

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO DE REUSO DE AGUAS GRISES Y
PLUVIALES EN DOS VIVIENDAS ADOSADAS EN
SOPELANA (BIZKAIA)***

DOCUMENTO 1- MEMORIA DESCRIPTIVA Y ANEJOS

Alumno/Alumna: Cortés Elorza, Ana

Director/directora: De Luis Álvarez, Ana

Curso: 2018-2019

Fecha: Julio 2019

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El presente proyecto tiene como objeto el desarrollo de un método accesible que permita combatir la actual y creciente escasez de recursos hídricos. A pesar de que, estos recursos son limitados e insustituibles, ciertas actividades y comportamientos cotidianos del ser humano hacen peligrar su capacidad de regeneración, por lo que resulta necesario un cambio eficaz en su modo de uso, manejo y distribución.

La solución que se plantea es un proceso denominado reutilización, en el cual las aguas utilizadas se someten a tratamientos en función de la calidad final que se desee obtener, permitiendo realizar nuevos usos de esta y preservando este elemento tan vital.

Su ámbito de aplicación es muy extenso, pero en este caso, se ha optado por una propuesta que pudiera estar al alcance de gran parte de la población resultando el hogar el sitio idóneo para su desarrollo.

El proceso consiste en captar aguas pluviales y grises (éstas últimas procedentes de las lavadoras, lavabos, duchas, lavavajillas y fregaderos) de dos viviendas unifamiliares adosadas situadas en el municipio de Sopelana (Bizkaia). Estas, son sometidas a un tratamiento físico-biológico, que combina dos procesos: degradación biológica y separación por membrana. Posteriormente se realiza un tratamiento de desinfección mediante una dosificación de hipoclorito de sodio. De esta manera se alcanza la calidad del agua necesaria exigida por en el *Anexo I del RD 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Utilización de las Aguas Depuradas* para dos usos concretos a los que se ha decidido destinar: el riego de jardines y la recarga de las cisternas de los inodoros de las viviendas.

Esto, es posible gracias a la instalación de una red de saneamiento correctamente dimensionada que permite la recogida del agua desde la cubierta y los puntos de consumo mencionados y a través de una serie de tuberías enterradas las envía al equipo de tratamiento. Una vez tratadas, circulan hasta un equipo de bombeo que garantiza el retorno del agua a los usos destinados.

La duración de obra prevista es de 3 semanas, se contará con 3 trabajadores cuya jornada laboral será de lunes a sábado 8 horas diarias. La fecha de inicio es el 2 de septiembre de 2019. El presupuesto de Ejecución por Contrata asciende a 40.055,01 euros.

Finalmente, se ha logrado obtener el ahorro del uso de este recurso lo que conlleva un consumo menor de agua lo que permite obtener una reducción en los costes y al mismo tiempo aporta una pequeña ayuda para la lucha por el alcance de un desarrollo sostenible.

Palabras clave: reúso, aguas grises, aguas pluviales

SUMMARY AND KEYWORDS

The main goal of this project is to design and develop an accessible method to tackle the current scarceness of hydrological resources. Although those are limited and irreplaceable, some common human behaviors put in danger their capabilities to regenerate, that makes clear that there is a huge need to change the way it is used, managed and distributed.

The solution presented in this project is based in a renowned process called “recycling” in which the water gets treated differently depending on the final use of it allowing to reuse it unlimited times and protecting such a vital resource. There are many contexts in which this process can be implemented but the most realistic proposal (maybe the easiest as well) and for sure the one with the highest impact is to execute it in regular households.

The process consists in collecting rain and “grey” waters (the ones originated on laundry machines, dishwashers, showers and sinks) from two housings at Sopelana (Bizkaia). The plan is to apply a physical-biological process that combines two methods, biological degradation and membrane splitting. The next step would be applying sodium hypochlorite to sanitize the water allowing it meeting the standards marked on the “Anexo I del RD 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Utilización de las Aguas Depuradas” enabling it to use to both irrigate and to use the water in the toilet tanks and cisterns. This would only be possible through the installation and correct functioning of a well-dimensioned drainage system that allows the collection of water from the rooftop and other sourcing points previously mentioned that would bring the water to a sanitation/purification device. Once the sanitization has been successfully done, a pumping system would transport the water to the locations where the desired use will take place.

The estimated time of installation would take around 3 weeks with 3 full time operators working 8 hours a day from Monday to Saturday (included). The forecasted budget would be a little above 40.055,01 euros. That being said the new system would not only enable a more responsible and sustainable consumption of water but also would incur in monetary savings by reducing the volume of water needed to purchase on a regular basis.

