tóxicos o inflamables, etc...

El cálculo de la demanda y la capacidad del depósito han sido plasmados en el Anejo 01 "Cálculo de caudales". Se ha estimado que la cantidad de agua captada y demandada será de:

- Agua captada: 309.627 L/año.
- Agua demandada: 294.190 L/año.

Para el almacenamiento del agua tratada, se ha optado por un depósito RAH - 1500, con capacidad de hasta 1500 litros, lo que resulta perfecto para un proyecto como el actual.



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

BILBOKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE BILBAO



Figura 21. Depósito elegido. Fuente: depurpack.com

5.5. Instalación de retorno

Una vez el agua haya sido tratada, esta deberá ser redirigida a sus nuevos usos. Para ello, se necesitará una red de retorno. Este vendrá marcado por el hecho de que el equipo de tratamiento se encuentra enterrado, por lo que a la salida del mismo se dispondrán dos bombas de impulsión dispuestas en paralelo. Estas bombas serán las encargadas de impulsar el agua a través de una tubería de PVC de 16mm, calculado en el Anejo 4 “*Dimensionado del equipo de evacuación forzada*”.

5.5.1. Sistema de bombeo y elevación

Para elevar el agua desde el sistema de tratamiento hasta sus nuevos usos, ha de haber un sistema que permita impulsar dicha agua desde el lugar de almacenamiento hasta los puntos de consumo. Para ello, se dispondrá un equipo de bombeo y elevación y sus accesorios y equipos de control y regulación.

Se pueden encontrar dos tipos de bombas según sus características:

- Bombas de superficie
- Bombas sumergibles

Las bombas de superficie trabajan totalmente en seco, y puede actuar de dos formas:

- En aspiración: si la bomba se sitúa por encima del líquido a bombear, la bomba actuará en aspiración.
- En carga: si la bomba se sitúa a un nivel inferior al del líquido a bombear, se utilizará este tipo de bomba.

Cuando el depósito de almacenamiento está enterrado bajo tierra y no se superan unas determinadas condiciones de presurización, se utiliza una bomba sumergible, la cual aspira el agua y la impulsa a través de una tubería conectada a la salida de la bomba, hasta el exterior del depósito y hasta llegar a los puntos de consumo autorizados. (40)

De este modo, para este proyecto se utilizará una bomba sumergible, dado que se ha optado por enterrar el depósito de almacenamiento.

5.5.2. Elección de la bomba

Según los parámetros de bomba obtenidos en el ANEJO 4 “*Dimensionado del equipo de evacuación forzada*” la bomba que se dispondrá es la siguiente:

La bomba elegida es una **Bomba de Presión Shurflo 9300 24V 70m**, que admite caudales de esta 10,6L/min.



Figura 22. Bomba elegida. Fuente: autosolar.es (56)

Se trata de una bomba perfecta para el uso previsto, ya que permite caudales de hasta 300 litros por hora y es sumergible hasta 70m, y es una bomba de no excesivo tamaño.

6. Plan de obra

En este apartado se procederá a explicar cómo se ejecutará el proyecto de instalación del equipo de tratamiento de aguas para su posterior reutilización.

6.1. Actividades

El proyecto se compone de las siguientes actividades:

- **Desbroce y limpieza del terreno**

Son trabajos necesarios para retirar pequeñas plantas, macetas, maderas, etc., de las zonas de trabajo. Deberá realizarse esta limpieza hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, teniendo esta una profundidad no menor que 25cm. Esta limpieza se realizará con medios mecánicos y se cargarán al camión posteriormente.

Las dimensiones de jardín en las que será necesario realizar esta labor de limpieza y desbroce de terreno serán de 8x3 (m), lo que supone un total de 24m².

El proceso de desbroce y limpieza se basa en:

1. Replanteo del terreno.
2. Remoción mecánica de los materiales de desbroce.
3. Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce.
4. Carga al camión.

- **Ejecución de zanjas**

Para el replanteo, como paso previo a la excavación, debe ser marcada, colocada y referenciada con precisión la línea que pasa por el centro de la zanja y el ancho de la superficie de la zanja.

Cuando se requieran marcas temporales de colocación, deben establecerse en puntos donde no sea probable que sean quitadas o movidas.

Los intervalos entre las operaciones de excavación, instalación de la tubería, y relleno de tierras, deben ser lo más breves posibles. De esta forma se consigue:

- Acortar el tiempo de reutilización de los elementos de entibación si los hubiere.
- Prevenir posibles inundaciones de la zanja y derrumbes en la misma.
- Reducir la necesidad de controlar el agua subterránea.
- Reducir los requerimientos de los equipos.
- Minimizar las roturas de los servicios existentes.
- Reducir los peligros de accidentes.
- Reducir impactos medioambientales adversos.

Estas zanjas pueden abrirse a mano o mecánicamente, perfectamente alineadas en planta y con la rasante uniforme. Se excavará hasta la línea de la rasante siempre que el terreno sea uniforme; si quedan al descubierto elementos rígidos tales como piedras, rocas, fábricas antiguas, etc., será necesario excavar por debajo de la rasante para efectuar un relleno posterior, manteniendo la capacidad portante del terreno. El material procedente de la excavación se apila lo suficientemente alejado del borde de las zanjas para evitar el desmoronamiento de éstas o que los desprendimientos puedan poner en peligro a los trabajadores. (57)

- **Construcción de arquetas**

El primer paso es crear una base sólida, de mortero de hormigón -solera- sobre la que trabajar y edificar la arqueta de ladrillo y cemento. Sobre la solera se marca la tapa circular o cuadrada normalmente, que dará la forma y las medidas de las paredes de ladrillo. Se elevarán las paredes de la arqueta de ladrillo, colocando ladrillos y uniendo con cemento hasta llegar al ras del suelo o superficie.

Sobre la última hilera de ladrillos, se añade una capa de mortero para fijar y asentar el aro o rectángulo de la tapa. Se revisa el nivel y se tapa completamente con mortero. Por último, se enfosca la arqueta por dentro para tapar los ladrillos y aislar la arqueta, además de dividirla a la mitad con un par de ladrillos adaptados al diámetro de la circunferencia que marca la arqueta.

Para evitar filtraciones será necesario realizar un buen bruñido interior de la arqueta utilizando sólo cemento para dejar las paredes lisas y compactas. Finalmente, se remata la arqueta con mortero en el exterior y, por último, se llena el sifón de agua que actuará como inhibidor de los malos olores. La arqueta quedará totalmente estanca, y se tatará para evitar accidentes. (58)

Se trata de una arqueta de PVC, con un diámetro de salida de 220mm y salida vertical. Se realizará redondeando los ángulos del fondo y de las paredes interiores de la arqueta, y se ubicará un cierre hermético. Antes de ponerla en uso habrá de probarse su correcto funcionamiento.

Para este proyecto se dispondrán 3 tipos de arquetas, las cuales serán:

- Arqueta de aguas pluviales
- Arqueta de aguas grises
- Arqueta de aguas mixtas

- **Colocación de red de saneamiento y equipos**

Una vez realizadas las arquetas, se coloca la red de saneamiento, equipo de tratamiento y grupo de presión; continuando con la colocación del equipo de tratamiento y sistema de bombeo, cuyas dimensiones se muestran en el apartado 5 (Descripción del proyecto)

Por último, se colocan los **colectores** enterrados serán formados por un tubo de PVC liso, con una pendiente mínima del 2% para la evacuación de aguas grises y pluviales, pegado mediante adhesivo, sobre lecho de arena de 10cm de espesor, debidamente compactada y nivelada.

La colocación del equipo comienza con un replanteo y trazado del conducto en planta, vertido de la arena en el fondo de la zanja y descenso y colocación de los colectores en el fondo de la zanja.

Más tarde, se realiza el montaje, conexionado y comprobación del óptimo funcionamiento de la red.

A continuación, se realizará la instalación de **bajantes**, realizándose una distinción entre los 2 tipos:

- Bajante de aguas pluviales
- Bajante de aguas grises
- Ventilación primaria

Ambas bajantes pluviales y las residuales, formadas por tubos de PVC, de 75mm de diámetro y 3mm de espesor; unión pegada con adhesivo. Incluso líquido limpiador, adhesivo para tubos y accesorios de PVC, material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.

La tubería para la ventilación primaria de la red de evacuación de aguas, formada por tubo de PVC, de 90mm de diámetro y 1,2mm de espesor; unión pegada con adhesivo. Incluso líquido limpiador, adhesivo para tubos y accesorios de PVC, material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.

El proceso de ejecución, muy similar tanto en la ventilación como para las bajantes, es el siguiente:

- Replanteo del recorrido de la bajante y de la situación de los elementos de sujeción. Estos se ejecutarán en función de las características del terreno. La bajante no presentará fugas y se comprobará su correcto funcionamiento.
- Serán de bajantes verticales y su anchura es del diámetro del tubo (variable en cada zona).
- La profundidad mínima debe ser de 80cm y la máxima es de 5 metros.
- Las bajantes residuales se dispondrán en el interior del edificio, y las pluviales en el exterior del mismo.

En cuanto a los **canalones**, estos serán de PVC con óxido de titanio, siendo de 90 y 110 mm los colectores de pluviales, y de 100 mm en caso de los de pluviales. Su colocación se realizará de la siguiente manera:

- Replanteo del recorrido del canalón y de la situación de los elementos de sujeción.
- Fijación del material auxiliar para montaje y sujeción a la obra.
- Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. El canalón no presentará fugas, y se protegerá frente a los golpes.
- Se dispondrá un relleno envolvente y principal de zanjas para instalaciones.
- Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada.
- Las tierras o áridos (material de relleno) quedarán protegidos de la posible contaminación por agua de lluvia o materiales extraños.

En lo referente al transporte de materiales procedentes de la excavación del terreno, este se realizará en camiones a un depósito ubicado a no más de 10km. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, viaje de ida-vuelta, descarga.

6.2. Diagrama de Gantt

Mediante el siguiente diagrama de Gantt, se pretende exponer la organización relativa a los trabajos necesarios para la obra del proyecto en cuestión.

Se ha establecido un periodo para ejecutar las obras de 21 días. Toda vez se hayan finalizado las obras, los propietarios de la vivienda podrán comenzar a explotar las instalaciones.

Previamente habrán de realizarse diversas pruebas, obteniéndose la confirmación de que el estado es correcto y no se sufre ningún tipo de restricción

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	05 abril							12 abril							19 abril							26 abril							03 mayo						
						L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
1	★	Desbroce y limpieza del terreno	4 días	mar 06/04/21	vie 09/04/21	█																																		
2	★	Ejecución de zanjas	6 días	lun 12/04/21	lun 19/04/21								█																											
3	★	Construcción de arquetas	4 días	jue 15/04/21	mar 20/04/21															█																				
4	★	Instalación de equipo de tratamiento	2 días	mar 20/04/21	mié 21/04/21																						█													
5	★	Instalación del equipo de bombeo	2 días	jue 22/04/21	vie 23/04/21																													█						
6	★	Instalación de la red de saneamiento	2 días	lun 26/04/21	mar 27/04/21																													█						
7	★	Relleno de zanjas	5 días	mié 28/04/21	mar 04/05/21																													█						
8	★	Gestión de residuos	21 días	mar 06/04/21	mar 04/05/21	█							█							█							█							█						
9	★	Seguridad y salud	21 días	mar 06/04/21	mar 04/05/21	█							█							█							█							█						

Proyecto: Proyecto 1 Fecha:	Tarea	█	Resumen inactivo	▬	Tareas externas	█
	División	⋯	Tarea manual	█	Hito externo	◇
	Hito	◆	solo duración	▬	Fecha límite	↓
	Resumen	▬	Informe de resumen manual	█	Progreso	▬
	Resumen del proyecto	▬	Resumen manual	▬	Progreso manual	▬
	Tarea inactiva	▬	solo el comienzo	▬		
Hito inactivo	◇	solo fin	▬			

Página 1

7. Resumen del presupuesto

Resumen general del presupuesto	Porcentaje (%)	Importe (€)
Acciones previas	0,65	80,64
Ejecución de zanjas	7,99	992,24
Red de Saneamiento	26,13	3244,89
Equipo de Tratamiento	33,41	4148,69
Equipo de Almacenamiento	6,57	815,33
Equipo de Bombeo	5,71	709,24
Seguridad y Salud	13,45	1670,00
Gestión de Residuos	3,29	408,14 €
Control de Calidad	2,82	349,830
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		12419,00
Gastos generales	13%	1614,47
Beneficio industrial	6%	745,14
Suma		14778,61
PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN		14778,61
HONORARIOS PROYECTO	5%	620,95
Deducciones o incrementos (obra oficial, reforma, etc)	0%	0,00
Suma		620,95
HONORARIOS DIRECCIÓN DE OBRA		620,95
Deducciones o incrementos (obra oficial, reforma, etc)	0%	0,00
Suma		620,95
HONORARIOS DE PROYECTO Y DIRECCIÓN		1241,90
DIRECCIÓN Y EJECUCIÓN	5%	620,95
Deducciones o incrementos (obra oficial, reforma, etc)	0%	0,00
Suma		620,95
HONORARIOS DE DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN		620,95
HONORARIOS		1862,85
PRESUPUESTO LÍQUIDO		16641,46

El presupuesto de Ejecución Material del proyecto asciende a la cantidad de;

DIECISEISMIL SEISCIENTOS CUARENTA Y UN EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS

8. Normativa

NORMATIVA EUROPEA

Directiva 2000/60/CE del 23 de octubre del 2000, por la que se establece un marco comunitario en el ámbito de la política de aguas.

Directiva 91/271/CEE del 21 de mayo, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

NORMATIVA NACIONAL:

Real Decreto Legislativo 1/2001 del 20 de Julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. (última modificación 07/03/2018)

Real Decreto 8549/1986 del 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Real Decreto 1620/2007 del 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

Orden SCO/778/2009 del 17 de marzo, sobre métodos alternativos para el análisis microbiológico del agua para consumo humano. (Cuyos métodos son extrapolables a la medición de parámetros de aguas residuales y regeneradas)

Real Decreto 865/2003 del 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la Legionelosis.

Real Decreto 907/2007 del 6 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.

Real Decreto 509/1996 del 15 de marzo de desarrollo del RD-ley 11/1995, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Orden ARM/1312/2009 del 20 de mayo, por la que se regulan los sistemas para realizar el control efectivo de los volúmenes de agua utilizados por los aprovechamientos de agua del dominio público hidráulico, de los retornos al citado dominio público hidráulico y de los vertidos al mismo.

Ley 20/2009 del 4 de diciembre, de prevención y control ambiental de las actividades.

Ley 16/1986 del 25 de abril, de desarrollo de actuaciones para la promoción y mejora de los sistemas de eliminación y tratamiento de residuos líquidos.

Real Decreto 1341/2007 del 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño.

Real Decreto 1247/2008 del 18 de julio, por el cual se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08.

Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

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. (BOE núm. 77, de 29 de marzo de 1996).

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE núm. 97, de 23/04/1997, última actualización 04/07/2015).

Decreto de 26 de abril de 1957 por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Expropiación Forzosa.

Ley 2/2006, de 30 de junio, de Suelo y Urbanismo.

Real Decreto 2159/1978, de 23 de junio, por el que se aprueba el reglamento de planeamiento para el desarrollo y aplicación de la ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana.

Decreto 635/1964, de 5 de marzo, que aprueba el reglamento de edificación forzosa y registro municipal de solares.

Ley 20/2009 del 4 de diciembre, de prevención y control ambiental de las actividades.

NORMATIVA CÁNTABRA

Ley de Cantabria 5/2019, de 23 de diciembre, Medidas Fiscales y Administrativas (BOC 30/12/19)

Ley 2/2014, de 26 de noviembre, de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Decreto 36/2015, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Régimen Económico-Financiero del abastecimiento y saneamiento de aguas de la Comunidad Autónoma de Cantabria (BOC 29/05/2015).

NORMATIVA ESPECÍFICA (UNE, ASTM, GUÍAS, INSTRUCCIONESTÉCNICAS...)

Guía técnica para la prevención y control de la Legionelosis

Norma UNE 100030:2017. Prevención y control de la proliferación y diseminación de Legionella en instalaciones.

Norma UNE-EN 340 EPIS.

Norma UNE-EN 1508:1999, Para depósitos “Abastecimiento de agua. Requisitos para sistemas y componentes para el almacenamiento de agua”.

Norma UNE EN 752- 4:1997.

Norma UNE-EN 809/AC: 2002. Bombas y grupos motobombas para líquidos.

Requisitos comunes de seguridad.

Norma UNE-EN ISO 12100-1:2003. Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 1: Terminología básica, metodología.

UNE-EN 598:2008+A1:2009 Tuberías, accesorios y piezas especiales de fundición dúctil y sus uniones para aplicaciones de saneamiento. Requisitos y métodos de ensayo.

Norma UNE-EN ISO 12100-2:2003. Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño. Parte 2: Principios técnicos.

Norma UNE-EN 60034. Máquinas eléctricas rotativas. Características asignadas y características de funcionamiento.

Guía para la aplicación de R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de Aguas Depuradas.

ITC MIE APQ-3: Almacenamiento Cloro.

Normativa UNE-EN ISO/IEC 17025 para los sistemas de control de los análisis y muestreos rutinarios.

Norma ISO 11731 parte 1. Detección y enumeración de Legionella.

Código API 650 sobre Tanques de Almacenamiento.

NTP 494: Soldadura eléctrica al arco: Normas de seguridad.

Normas UNE 80 serie 300 de hormigón en masa o armado.

ASTM C465: Especificaciones sobre aditivos en hormigón.

Normas UNE sobre válvulas.

9. Bibliografía

1. Laenergiadelcambio.com. [En línea] [Citado el: 22 de 03 de 2020.] <http://www.laenergiadelcambio.com/como-esta-distribuida-el-agua-del-planeta/>.
2. Eacnur. [En línea] [Citado el: 25 de 03 de 2020.] https://eacnur.org/blog/acceso-al-agua-potable-reto-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/.
3. Ecured. [En línea] [Citado el: 05 de 04 de 2020.] https://www.ecured.cu/Comisi%C3%B3n_Mundial_sobre_Medio_Ambiente_y_Developmento.
4. OMS. [En línea] [Citado el: 07 de 04 de 2020.] https://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/.
5. FAO, El País. [En línea] [Citado el: 08 de 04 de 2020.] https://elpais.com/elpais/2018/05/13/planeta_futuro/1526225286_598985.html.
6. España, Gobierno de. Exteriores.gob.es. [En línea] [Citado el: 08 de 04 de 2020.] <http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/NacionesUnidas/Paginas/ObjetivosDeDesarrolloDelMilenio.aspx>.
7. Eacnur. Eacnur.org. [En línea] Febrero de 2019. [Citado el: 02 de 05 de 2020.] https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundo-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/.
8. Cortés, Jordi. Observatori Solidaritat UB. [En línea] [Citado el: 09 de 04 de 2020.] http://www.solidaritat.ub.edu/observatori/esp/itinerarios/agua/agua.htm#_ftnref1.
9. Aedyr. Aedyr.com. [En línea] 2 de 2 de 2019. [Citado el: 08 de 05 de 2020.] <https://www.aedyr.com/es/que-es-reutilizacion-agua>.
10. Ciudad, Ernesto. Agua Eco Social. [En línea] 25 de 2 de 2016. [Citado el: 10 de 05 de 2020.] <https://aguaecosocial.com/ciclo-urbano-del-agua/>.
11. ANEAS. iagua.es. [En línea] 12 de 12 de 2017. [Citado el: 11 de 05 de 2020.] <https://www.iagua.es/noticias/aneas/beneficios-reuso-agua>.
12. disenoecologicoinodoro.com. [En línea] [Citado el: 23 de 03 de 2020.] <http://disenoecologicoinodoro.blogspot.com/2016/03/diferencia-de-aguas-grises-con-aguas.html>.
13. Luxecaravanning.com. [En línea] [Citado el: 23 de 03 de 2020.] <https://www.luxecaravanning.com/blog/diferencias-y-vaciados-de-aguas-grises-y-negras-de-autocaravanas/>.
14. Hidrología sostenible.com. [En línea] [Citado el: 23 de 03 de 2020.] <http://hidrologiasostenible.com/tratamiento-y-reutilizacion/>.

15. Lucas, Humilde Martín. Iagua. [En línea] [Citado el: 22 de 03 de 2020.] <https://www.iagua.es/blogs/humilde-martin-lucas/reutilizacion-aguas-grises-practica-viable-todos>.
16. Soli clima. [En línea] [Citado el: 12 de 05 de 2020.] <https://www.soliclima.es/aguas-pluviales>.
17. Carazo, Ignacio Javier Palma. *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. Pamplona : Eunsa, 2003.
18. Iagua. [En línea] [Citado el: 2020 de 03 de 20.] <https://www.iagua.es/noticias/sewervac-iberica/eutrofizacion-causas-consecuencias-y-soluciones>.
19. Pradillo, Beatriz. Iagua. [En línea] [Citado el: 2020 de 03 de 20.] <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>.
20. Bidault, Oceane. Waterlogic. [En línea] [Citado el: 11 de 02 de 2020.] <https://www.waterlogic.es/blog/que-factores-determinan-la-calidad-del-agua/#:~:text=Par%C3%A1metros%20para%20determinar%20la%20buena%20calidad%20de%20agua&text=F%C3%ADsicos%3A%20Incluyen%20el%20sabor%2C%20olor,de%20carb%C3%B3n%20org%C3%A1nico%20en%20susp>.
21. Immunology.org. [En línea] [Citado el: 20 de 03 de 2020.] <https://www.immunology.org/es/public-information/bitesized-immunology/pathogens-and-disease/nematodos-par%C3%A1sitos-del-intestino>.
22. Revista Costarricense de Salud Pública. [En línea] [Citado el: 20 de 03 de 2020.] https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-1429200000200006.
23. Mayo Clinic. [En línea] [Citado el: 20 de 03 de 2020.] <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/e-coli/symptoms-causes/syc-20372058>.
24. Gidahatari. [En línea] [Citado el: 20 de 03 de 2020.] <http://gidahatari.com/ih-es/que-pasa-si-el-agua-potable-contiene-escherichia-coli>.
25. Grundfos. [En línea] [Citado el: 20 de 03 de 2020.] <https://in.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/suspended-solids.html>.
26. Aguasresiduales.info. [En línea] [Citado el: 20 de 03 de 2020.] <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/los-solidos-en-el-agua-maneje-sus-solidos-y-mejore-su-efluente>.
27. Lenntech. [En línea] [Citado el: 21 de 03 de 2020.] <https://www.lenntech.es/turbidez.htm>.
28. Agrega. [En línea] 21 de 03 de 2020. http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/09022011/10/es-an_2011020913_9133022/MTI_007-07/pagina310.html.