Keywords: reuse, grey water, rainwater.

LABURPENA ETA HITZ GAKOAK

Hurrengo proiektuaren helburua metodo eskuragarri bat garatzea da, egun handitzen ari den ur-baliabideen eskasiari aurre egiteko. Nahiz eta errekurtsio hauek mugatu eta ordezkaezinak ez izan, gizakion eguneroko zenbait aktibitate eta jarduerak horien birsorkuntza-ahalmena arriskuan jarri dute, euren erabilera, kudeaketa eta banaketa moduan aldaketa eraginkorra behar delarik.

Proposatutako konponbidea berrerabilpen deritzon prozesua da. Erabilitako ura tratamendu jakinen menpe jartzen da, lortu nahi den azken kalitatearen arabera eta horren erabilera berriak egiteko, hain ezinbestekoa den elementu hau babestuz.

Metodoaren aplikazio-esparrua oso zabala da. Kasu honetarako, biztanleriaren gehiengoaren eskura zegokeen aukera hartu da, etxebizitza garapenerako leku aproposena bihurtuz.

Prozesua, euri-urak eta ur grisak hartzean datza (azken hauek garbigailu, dutxa, ontzi-garbigailu eta harrasketetatik hartuak) Sopolako udalerrian (Bizkaian) kokatutako bi familia-bakarreko etxebizitza erdi- apartamentuetan. Hauek tratamendu fisiko-biologikoa jasaten dute, bi prozesu konbinatuz: batetik, degradazio biologikoa, eta bestetik, mintza-bereizketa. Ondoren, desinfekzio-tratamendua egiten da sodio-hipokloritoaren dosifikazio bidez. Modu honetan, Ur Depuratuen Erabilerarako Erregimen Juridikoa ezartzen duen 1620/2007 Errege-Dekretuaren I. eranskinak exijitutako ur-kalitatea lortzen da, bi erabilera zehatzetarako: lorategien ureztatzea batetik, eta etxeetako komunen hustubideak kargatzea bestetik.

Hau dena posible da ongi dimentsionatutako saneamendu-sare egoki baten instalazioari esker, teilatutik eta aipaturiko kontsumo-puntuetatik ura biltzea ametitzen duena. Lurperatutako tuberia-serie baten bidez, ur hori tratamendu-taldeari bidaltzen zaio. Behin tratatua, ura ponpaketa-ekipo baterantz zirkulatzen du, aurreikusitako erabileretarako itzul dadin bermatzen duena.

Aurreikusitako lanaren iraupena 3 astekoa da. 3 langile hartuko dira, astelehenetik larunbatera egunero 8 ordu lan egingo dutenak. Hasiera-data 2019ko irailaren 2an izango da. Kontratu-Exekuzio aurrekontua 40.055,01 eurokoa da.

Amaieran baliabide honen erabilera aurrezteko lortu da, uraren kontsumoa txikiagotzea lortuz, kostuak murriztuz eta, aldi berean, laguntza txikia eginez garapen jasagarria lortzeko erronkan.

Gako hitza: berrerabilpena, ur grisak, euri-urak

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA DESCRIPTIVA.....	5
ANEJO 1 CÁLCULO DE CAUDALES	103
ANEJO 2 DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE RECOGIDA DE AGUA.....	111
ANEJO 3 ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO	127
ANEJO 4 DIMENSIONES ARQUETA AGUAS PLUVIALES.....	130
ANEJO 5 DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO DE EVACUACIÓN FORZADA.....	137
ANEJO 6 MANTENIMIENTO Y CONTROL DE LAS INSTALACIONES	143
ANEJO 7 GESTIÓN DE RESIDUOS.....	145
ANEJO 8 CONTROL DE CALIDAD	147

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES	11
1.1 EL AGUA Y SU DISPONIBILIDAD	11
1.2 CAUSAS QUE PROVOCAN LA FALTA DE AGUA	13
1.3 LA REUTILIZACIÓN	15
1.4 USOS URBANOS: REUTILIZACIÓN EN EL HOGAR	17
1.5 CALIDAD DEL AGUA.....	22
1.5.1 <i>Composición y parámetros de referencia</i>	22
1.5.2 <i>Agua gris de entrada</i>	28
1.5.3 <i>Agua pluvial de entrada</i>	30
1.6 PARÁMETROS DE REFERENCIA EN AGUAS GRISES Y DE LLUVIA SEGÚN EL R.D. 1620/2007.....	31
2. OBJETO	33
3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	34
4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	38
4.1 TRATAMIENTOS NECESARIOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA CALIDAD EXIGIDA.....	39
4.1.1 <i>Objetivo de los tratamientos</i>	39
4.1.2 <i>Tipos</i>	39
4.2 ESTUDIO DEL TRATAMIENTO	42
4.2.1 <i>Tratamiento físico-biológico</i>	43
4.2.1.1 Elección de la forma y configuración de la membrana	48
4.2.2 <i>Tratamiento físico-químico</i>	49
4.2.2.1 Descripción del tratamiento.....	50
4.2.3 <i>Tratamiento mixto</i>	52
4.2.3.1 Descripción del tratamiento.....	52
4.2.3.2 Ventajas y desventajas	53
4.3 ESTUDIO DE LA DESINFECCIÓN	54
4.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN	56
4.4.1 <i>Selección del tratamiento</i>	57
4.4.2 <i>Selección de la desinfección</i>	65
5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	66
5.1 DATOS DE PARTIDA.....	67
5.1.1 <i>Descripción de la vivienda</i>	68
5.1.2 <i>Caudal generado y demandado</i>	68
5.1.3 <i>Ubicación del equipo de tratamiento</i>	70
5.1.4 <i>Proceso</i>	72
5.2 INSTALACIÓN DE LA RECOGIDA DE AGUA.....	73
5.2.1 <i>Recogida de aguas</i>	73
5.2.2 <i>Selección del tipo de red de saneamiento</i>	77
5.2.3 <i>Arqueta de aguas pluviales</i>	79
5.3. EQUIPO PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA	80

5.3.1 Descripción del tratamiento	81
5.3.2 Disposición del equipo.....	83
5.4 INSTALACIÓN DE RETORNO	85
5.4.1 Sistema de bombeo y elevación	85
5.4.2 Elección de la bomba.....	86
6. PLAN DE OBRA	87
6.1. ACTIVIDADES.....	87
6.2 PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES. DIAGRAMA DE GANTT.....	93
7. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	95
8. NORMATIVA.....	96
8. BIBLIOGRAFÍA.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

GRÁFICA 1. AGUA TOTAL EN EL MUNDO	11
GRÁFICA 2. DISTRIBUCIÓN DE AGUA DULCE.....	11
IMAGEN 1. OBJETIVO 6 (OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE)	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. 3
IMAGEN 2. CAUSAS QUE AMENAZAN LA DISPONIBILIDAD Y SOSTENIBILIDAD DEL AGUA.....	14
IMAGEN 3. FASES DEL CICLO URBANO DEL AGUA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. 6
FIGURA 1. FUENTES DE AGUA EN ESTE PROYECTO.....	21
IMAGEN 4. PARÁMETROS DE REFERENCIA SEGÚN EL R.D. 1620/2007.....	25
IMAGEN 5. UBICACIÓN DE LA PROVINCIA DE BIZKAIA.....	27
IMAGEN 6. UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE SOPELANA. FUENTE: GOOGLE MAPS.	34
IMAGEN 7. VISTA EN PLANTA AMPLIADA DE LA CALLE DE LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES.	35
IMAGEN 8. VISTA EN ALZADO DE LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES.	36
IMAGEN 9. DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES.....	36
IMAGEN 10. POSIBLES PROCESOS PARA LA ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES.....	37
IMAGEN 11. ESQUEMA DEL TRATAMIENTO FÍSICO-BIOLÓGICO	41
IMAGEN 12. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA	43
IMAGEN 13. TIPOS DE MEMBRANA.....	45
IMAGEN 14. A) MBR MEMBRANA SUMERGIDA. B) MBR MEMBRANA EXTERNA	46
IMAGEN 15. EQUIPO DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES CON TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO.....	48
IMAGEN 16. ESQUEMA DEL TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO	50
FIGURA 2. FASES DEL PROCESO	51
FIGURA 3. CAUDAL DEMANDANDO	52
IMAGEN 17. ÁREA DE LOS JARDINES	69
IMAGEN 18. ALZADO NORTE. VISTA DEL APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO	70
IMAGEN 19. ZONA DONDE SE IMPLANTARÁ EL EQUIPO DE TRATAMIENTO.....	71
FIGURA 4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	71
IMAGEN 20. BAJANTE. RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES.....	72
IMAGEN 21. VISTA EN PLANTA DE LA RED DE AGUAS PLUVIALES.....	74
IMAGEN 22. VISTA EN PLANTA DE LA RED DE AGUAS GRISES.....	74
FIGURA 5. TIPOS DE CONFIGURACIÓN DE LA RED DE SANEAMIENTO	74
IMAGEN 23. RED UNITARIA	76
IMAGEN 24. CONFIGURACIÓN DE ARQUETAS.....	77
IMAGEN 25. DIMENSIONES ARQUETA PLUVIALES	77
IMAGEN 26. DIMENSIONES ARQUETA PLUVIALES	78
IMAGEN 27. ESTACIÓN REGENERADORA GREM.....	79
FIGURA 6. ETAPAS DEL FUNCIONAMIENTO	70
IMAGEN 28. ESTACIÓN REGENERADORA GREM.....	80
IMAGEN 29. ESTACIÓN REGENERADORA GREM.....	81
IMAGEN 30. ESTACIÓN REGENERADORA GREM.....	82
IMAGEN 31. BOMBA.....	82
IMAGEN 32. ZANJAS	83