29. Ecovidasolar. [En línea] [Citado el: 21 de 03 de 2020.] <https://www.ecovidasolar.es/blog/ph-en-el-cuerpo-y-ph-en-el-agua/>.
30. Facsa. [En línea] [Citado el: 21 de 03 de 2020.] <https://www.facsa.com/la-dureza-del-agua/>.
31. hannacolombia.com. [En línea] [Citado el: 22 de 03 de 2020.] <https://www.hannacolombia.com/blog/post/85/determinacion-nitrogeno-total-kjeldahl>.
32. menorca, Bonsai. Bonsai Menorca. [En línea] [Citado el: 21 de 03 de 2020.] <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/>.
33. Creaf.cat. [En línea] [Citado el: 22 de 03 de 2020.] <http://www.creaf.cat/es/caracterizacion-y-composicion-quimica-de-la-lluvia>.
34. Rodríguez, R. igme.es. [En línea] [Citado el: 11 de 03 de 2020.] https://www.igme.es/Boletin/2004/115_esp_2004/ARTICULO%207.pdf.
35. Aguasresiduales.info. [En línea] [Citado el: 22 de 03 de 2020.] <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/aguas-grises-origen-composicion-y-tecnologias-para-su-reciclaje>.
36. Colubriscleantech. [En línea] 19 de 07 de 2020. <https://www.colubriscleantech.com/es-es/5-ventajas-de-las-aguas-residuales>.
37. Interempresas. [En línea] [Citado el: 20 de 07 de 2020.] <http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Tratamiento-de-reciclado-de-aguas-grises-y-pluviales-62659.html>.
38. Idiaqua. [En línea] [Citado el: 20 de 07 de 2020.] <http://idiaqua.eu/web/wp-content/uploads/2018/07/monografico3.pdf>.
39. Asociación española de empresas de tratamiento y control de aguas. aquaespana.org. [En línea] [Citado el: 07 de 09 de 2020.] <https://www.aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Guia.tecnica%20grises.pdf>.
40. Tizón, Alberto Soriano Rull/ Marta Olver. *Reutilización y aprovechamiento de aguas grises y pluviales en edificios*. 2020.
41. 2lagua. [En línea] [Citado el: 20 de 07 de 2020.] <https://www.iagua.es/blogs/humilde-martin-lucas/reutilizacion-aguas-grises-practica-viable-todos>.
42. Bermejo, David y Echarri, Victor. Universidad de Alicante. [En línea] [Citado el: 14 de 09 de 2020.] https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/29576/1/MEMORIA_TFM_sep_2012_David_Bermejo.pdf.

43. Interempresas. [En línea] [Citado el: 19 de 07 de 2020.] <http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Tratamiento-reciclado-de-agua-62658.html>.
44. Ecodena. Ecodena.com. [En línea] [Citado el: 24 de 09 de 2020.] https://ecodena.com/descargas/Nota_informativa_sobre_filtros_biologicos_y_percoladores_para_viviendas.pdf.
45. Depositosparaliquidos. depositosparaliquidos. [En línea] [Citado el: 14 de 11 de 2020.] depositosparaliquidos.com.
46. Danosa. portal.danosa.com. [En línea] [Citado el: 15 de 11 de 2020.] <https://portal.danosa.com/danosa/CMServlet?node=LaminasSinteticasEPDM&lng=1&site=1>.
47. Alario, Enrique. Socyr. [En línea] [Citado el: 24 de 09 de 2020.] <https://www.socyr.com/que-es-el-epdm/>.
48. Ecodena. ecodena.com. [En línea] [Citado el: 24 de 09 de 2020.] https://ecodena.com/descargas/Nota_Informativa_Oxidaciontotal_Ecofamily.pdf.
49. Puig, Jordi. blog de agua. [En línea] [Citado el: 27 de 09 de 2020.] <http://blogdeagua.es/depuradoras-oxidacion-total/>.
50. Vitaqua. Vitaqua. [En línea] [Citado el: 10 de 11 de 2020.] <http://vitaqua.es/depuracion-de-aguas-residuales-urbanas-industriales/>.
51. Bazán, Fernando Romero. Aguasresiduales.info. [En línea] [Citado el: 10 de 11 de 2020.] <https://www.aguasresiduales.info/expertos/tribuna-opinion/biodiscos-la-solucion-perfecta-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-pequenas-pobl-amVHc>.
52. pozuelo, Canalones. Canalones Pozuelo. [En línea] [Citado el: 17 de 11 de 2020.] <http://canalonespozuelo.net/canalones-y-bajantes/item/83-bajante-redonda-de-80.html>.
53. Eduardo García, María Paz Ibáñez, Gonzalo Mosqueira. Observatorioiagua. [En línea] [Citado el: 22 de 11 de 2020.] http://observatoriaigua.uib.es/repositori/suds_analisis_2012.pdf.
54. Depurpack SL. Depurpack.com. [En línea] [Citado el: 22 de 11 de 2020.] https://tiendaonline.depurpack.com/epages/940848786.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/940848786/Products/BIOX06.
55. Depurpack. Depurpack. [En línea] [Citado el: 22 de 11 de 2020.] https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qfEPYrnamfUJ:https://www.depurpack.com/1/upload/1_catalogo_general_dk_web.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=es.
56. Autosolar. Autosolar. [En línea] [Citado el: 04 de 12 de 2020.] <https://autosolar.es/bombas-de-agua-24v/bomba-sumergible-shurflo-9300-24v-70m>.

57. Construmatica. Construmatica.com. [En línea] [Citado el: 10 de 12 de 2020.] https://www.construmatica.com/construpedia/Ejecuci%C3%B3n_de_Zanjas_para_las_Obras_de_Construcci%C3%B3n_de_Colectores.
58. Torrent. Desatascosvalenciatorrent.es. [En línea] [Citado el: 10 de 12 de 2020.] <https://www.desatascosvalenciatorrent.es/construccion-arquetas-sifonicas-valencia.php>.
59. AQUAE, FUNDACION. [En línea] 11 de 2012. <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/agua-y-vida/agua-dulce-salada/>.
60. Unicef. [En línea] <https://www.unicef.es/prensa/casi-750-millones-de-personas-aun-carecen-de-agua-potable-adeuada>.
61. Tratamiento y reutilización. [En línea] <http://hidrologiasostenible.com/tratamiento-y-reutilizacion/>.
62. BOE. boe.es. [En línea] [Citado el: 2020 de 03 de 20.] <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-21092-consolidado.pdf>.
63. elsevier.es. [En línea] [Citado el: 22 de 03 de 2020.] <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-argentina-microbiologia-372-articulo-presencia-legionella-spp-depositos-domiciliarios-S0325754116300554>.
64. *Composición química de las precipitaciones, deposición de sales y evaluación de la recarga en la región Oriental de Cuba*. Rodríguez, Bejarano, Riverón, Carmenate.
65. Interempresas. [En línea] [Citado el: 19 de 07 de 2020.] <http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Tratamiento-reciclado-de-agua-62658.html>.
66. Fomento, Ministerio de. codigotecnico.org. [En línea] [Citado el: 09 de 08 de 2020.] <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DBHS.pdf>.
67. Aedyr. aedyr.com. [En línea] [Citado el: 17 de 09 de 2020.] <https://aedyr.com/diferencias-microfiltracion-ultrafiltracion-nanofiltracion-osmosis-inversa/>.
68. Melgarejo, Joaquín. Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España. [En línea] [Citado el: 17 de 09 de 2020.] <https://core.ac.uk/download/pdf/19336667.pdf>.
69. Comas, Víctor. Interempresas. [En línea] [Citado el: 17 de 09 de 2020.] <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/101667-Claves-del-proceso-de-filtracion-por-membranas-tecnicas-y-aplicaciones.html>.
70. Yacutec. Yacutec. [En línea] [Citado el: 17 de 09 de 2020.] https://yacutec.com/tecnologias-depuracion/tecnologias-depuracion_biorreactor-de-membrana.asp.

71. Fábregas, Jordi. Aigues.net. [En línea] [Citado el: 17 de 09 de 2020.] <https://www.aigues.net/introduccion-a-las-membranas-iii-externas-vs-sumergidas/>.
72. Facultad de ciencia y tecnología. Facultad de ciencia y tecnología de Leioa. *Biorreactores de membrana*. 2008.
73. Alemany, Josep. Interempresas.net. [En línea] [Citado el: 20 de 09 de 2020.] <https://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/9137-Tratamiento-fisico-quimico-compacto-de-aguas-residuales-industriales.html>.
74. Trabinox. Trabinox.net. [En línea] [Citado el: 20 de 09 de 2020.] <https://www.trabinox.net/es/fisico.php>.
75. Ingeoexpert. Ingeoexpert. [En línea] [Citado el: 20 de 09 de 2020.] <https://ingeoexpert.com/articulo/tratamientos-fisicos-las-tecnologias-depuracion-aguas-residuales/?v=04c19fa1e772>.
76. Condorchem envitech. [En línea] [Citado el: 20 de 09 de 2020.] <https://condorchem.com/es/tratamiento-biologico-aguas-residuales/>.



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

ANEJOS



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

ANEJO 1: CÁLCULO DE CAUDALES

ANEJO 1. CÁLCULO DE CAUDALES

1.1. CAUDAL GENERADO	2
1.1.1 AGUAS GRISES	2
1.1.2 AGUAS PLUVIALES	4
1.2. CAUDAL DEMANDADO	6

1.1. CAUDAL GENERADO

1.1.1 AGUAS GRISES

Para el estudio pormenorizado de la aportación de aguas grises de origen al equipo, se considerarán, entre otros aspectos, el número de usuarios de la vivienda, el número de servicios de ducha o bañera diarios que se efectúa por cada uno de los usuarios y la cantidad de litros o volumen de agua consumido en cada servicio.