IMÁGENES 33 y 34. ARQUETA	86
IMAGEN 35. COLECTORES ENTERRADOS	88
IMAGEN 36. BAJANTE EN EL INTERIOR DEL EDIFICIO PARA AGUAS GRISES	88
IMAGEN 37. BAJANTE EN EL EXTERIOR DEL EDIFICIO PARA AGUAS PLUVIALES.....	90
IMAGEN 38. CANALÓN CIRCULAR	91

ÍNDICE TABLAS

TABLA 1. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DE ENTRADA	28
TABLA 2. COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS GRISES DE ENTRADA	29
TABLA 3. CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES PRESENTES EN LAS AGUAS GRISES.....	29
TABLA 4. VALOR DE PARÁMETROS DE CALIDAD. FUENTE: LAS AGUAS RESIDUALES EN LA ARQUITECTURA SOSTENIBLE	30
TABLA 5. VALORES MÁXIMOS PREVISTOS DE CADA PARÁMETRO	31
TABLA 6. RESUMEN DE CALIDAD DE AGUAS DE ENTRADA Y CALIDAD DE AGUAS DE SALIDA.	38
TABLA 7. EFECTIVIDAD FILTRACIÓN/MEMBRANAS.	44
TABLA 8. DATOS SOBRE LOS TIPOS DE MEMBRANA	46
TABLA 9. EFECTIVIDAD MICROFILTRACIÓN/ULTRAFILTRACIÓN	47
TABLA 10. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS SISTEMAS DE DESINFECCIÓN	56
TABLA 11. COSTE DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN	56
TABLA 12. PESO DE CADA CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	58
TABLA 13. CALIDAD DEL AGUA OBTENIDA.....	59
TABLA 14. CALIFICACIÓN DE LA PRIMERA ALTERNATIVA	60
TABLA 15. CALIFICACIÓN DE LA SEGUNDA ALTERNATIVA	62
TABLA 16. CALIFICACIÓN DE LA TERCERA ALTERNATIVA	63
TABLA 17. VALOR TÉCNICO PONDERADO.....	64
TABLA 18. SUMA PONDERADA POR RANGOS.....	64
TABLA 19. DESINFECTANTES.....	65
TABLA 20. COSTE DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN	65
TABLA 21. CARACTERÍSTICAS INSTALACIÓN AGUAS PLUVIALES	74
TABLA 22. PARTES DE UNA RED INTERIOR DE SANEAMIENTO	75
TABLA 23. CARACTERÍSTICAS INSTALACIÓN AGUAS GRISES	76
TABLA 24. DIMENSIONES EQUIPO DE TRATAMIENTO	84
TABLA 25. DIMENSIONES ESCOGIDAS PARA EL EQUIPO DE TRATAMIENTO	84
TABLA 26. DIAGRAMA DE GANTT	94