Por ello, se ha decidido hacer un cálculo de las aguas grises generadas, para comprobar si pueden satisfacer la demanda exigida por la vivienda para los usos establecidos (recarga de cisternas y riego de jardines).

Teniendo en cuenta que los aparatos que generan aguas grises en la vivienda son los siguientes:

- Baño: duchas y lavabos.
- Cocina: lavavajillas, lavadoras y fregaderos. (1)

Se va a proceder a calcular la cantidad de agua gris generada por cada uno de ellos:

- Baño:
 - **Lavabo:** en condiciones normales, 10 litros/habitante-día
 - **Ducha:** utilizando 2-5 minutos por persona y día, con un consumo de 15-25 litros/min, un uso de 6 veces semanales, su demanda es de 25-105 litros/hab-día.
- Cocina:
 - **Lavavajillas:** tiene un consumo de 25-50 litros por ciclo. Utilizándolo una vez al día, la demanda sería de 6-12 litros/hab-día.
 - **Lavadora:** se tienen unos valores de entre 42 y 62 litros con una lavadora de 7kg, y el consumo baja hasta 39-52 litros si la lavadora es de 5kg. (2) En este caso, se dispone de una lavadora de 5kg, por lo que se utilizarán los valores 39-52 litros. En España se hacen una media de 22 coladas al mes, o lo que es lo mismo, 5,5 coladas semanales. (3) Sabiendo que hay una media de 2,5 habitantes por vivienda, se tiene que el consumo es de 12-14 litros/hab-día
 - **Fregadero:** consumen unos 4 litros por persona y comida, por lo que la demanda total fluctuaría entre los 8-12 litros/hab-día. (1)

A continuación, se muestra una tabla resumen con los consumos de todos los aparatos a tener en cuenta en el proyecto:

USO		MÍNIMO	MEDIO	MAXIMO
BAÑO	Lavabo	8	10	12
	Ducha	25	65	105
	Lavavajillas	6	9	12
COCINA	Lavadora	12	13	14
	Fregadero	8	10	12

Tabla 1. Consumos de aparatos de proyecto. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, el total del consumo diario de una vivienda puede situarse en 107 litros/día·hab.

La estimación de personas residentes en la casa es de 4, por lo que se consumirán 428litros/día; 156.220 litros/año.

A_{GRIS}= 156.220 litros/año

1.1.2 AGUAS PLUVIALES

Además de las aguas grises, para el dimensionamiento de la red de tratamiento habrá de tenerse en cuenta el volumen de aguas pluviales generado. Para la obtención de este dato, se debe recurrir a los datos pluviométricos para la zona geográfica en la que se encuentra la vivienda.

Tales datos pueden obtenerse fácilmente consultando los valores medios de pluviometría en el centro meteorológico más cercano al emplazamiento de la instalación.

En el caso de la vivienda de proyecto, se ha estimado oportuno recoger la información pluviométrica de Santander, la cual hace referencia a la media anual característica, la cual es:

$$h=1246 \text{ l/m}^2$$

La intensidad pluviométrica puede obtenerse también de la tabla correspondiente a la figura mostrada a continuación, en función de la línea imaginaria que une los puntos con una misma media de pluviometría, o también llamada isoyeta, y de la zona pluviométrica correspondiente a la localidad en estudio, mediante el mapa de la figura



Figura 1. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas. Fuente: Reutilización y aprovechamiento de aguas grises y pluviales en edificios. (Soriano Rull-Oliver Tizón) (4)

Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

Tabla 2. Tabla complementaria para obtención de intensidad pluviométrica. Fuente: Reutilización y aprovechamiento de aguas grises y pluviales en edificios. (Soriano Rull-Oliver Tizón) (4)

Por todo ello, el volumen disponible de agua de lluvia que puede generarse potencialmente para una frecuencia temporal en diferentes áreas se define mediante la siguiente fórmula:

$$A_{II} = \sum A_i \cdot h_i \cdot e_i \cdot n_i$$

Donde:

- Yr: producción de agua de lluvia por frecuencia temporal t, expresada en litros (l)
- A: proyección horizontal de la superficie de recogida, expresada en metros cuadrados (m²)
- h: precipitación total para la frecuencia temporal dada t, expresada en milímetros (mm o l/m²).
- e: coeficiente de rendimiento de la superficie-
- n: coeficiente de eficacia del tratamiento de hidráulico (0,9).

Composición de tejado o cubierta	Coeficiente de rendimiento (e)
Cubierta inclinada de superficie suave	0,9
Cubierta inclinada de superficie rugosa	0,8
Cubierta plana sin grava	0,8
Cubierta plana con grava	0,7
Cubierta vegetal intensiva (jardín)	0,3
Cubierta vegetal extensiva	0,5
Áreas selladas (por ejemplo, asfalto)	0,8
Áreas no selladas (por ejemplo, adoquines)	0,5

Tabla 3. Coeficientes de rendimiento en superficies de edificios según Norma UNE-EN 16941-1:2019. Fuente: Reutilización y aprovechamiento de aguas grises y pluviales en edificios. (Soriano Rull-Oliver Tizón) (4)

En este caso, se tiene una cubierta inclinada de superficie suave, por lo que el coeficiente de rendimiento será 0,9.

El coeficiente de eficacia del tratamiento hidráulico (n) es la relación entre el caudal de agua de lluvia que entra en el equipo (depósito de recogida) y el caudal de salida de agua, una vez efectuados los tratamientos previstos en el interior del equipo (en el caso de que se establezca algún tipo de tratamiento), puesto que siempre hay una pequeña merma entre estos dos valores. Puede establecerse un valor de 0,9.

$$A_{II} = 152 \cdot 1246 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 153.407 \text{ l/año}$$

Por lo tanto, el total de agua captada será de:

$$A_T = A_{GRIS} + A_{lluvia} = 156.220 + 153.407 = 309.627 \text{ l/año}$$

1.2. CAUDAL DEMANDADO

El cálculo de necesidades se estimará teniendo en cuenta los rangos de demanda, expresados en la siguiente tabla:

Aplicación	Demanda estimada
Recarga de cisternas de inodoro-WC	18-45litros/persona/día
Riego de jardines	2-6 litros/m ² /día

Tabla 4. Valores orientativos para estimar la demanda de aguas grises necesaria. Fuente: Reutilización y aprovechamiento de aguas grises y pluviales en edificios. (Soriano Rull-Oliver Tizón) (4)

En materia de recarga de cisternas de inodoro, se sabe que se desea estimar la demanda para 4 personas que van a habitar la vivienda durante todo el año, por lo que la demanda total será de:

$$D_{\text{inodoro}} = \frac{18+45}{2} \cdot 4 \text{ personas} \cdot 365 \text{ días} = 45990 \text{ litros/año}$$

En cuanto al riego de jardines, se pueden conocer las dimensiones del mismo toda vez es sabido que:

- Dimensiones de la parcela: 30x20 m²
- Dimensiones de la casa: 20x7,6m²
- Dimensiones de la caseta: 4x4m²

Además, se sabe que la casa dispone únicamente de jardín en la parte trasera, en la que se ubica la caseta, por lo que el total de los m² de jardín serán:

$$A_{\text{jardín}} = 170 \text{ m}^2$$

Sabiendo que el área del jardín es de 170m², se puede saber que:

$$D_{\text{JARDÍN}} = \frac{2+6}{2} \cdot 170 \text{ m}^2 \cdot 365 = 248.200 \text{ litros/año}$$

Por lo que se tiene que:

$$D_{\text{TOTAL}} = D_{\text{JARDÍN}} + D_{\text{inodoro}} = 45.990 + 248.200 = 294.190 \text{ litros/año}$$

ANEJO 2: DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE RECOGIDA DE AGUA

Contenido

1. Descripción del sistema	1
2. Dimensionado.....	1
2.1. Aguas grises.....	1
2.1.1. Caudal de descarga	2
2.1.2. Cálculo de bajantes	3
2.1.3. Cálculo de colectores	6
2.1.4. Cálculo de arquetas.....	7
2.2. Aguas pluviales	8
2.2.1. Red de pequeña evacuación de aguas pluviales.....	10
2.2.2. Canalones	11
2.2.3. Bajantes pluviales	11
2.2.4. Colectores pluviales	12
2.2.5. Arquetas pluviales.....	14
2.3. Aguas mixtas	15
2.3.1. Colector mixto	15
1.1.1. Arqueta mixta	15

1. Descripción del sistema

Las instalaciones interiores de agua en los edificios están reguladas por el Código Técnico de la Edificación DB-HS-5, aprobado por el Real Decreto 314/2006. Dicho Documento Básico (HS-5), corresponde a la evacuación de aguas. (44)

Mediante este anejo, se pretende dimensionar todos los sistemas necesarios para la correcta evacuación de aguas pluviales y grises, de tal manera que cumplan con las medidas necesarias establecidas por el mencionado Documento Básico.

Las aguas pluviales y las aguas residuales deben disponer de distintos sistemas, y después hacer la conversión.

2. Dimensionado

2.1. Aguas grises

Para las aguas grises, se establece el número de UD (Unidades de Desagüe) para cada aparato conectado a la red y su correspondiente diámetro mínimo en función del uso (público o privado).

Se deben conocer una serie de parámetros para poder realizar los cálculos de dimensionamiento.

- Uso del edificio: en este caso, el uso del edificio está dedicado a vivienda, por lo que el uso será privado.
- La pendiente de los colectores se ha estimado en un 2%.
- La casa dispone de 2 plantas.

2.1.1. Caudal de descarga

Mediante la siguiente tabla, se pueden conocer las unidades por cada aparato, así como el diámetro mínimo a disponer en función de cada aparato. Esto viene regulado por el mencionado Documento Básico de Salubridad HS-5. (44)

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	4	100	100
	Con fluxómetro	8	100	100
Urinario	Pedestal	-	4	50
	Suspendido	-	2	40
	En batería	-	3.5	-
Fregadero	De cocina	3	6	40
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	-
Lavadero	3	-	40	-
Vertedero	-	8	-	100
Fuente para beber	-	0.5	-	25
Sumidero sifónico	1	3	40	50
Lavavajillas	3	6	40	50
Lavadora	3	6	40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	7	-	100
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	-	100
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100

Tabla 1. UD's correspondientes a los distintos aparatos sanitarios. Fuente: DB-HS-5

Para conocer el número de unidades totales a tener en cuenta, basta con sumar la cantidad de unidades que precisa cada aparato en cada uno de los distintos baños y la cocina.

En este caso, la vivienda consta de:

· 1 baño en el piso inferior que incluye:

- Bañera: 3 UD
- Lavabo 1UD

· 2 baños en el piso superior, cada uno de los cuales consta de:

- Ducha: 2UD
- Lavabo: 1UD

· Cocina:

- Lavavajillas: 3UD
- Lavadora: 3UD
- Fregadero: 3UD

2.1.2. Cálculo de bajantes

El diámetro de las bajantes es el mayor de los valores obtenidos para el máximo número de UD en la bajante y en cada ramal, dependiendo del número de plantas del edificio, y se obtiene en la siguiente tabla: (44)

Tabla 4.4 Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

Tabla 2. Diámetro de las bajantes. Fuente: Código Técnico.

En este caso, todas las bajantes tienen un único ramal, salvo la bajante número 2, que tiene 2 ramales, pero en ninguno de los casos el número total de unidades pasa de 10, por lo que siempre será más restrictivo el máximo de UD en cada ramal.

La disposición final de las bajantes quedará de la siguiente manera:

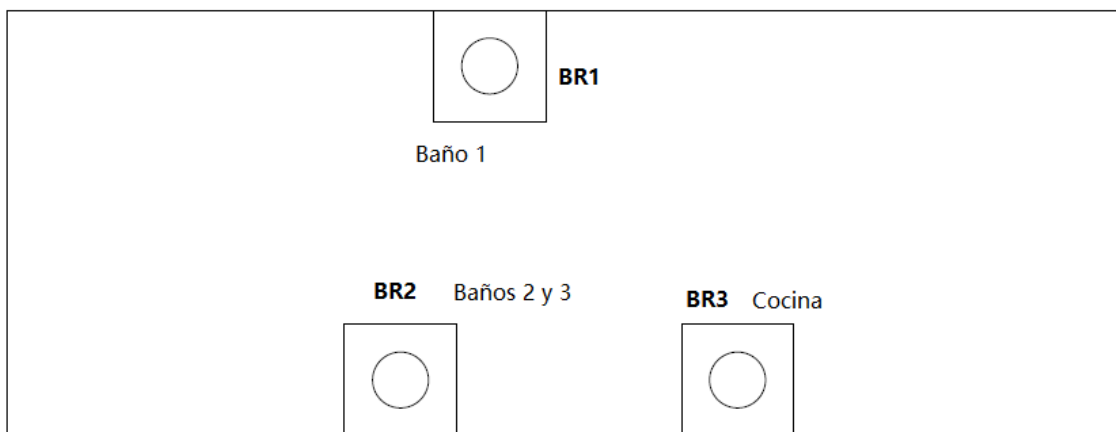


Imagen 1. Esquema aguas grises. Fuente: elaboración propia.

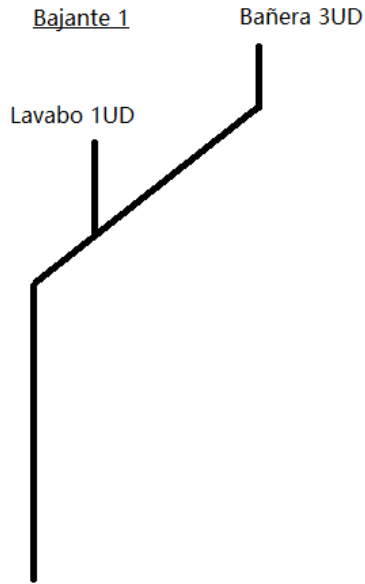


Imagen 2. Bajante 1. Fuente: Elaboración propia

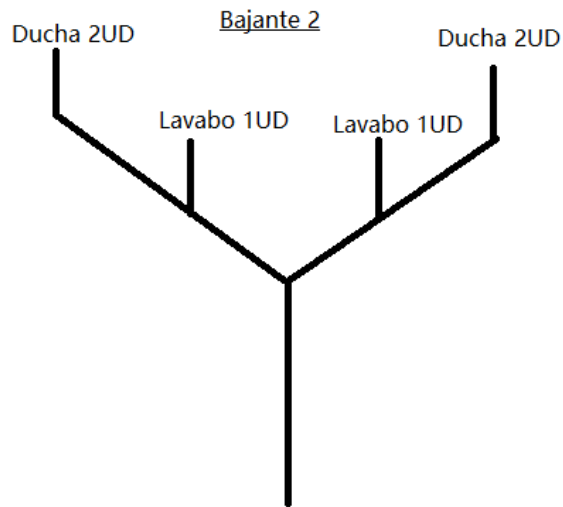


Imagen 3. Bajante 2. Fuente: elaboración propia

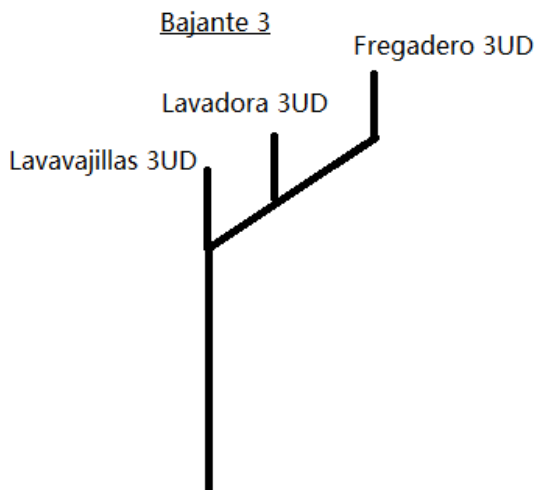


Imagen 4. Bajante 4. Fuente: elaboración propia.

Bajante de aguas grises	Número de unidades
1	4UD
2	3UD
3	9UD

Tabla 3. Número de unidades por bajante

Además, se facilitan también los diámetros mínimos a disponer en función de los aparatos habidos en la vivienda:

	Aparato sanitario	Diámetro mínimo (mm)
Baños 2 y 3	Lavabo	32
	Ducha	40
Cocina	Fregadero	40
	Lavavajillas	40
	Lavadora	40
Baño 1	Bañera	32
	Lavabo	40

Tabla 4. Diámetro mínimo. Fuente: elaboración propia.

Bajante de aguas grises	Diámetro (mm)
1	50
2	50
3	63

Tabla 5. Bajantes. Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Cálculo de colectores

Los colectores del edificio deben desaguar por gravedad, en el pozo o arqueta de conexión con la red de alcantarillado público, mediante la correspondiente acometida.

El diámetro de los colectores horizontales se obtiene en la siguiente tabla en función del máximo número de UD y de la pendiente. (44)

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8.300	10.000	12.000	350

Tabla 6. Diámetro de los colectores horizontales. Fuente: Código Técnico.

Como se ha mencionado anteriormente, se ha dispuesto una pendiente de un 2%. Cabe resaltar que el número de unidades viene definido por el número total de unidades que hayan descendido por las bajantes anteriores a dicho colector. A continuación, se muestra una imagen explicativa:

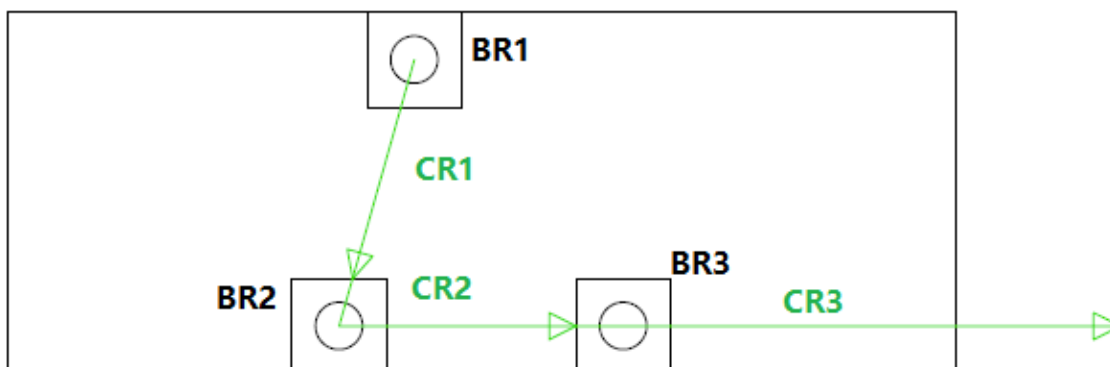


Imagen 5. Esquema de aguas grises con colectores. Fuente: elaboración propia.

Colector	Número de unidades	Diámetro
1	4	50
2	10	50
3	19	63

Tabla 7. Unidades por colector. Fuente: elaboración propia.

En el caso del tercer colector, pese a cumplir con un diámetro de 50mm, es necesario disponer un diámetro de 63mm, ya que el diámetro de la bajante (BR3) es de 63mm.

2.1.4. Cálculo de arquetas

Las dimensiones mínimas de las arquetas pueden establecerse mediante la siguiente tabla: (44)

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90	

Tabla 8. Dimensiones de arquetas. Fuente: código técnico.

Cabe resaltar que la dimensión de cada arqueta viene marcada por el diámetro del colector de salida que haya dispuesto inmediatamente después de dicha arqueta.

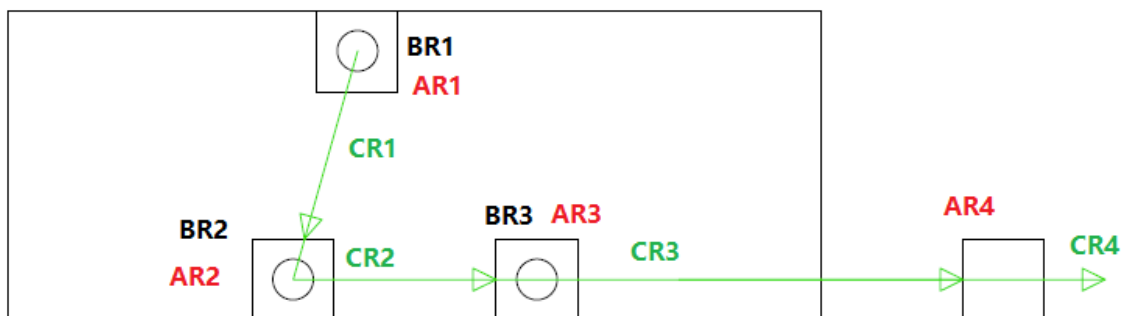


Imagen 6. Arquetas residuales. Fuente: elaboración propia.

Arquetas	Colector de salida	UD colector	Dimensiones
1	1	4	40x40
2	2	10	40x40
3	3	19	40x40
4	4	19	40x40

Tabla 9. Dimensionamiento de arquetas. Fuente: elaboración propia.

2.2. Aguas pluviales

Para poder dimensionar correctamente todos los sistemas del apartado pluviométrico, es necesario recurrir al mapa de isoyetas y zonas pluviométricas. (44)



Imagen 7. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas. Fuente: código técnico.

Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

Tabla 10. Intensidad pluviométrica i mm/h

Por defecto, en el método de dimensionado del HS se toman por defecto los valores regulados bajo una intensidad pluviométrica $i=100\text{mm/h}$. Para poder hacer los cálculos con la intensidad pluviométrica correspondiente a la zona de la vivienda seleccionada, ha de multiplicarse la superficie por el factor "f".

Se conoce que la ubicación de la vivienda es el municipio de Arnúero, en Cantabria, lo que supone que la Isoyeta correspondiente sea 50. Por lo tanto, sabiendo que la zona es A, puede deducirse que la intensidad pluviométrica es $i= 155\text{mm/h}$.

$$f = \frac{i}{100} = \frac{155}{100} = 1,55$$

Se sabe que las dimensiones del tejado son de 20*7,6, lo que da lugar a una superficie total de:

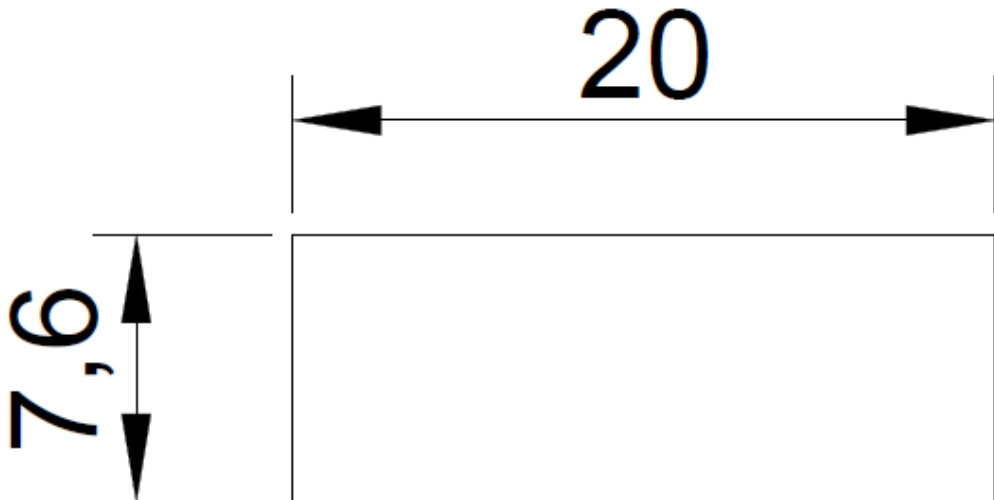


Imagen 8. Dimensiones del tejado.

$$S = 20 * 7,6 = 152m^2$$

Una vez conocido el factor f, este pasa a multiplicarse por la superficie real de recogida de pluviales, obteniéndose de esta manera la superficie de cálculo:

$$S_c = 1.55 * 152 = 235,6m^2$$

Se sabe que en la vivienda se dispone de una cubierta a dos aguas simétricas, por lo que cada una de ellas deberá disponer de sumideros, canalón, bajantes, colectores y arquetas independientes. Por ello, se ha dividido el resultante de la superficie de cálculo entre 2. Las bajantes correspondientes a cada tramo se dispondrán en lugares que permitan su posible revisión en caso de avería.

$$S_c = 235,6/2 = 117,8m^2$$

2.2.1. Red de pequeña evacuación de aguas pluviales

El agua precipitada debe ser evacuada por los sumideros, debiendo colocar tantos como sean necesario. Cuanto mayor sea la superficie de la cubierta, mayor número de sumideros deberán disponerse. Esto está regulado mediante el HS, en la siguiente tabla: (44)

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m ²

Tabla 11. Número de sumideros. Fuente: código técnico.

Para una superficie de 117,8m², se deben disponer **3 sumideros** por cubierta.

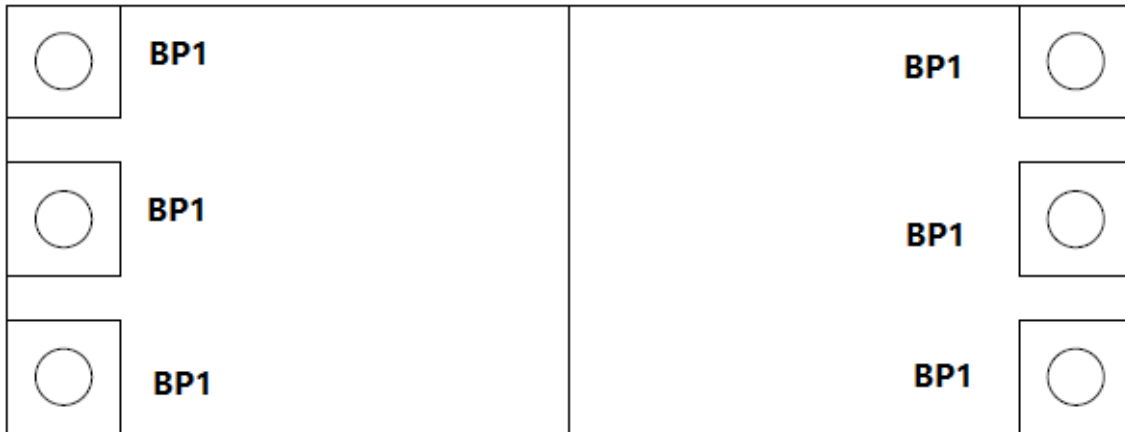


Imagen 9. Esquema de bajantes pluviales. Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Canales

El diámetro nominal del canalón se calcula en función de la pendiente del propio canalón y de la máxima superficie de cubierta en proyección horizontal, dividida entre el número de sumideros. Una vez conocidas ambos datos, la siguiente tabla marca el diámetro necesario.

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Pendiente del canalón	Diámetro nominal del canalón (mm)
0.5 %	1 %	2 %	4 %		
35	45	65	95		100
60	80	115	165		125
90	125	175	255		150
185	260	370	520		200
335	475	670	930		250

Tabla 12. Diámetro del canalón. Fuente: código técnico.

$$Sc = \frac{117,8}{3} = 39,26m^2$$

En el caso de la vivienda proyecto, para una pendiente del 2% y una superficie de 39,26 m², el diámetro nominal del canalón debe ser de **100mm**.

$$\Phi_{canalón} = 100mm$$

2.2.3. Bajantes pluviales

Las bajantes son las tuberías verticales que llevan el agua desde el canalón hasta los colectores.

El diámetro de las bajantes depende de:

- La superficie de cubierta en proyección horizontal cuyas aguas recoge.
- El índice pluviométrico de la zona en la que se encuentra la casa.
- El número de sumideros.
- El área del canalón. La superficie de la bajante no debe ser menor que la superficie del canalón del que se nutre.

En el caso de la vivienda en Arnauero, se ha calculado previamente la superficie que debe recoger cada sumidero, siendo esta, una vez corregida mediante el índice pluviométrico, de Sc=39,26m².

Se sabe, además, que el diámetro del canalón, de sección semicircular, es de 100mm.

El área de un semicírculo puede conocerse fácilmente con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi * r^2}{2} = \frac{\pi * 50^2}{2} = 1250\pi$$

El área de la bajante, de sección circular, se conoce mediante la siguiente ecuación:

$$A = \pi * r^2$$

Sabiendo que el área de la bajante debe ser al menos la misma que la del canalón, igualando el área del canalón a la ecuación del área de la bajante, se puede conocer el radio mínimo a disponer en la mencionada bajante.

$$\pi * r^2 = 1250\pi$$

$$r = \sqrt{\frac{1250\pi}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{1250} = 35,35mm$$

Por lo tanto, se debe disponer de un diámetro de bajante de al menos 70,7mm.

El Documento Básico facilita una tabla para que, una vez conocidos la superficie en proyección horizontal (39,26m²), y el diámetro mínimo a disponer por la existencia del canalón (70,7mm), pueda deducirse el diámetro nominal de la propia bajante. (44)

Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Tabla 13. Bajantes de pluviales.

Para una superficie de 39,26m², el diámetro nominal de la bajante mediante la tabla del Documento Básico debería ser de 50mm, pero el canalón impide que sea menor de 70,7mm, por lo que se toma como diámetro final 75mm.

$$\Phi_{bajante} = 75mm$$

Cabe resaltar que todas las bajantes tendrán el mismo diámetro, dado que todas ellas tienen asignada la misma superficie.

2.2.4. Colectores pluviales

Los colectores recogen las aguas pluviales que les derivan las bajantes, para después unirse todos ellos en un colector principal.

El dimensionamiento de dichos colectores estará asociado a:

- La pendiente del colector
- La superficie en proyección horizontal de la cubierta.
- Número de sumideros
- El índice pluviométrico de la zona en la que se encuentra la casa.

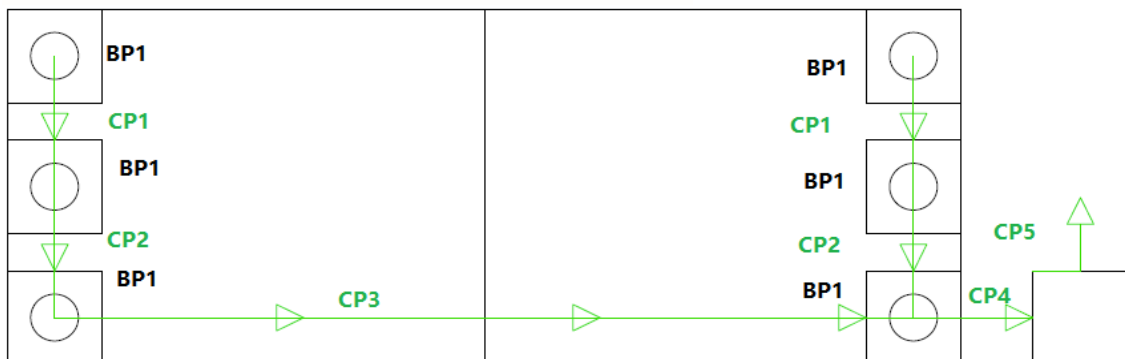


Imagen 10. Esquema bajantes y colectores. Fuente: elaboración propia.

A diferencia de las bajantes, no todos los colectores han de tener el mismo diámetro, ya que a medida que estos van recogiendo más agua a través de las bajantes, pueden necesitar una mayor sección. Para dimensionarlos, se recurre a la siguiente tabla: (44)

Superficie proyectada (m ²)			Diámetro nominal del colector (mm)
Pendiente del colector			
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Tabla 14. Diámetros de colectores pluviales. Fuente: código técnico.

Colector	Superficie	Diámetro
1	39,26	90
2	78,52	90
3	117,78	90
4	235,56	110
5	235,56	110

Tabla 15. Diámetro de los colectores pluviales. Fuente: elaboración propia.

Puede observarse como el primer colector de cada lado de la cubierta solo recoge la superficie proporcional a 1 bajante, pero el segundo recoge lo equivalente a 2 bajantes, el tercero a 3 bajantes, y, por último, el colector 4 recoge lo equivalente a 6 bajantes, por lo que su diámetro debe aumentarse a 110mm, que se mantiene para el quinto y último colector.

2.2.5. Arquetas pluviales

Para las arquetas pluviales, al igual que con las arquetas residuales, basta con observar el diámetro del colector de salida de cada una de ellas para poder dimensionarlas.

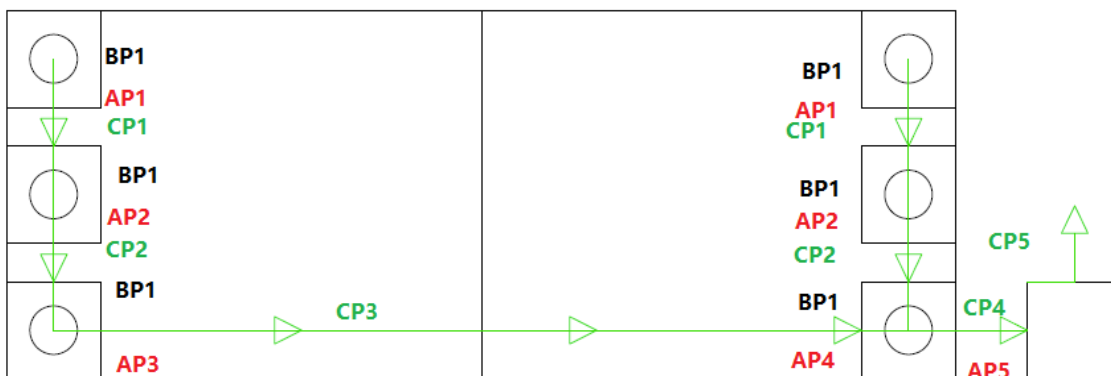


Imagen 11. Arquetas pluviales. Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se recogen las dimensiones mínimas en función del diámetro del colector:

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Tabla 16. Dimensiones de arquetas. Fuente: código técnico

Arqueta	Diámetro colector de salida	Dimensión de arqueta
1	90	40x40
2	90	40x40
3	90	40x40
4	110	50x50
5	110	50x50

Tabla 17. Dimensiones de arquetas.

2.3. Aguas mixtas

2.3.1. Colector mixto

Para dimensionar el colector mixto, se procede a realizar la conversión de las aguas grises a aguas pluviales.

La transformación de las UD en superficie equivalente para un régimen pluviométrico de 100mm/h se efectúa con el siguiente criterio:

- a) Para un número de UD menor o igual que 250 la superficie equivalente es de 90m²
- b) Para un número de UD mayor que 250 la superficie equivalente es de 0,36 x n^oUD m².

En este caso, se tiene un número de UD muy inferior a 250, y se ha adoptado un régimen pluviométrico es de 100mm/h, por lo que se toma la superficie equivalente de 90m².

Por lo tanto, la superficie equivalente es de:

$$S_{total} = 90 + 235,56 = 325,56m^2$$

Superficie proyectada (m ²)			Diámetro nominal del colector (mm)
Pendiente del colector			
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Tabla 18. Diámetros de colectores mixtos. Fuente: código técnico.

Teniendo una superficie de 325,56m², se tiene que el diámetro nominal del colector será de:

$$\phi_{colector\ mixto} = 125mm$$

1.1.1. Arqueta mixta

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Tabla 19. Dimensiones de arquetas. Fuente: código técnico

Se tiene una arqueta mixta de dimensiones:

$$Arqueta\ mixta = 50x50$$



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

BILBOKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE BILBAO

ANEJO 3: ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

El fin del estudio pluviométrico es poder conocer el régimen extremo de lluvias en la zona geográfica en la que se encuentra la vivienda, para así poder obtener las precipitaciones máximas diarias. Conocer este dato es de vital importancia para el dimensionamiento de la arqueta de aguas pluviales.

El hecho de que las precipitaciones se den de manera irregular, ya sea tanto a nivel estacional, como a nivel diario y horario, condiciona el diseño de la mencionada arqueta, ya que esta deberá ser capaz de evacuar toda el agua que le llegue, para así evitar la obstrucción del sistema de tratamiento.

Para ello, en el presente anejo se determinará la precipitación máxima que podría darse en la zona de estudio.

A continuación, se muestran los valores de la precipitación acuosa en mm, en la ciudad de Santander, localizada a pocos kilómetros de la vivienda de estudio.

Precipitación Santander 2015

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
218,8	263,4	149,5	25	36,1	34,9	64,4	41,6	73,2	60,4	107,3	21

Tabla 1. Precipitación acuosa en la ciudad de Santander en mm. Fuente: AEM (1)

Puede observarse que la precipitación sufre una variación mensual y estacional muy importante, siendo los 3 primeros meses del año los que mayores precipitaciones se tienen. Por lo tanto, se deberá dimensionar la arqueta de pluviales para poder afrontar la precipitación de febrero, mes en el que mayores lluvias se tienen.

Precipitación mensual máxima: 263,4mm

Por lo que el dato de partida necesario para poder estimar el caudal punta para el dimensionamiento del vertedero será:

Precipitación mensual máxima: 270mm

ANEJO 4: DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO DE EVACUACIÓN FORZADA

4.1. Introducción de los parámetros iniciales

Para dimensionar el equipo de evacuación forzada hay que tener en cuenta diversos factores:

- Tipo de edificio o número de plantas por debajo de la red de saneamiento.
- Tipo de aguas a evacuar: grises o pluviales
- Caudal total de impulsión
- Altura y recorrido de las aguas a impulsar, desde su aspiración hasta su vertido final a la red de saneamiento, parámetro denominado como presión manométrica.
- Tipo y número de bombas a impulsar para la recogida de las aguas a impulsar.

4.2. Caudal de la bomba

Para el cálculo del caudal de la bomba es necesario conocer la cantidad de agua que se va a impulsar.

Recarga de cisternas:

Se tiene 3 inodoros, que podrán ser ocupados simultáneamente. Teniendo en cuenta que cada inodoro utiliza un caudal de 0,1l/s para recargarse; si todos se tuvieran que recargar a la vez se tendría un caudal total de 0,3l/s. Dado que esta situación es poco probable, para no sobredimensionar el equipo, se aplica un coeficiente corrector de 0,5, por lo que queda que:

$$Q_{inodoro} = \frac{0,3l}{s} * 0,5 = \frac{0,15l}{s}$$

Para conocer el caudal necesario para riego de jardines, se sabe que:

$$Q_{riego} = \frac{4l}{m^2 * día} * 170 = 680l/día$$
$$Q_{riego} = \frac{680}{24horas * 3600segundos} = 0,0078l/s$$

Se tiene entonces, que el caudal de la bomba será:

$$Q_{total} = Q_{inodoro} + Q_{riego} = 0,15l/s + \frac{0,0078l}{s} = 0,1578l/s$$
$$Q_{total} = \frac{0,1578l}{s} = 0,568m^3/h = 0,0001578 m^3/s$$

4.3. Diámetro de las conducciones de impulsión

Para calcular el diámetro de las tuberías situadas a la salida de las bombas se hará uso de la siguiente fórmula:

$$Q = v * S$$

Donde:

Q= Caudal en m³/s

V= velocidad en m/s

S= sección de la tubería en mm

La velocidad mínima será de 0,6m/s, y la máxima de 2,5m/s. Ha de calcularse el rango de diámetros en los que ha de encontrarse la conducción de impulsión. (1)

Para una velocidad de **v= 0,6m/s**

$$\frac{Q}{v} = S$$

$$S = \frac{0,0001578m^3/s}{0,6m/s} = 0,000263m^2 = 263,33mm^2$$

$$S = \pi * r^2$$

$$r = 9,15mm$$

$$D = 9,15 * 2 = 18,31mm$$

Para una velocidad de **v=2m/s**

$$\frac{Q}{v} = S$$

$$S = \frac{0,0001578m^3/s}{2,5m/s} = 0,00006312m^2 = 63,12mm^2$$

$$S = \pi * r^2$$

$$r = 4,48mm$$

$$D = 4,48 * 2 = 8,96mm$$

Por lo tanto, el diámetro de la tubería debe estar entre:

$$18,31mm > D > 8,96mm$$

Sabiendo que es de PVC se escoge una tubería de diámetro interior de 16mm.

Se trata de un tubo apto para evacuación, conducciones hidrosanitarias y desagüe.

Una vez escogido el diámetro de trabajo, se procede a recalcular la nueva velocidad:

$$\frac{Q}{S} = v$$
$$v = \frac{0,0001578m^3/s}{\pi * 0,008^2 m^2} = \frac{0,78m}{s}$$

4.4 Presiones de actuación

Según el apartado 4.6.2 del HS5-CTE, la presión manométrica de la bomba se obtendrá como resultado de sumar la altura geométrica entre el punto más alto al que la bomba debe elevar las aguas y el nivel mínimo de las mismas en el depósito de recepción o vertido, teniendo en cuenta para ello también las pérdidas de presión o pérdida de carga total producida a lo largo de la tubería con sus accesorios y elementos correspondientes, calculada por los métodos usuales desde la boca de aspiración de la bomba hasta el punto de impulsión final sobre la arqueta de saneamiento exterior.

La actuación de la bomba vendrá determinada por la altura a superar, esta altura viene definida por la diferencia de nivel entre la superficie del líquido desde donde se efectúa el bombeo y el nivel al cual el líquido sale al exterior con la impulsión producida por la bomba, según la señal de puesta en marcha o paro de las sondas de nivel o hidroniveles del depósito de recepción.

La expresión que resume el concepto es:

$$H_{MT} = H_{TA} + H_{TI} + At$$

Hmt: Altura manométrica total (m.c.a o su valor eq. En bar o Kpa)

Hta: Altura total de aspiración (m.c.a o su valor eq. En bar o Kpa)

Hti: Altura total de impulsión (m.c.a o su valor eq. En bar o Kpa)

At: Pérdida de carga total en el tramo

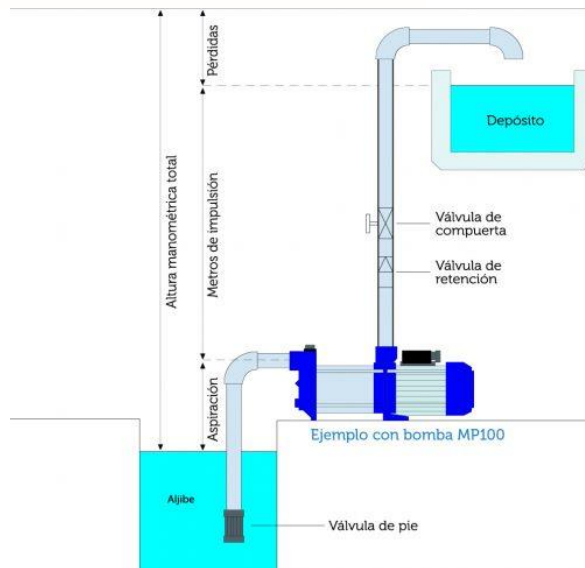


Figura 1. Croquis de altura de impulsión y altura de aspiración. Fuente: proindecsa.com (2)

Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- En las bombas sumergibles se toma que la altura de aspiración es 0.
- La altura de impulsión debe recoger las pérdidas por rozamiento de la tubería.

Tras diversos cálculos, se ha concluido que las pérdidas de carga continuas y las cargas localizadas en la tubería son despreciables.

De este modo, se tiene que la presión manométrica tiene un valor igual a la altura que se debe vencer hasta llegar el sistema de riego y las cisternas. Este valor es de 4m.c.a.

Por tanto, se tiene que:

$$H_{MT} = 5m. c. a.$$

Se procede a la elección de la bomba:

La bomba elegida es una **Bomba de Presión Shurflo 12V 2088-403-143**, que admite caudales de esta 10 L/min.



Figura 2. Bomba elegida. Fuente: autosolar.es. (3)

Metros de Profundidad	Litros por Hora	Potencia Usada del Panel Solar	Amperios en Uso
6.1	420	58	1.7
12.2	413	65	2.0
18.3	398	78	2.3
24.4	390	89	2.6
30.5	379	99	2.9
36.6	360	104	3.2
42.7	352	115	3.5
48.8	337	123	3.8
54.9	329	135	4.0
61	318	141	4.3
70.1	300	155	4.6

Figura 3. Curvas de tiempo y temperatura de la bomba. Fuente: autosolar.es (3)

Figura 4. Curva de presión en función del caudal. Fuente: autosolar.es (3)

4.5. Volumen del pozo o depósito de vertido

Para que el pozo de bombeo pueda funcionar correctamente ha de dimensionarse correctamente. Según el apartado 4.6.1 del HS5, dicho dimensionado se realizará limitándose el número de arranques y paradas de las bombas para preservar la vida útil del equipo de elevación, considerándose aceptable hasta 12 arranques/paradas a la hora, siendo lo estándar 5-9 arranques/hora.

Esta capacidad se calcula mediante:

$$V_u = 0,3 * Q_T$$

Donde:

Vu: Volumen útil del pozo-depósito(litros)

Qt: Caudal total de impulsión (litros/segundo)

Qt: 10,2L/s=612L/hora

Esta fórmula resulta incompleta, pues deben tenerse en cuenta el número máximo de arranques por hora. De este modo, la expresión correcta sería:

$$V_u = \frac{0,3 * Q_T(l/h)}{N}$$

Donde:

Vu: Volumen útil del pozo-depósito(litros)

Qt: Caudal total de impulsión (litros/segundo)

N: Número de arranques/hora escogidos.

Tomando un valor de 7 arranques/hora se tiene que:

$$V_u = \frac{0,3 * 612 \left(\frac{l}{h}\right)}{7} = 26,22L$$



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

BILBOKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE BILBAO

ANEJO 5: DIMENSIONAMIENTO DE ARQUETA DE PLUVIALES

En el proyecto de reutilización de aguas se antoja de vital importancia el correcto dimensionamiento de la arqueta de aguas pluviales, ya que esta será la encargada de resistir las precipitaciones extremas que puedan ocurrir a lo largo de la vida útil del sistema de saneamiento.

Se ha decidido situar un aliviadero en una de las paredes de la arqueta de aguas pluviales para enviar el excedente al jardín de la vivienda, para evitar así el colapso del equipo de tratamiento.

Dado que el trazado es sencillo, y el agua que se va a tratar es de un volumen reducido se ha decidido utilizar un vertedero rectangular de pared delgada con vertido de lámina libre como el siguiente:

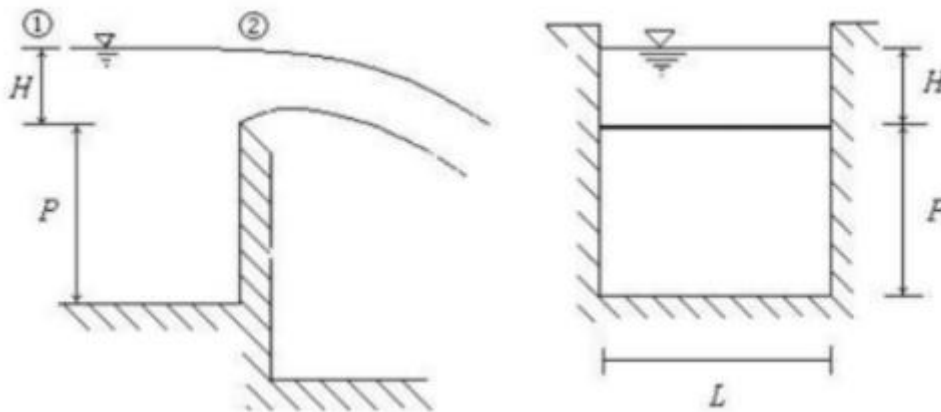


Ilustración 1. Vertedero de proyecto. Fuente: slideshare. (1)

Donde se sabe que:

- L: Longitud del vertedero
- H: Altura de la lámina de agua
- P: Calado del vertedero

Para realizar el dimensionamiento es necesario conocer el valor del caudal medio y de caudal punta. Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$C = P \cdot S \cdot f_1$$

Donde se sabe que:

- C: caudal de captación anual (L/año)
- P: pluviometría anual (L/m²·año)
- S: superficie de recogida (m² de tejado)
- F₁: factor de escorrentía (0,9 para tejados convencionales)

El caudal normal, se supone una media de la pluviometría anual obtenida anteriormente.

$$C = 1.246L/(m^2 \cdot \text{año}) \cdot 152 \text{ m}^2 \cdot 0,9 = 170.452L/\text{año}$$

Pasando a L/día

$$C = 170.452L/\text{año} = 14.205L/\text{mes} = 467L/\text{día}$$

El caudal normal tendrá un valor de $Q_{\text{NORMAL}} = 467l/\text{día}$

Para el caudal punta, se utiliza el dato calculado en el ANEJO 3. La precipitación tenía un valor total de:

$$P = 270\text{mm} = 270l/m^2 \cdot \text{mes}$$

Teniendo en cuenta que febrero tiene 28 días:

$$C = 270 \frac{L}{m^2 \cdot \text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{28 \text{ días}} * 152 m^2 * 0,9 = 1.320L/\text{día}$$

El caudal punta tendrá un valor de $Q_{\text{punta}} = 1.320l/\text{día}$

El vertedero entrará en acción cuando el caudal sobrepase los 467L/día.

Las dimensiones de la arqueta deben ser de 40x40 y 50x50, tal y como se ha calculado en el dimensionamiento de la red de saneamiento (ANEJO 1).

La arqueta debe tener unas dimensiones que permitan alojar:

- 467L/día; para un TRH (Tiempo de Retención Hidráulica) de 1 hora

Teniendo en cuenta que $467L/\text{día} = 0,467m^3/\text{día}$

Se tiene entonces $0,467m^3/\text{día}$, lo que en horas equivale a $0,02m^3/\text{hora}$.

Sabiendo que tiene que soportar $0,457m^3/\text{día}$, su altura será de:

$$V \left(\frac{m^3}{h} \right) = L \cdot A \cdot H$$

Donde se sabe que:

- L: longitud
- A: anchura
- H: altura

$$0,02m^3 = 0,5 * 0,5 * H$$

$$H = 0,08 \text{ m}$$

Para el caudal punta y un TRH de 1 hora se tiene:

- $1.320\text{L/día} = 1,32\text{m}^3/\text{día} = 0,055\text{m}^3/\text{hora}$

$$0,055\text{m}^3 = 0,5 * 0,5 * (0,08 + H)$$

$$H = 0,14\text{ m}$$

El caudal vertido por el aliviadero viene expresado por:

$$Q \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1,9 \cdot L \cdot \sqrt{H^3}$$

Para la máxima altura será:

$$Q = 0,05\text{m}^3/\text{s}$$



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA DE INGENIERÍA
DE BILBAO

ANEJO 6: GESTIÓN DE RESIDUOS

En el presente proyecto hay que establecer un protocolo de gestión de residuos, de acuerdo con el principio de “Desarrollo Sostenible” en el que se basa el mismo. De este modo, se procede a exponer las inspecciones que se ejecutarán a lo largo de las obras, a fin de evitar impactos negativos en el entorno de la vivienda.

Al tratarse de un proyecto en el que se realizará una pequeña excavación, serán las propias tierras extraídas las que serán tomadas como residuos. Estas tierras pueden dividirse en dos grupos:

- Residuos inertes: compuestos por maderas, plásticos, escombros..., que una vez almacenados en contenedores metálicos, se enviarán a la Planta de Tratamiento de inertes para fomentar su reutilización.
- Residuos peligrosos: en los alrededores de las obras se dispondrá una zona de acopio, en la que se irán almacenando dichos residuos peligrosos. Esta zona ha de ser impermeable, estar protegida por el sol y ubicarse lo más lejos posible de la zona de trabajo. Pueden almacenarse en ella:
 - Envases de plástico contaminados
 - Envases metálicos contaminados
 - Tierras contaminadas
- Residuos asimilables a urbanos: se trata de los residuos orgánicos que se almacenarán en los contenedores dispuestos por el Ayuntamiento para tal fin.

A la hora de realizar el presupuesto, se ha estimado que la gestión de residuos supondrá un 3,5% del total del proyecto.



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA DE INGENIERÍA
DE BILBAO

ANEJO 7: CONTROL DE CALIDAD

En el siguiente anejo se detallará el control de calidad de las obras, que incluye el control de recepción de productos y el control de la ejecución, de acuerdo con lo establecido en el RD 314/2006, del 17 de marzo de 2006 por el que se aprueba el CTE.

Control de recepción de los productos

En control de recepción de los productos debe asegurar que todos los productos, equipos y sistemas que llegue a la vivienda proyecto tengan las características mínimas exigidas.

Durante la construcción de las obras el director de ejecución de las Obras realizará:

- *Control de la documentación de los suministros*

Se entregarán los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento al constructor. Esta documentación comprenderá los siguientes documentos:

- Los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.
- El certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física.

- *Control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad*

Se precisará el aporte de documentación referente a:

- Distintivos de calidad que ostenten los productos, equipos o sistemas suministrados, que incluyan las características técnicas mínimas exigidas por la normativa vigente.
- Evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso de productos, equipos y sistemas de acuerdo con la normativa vigente.

Deberá verificarse que la documentación entregada es suficiente para la aceptación de productos, equipos y sistemas amparados por ella. Esta labor la realizará el director de la ejecución de Obras.

- *Control mediante ensayos*

Para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE puede ser necesario realizar ensayos y pruebas para algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente.

Este control se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el proyecto o indicados por la dirección facultativa sobre el muestreo del producto, criterios de aceptación y rechazo y acciones a adoptar.

Control de ejecución

Durante la construcción, el director de la Ejecución de las Obras controlará la ejecución de cada unidad de obra verificando su replanteo, controlando la correcta ejecución, los materiales que se utilicen, 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.

En la recepción de las Obras ejecutada pueden tenerse en cuenta las certificaciones de conformidad que ostenten los agentes que intervienen, así como las certificaciones que realicen las entidades de control de calidad de la edificación.

Se comprobará que se han adoptado las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.

Se ha supuesto que el control y calidad del proyecto supondrá un 3% del coste total del proyecto.