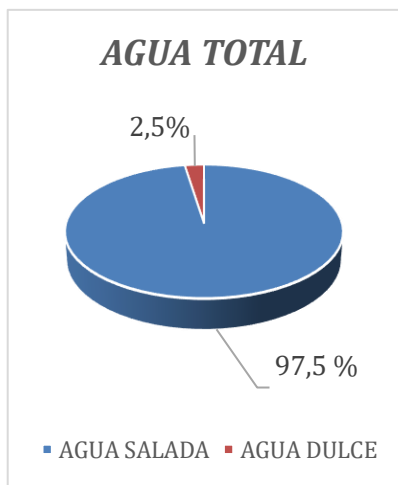
1. ANTECEDENTES

1.1 El agua y su disponibilidad

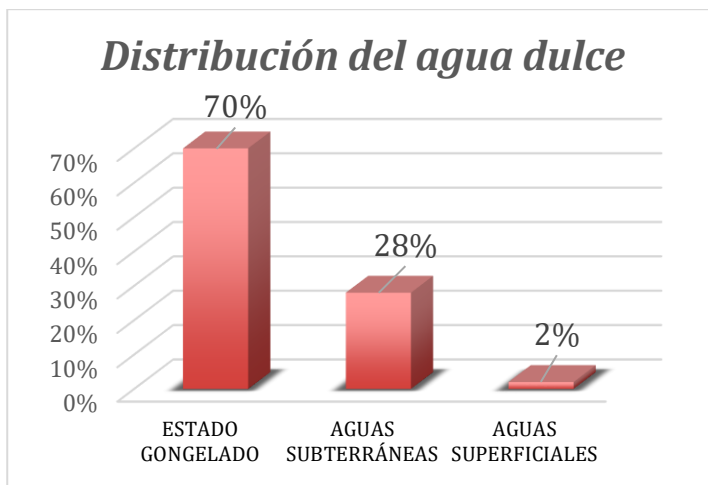
El agua es un bien vital para la vida del ser humano y cada vez más necesaria en el desarrollo de sus diferentes actividades económicas. Sin embargo, hoy en día, existe un grave problema en la obtención, uso y distribución de los recursos hídricos. Este, repercute fuertemente en la salud, calidad de vida y desarrollo económico y social de los ciudadanos de cualquier país del mundo.

¹

Los recursos hídricos se pueden definir como la totalidad de aguas existentes en el planeta que se encuentran a disposición del ser humano para realizar sus actividades.² Están ubicados en distintos lugares de la Tierra y según las estimaciones del *United States Geological Survey (USGS)* ³ el volumen total del agua que posee es aproximadamente de 1.386 millones de kilómetros cúbicos. Este volumen, constituye alrededor de dos tercios de su superficie de la tierra, pero lo cierto es, que únicamente el 2,5% es agua dulce.



Gráfica 1. Agua total en el mundo



Gráfica 2. Distribución de agua dulce

De este 2,5%, un poco más de dos tercios (aproximadamente entre 1,75%-2%) se encuentran en estado congelado, bloqueados en glaciares o en forma de nieve. Entre un 0,7% y 0,8% está en

¹ (2006).” El agua un recurso escaso e irregularmente distribuido” en *la Cerca* <http://www.lacerca.com/noticias/medio_ambiente/el-agua-recurso-escaso-22973-1.html> [Consulta:17 de diciembre de 2018]

² EUSTON. *Recursos hídricos*. <<https://www.euston96.com/recursos-hidricos/>> [Consulta:17 de diciembre de 2018]

³ USGS “La ciencia del agua para las escuelas” <<https://water.usgs.gov/gotita/earthhowmuch.html>> [Consulta:17 de diciembre de 2018]

aguas subterráneas dulces y en la humedad del suelo, y menos del 0,01% del total es agua superficial encontrada en lagos, pantanos y ríos.

El ser humano depende de menos del 0,01% de los recursos hídricos del planeta, aproximadamente 200.000 km cúbicos, para abastecer sus propias necesidades y aquellas necesarias para los ecosistemas de agua dulce. La realidad es que solo una pequeña parte del agua total está disponible, y esto implica la necesidad de hacer un uso racional de esta, aprovechándola al máximo y evitando su desperdicio.

Esta necesidad, resulta aún más necesaria al conocer los siguientes datos obtenidos según un informe de la *Organización Mundial de la Salud (OMS)*⁴: alrededor de 3 de cada 10 personas, o expresado de otra manera, 2.100 millones de personas carecen de acceso a agua potable y disponible en el hogar y además se estima que dos tercios de la población mundial podrían vivir en países con escasez de aguas para el año 2025.

Además de ser un problema que afecta a nivel mundial, los datos parecen crecer a velocidades alarmantes por lo que, conviene encontrar una solución eficaz lo antes posible.

Los primeros pasos por tratar de resolver esta preocupación medioambiental tuvieron lugar en el año 1983. La ONU creó la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD) la cual debía presentar un informe sobre el medio ambiente y la problemática ambiental hasta el año 2000 y más adelante, incluidos los proyectos de estrategias para lograr un desarrollo duradero teniendo en cuenta los criterios basados en tres pilares del bienestar humano: las condiciones económicas, sociopolíticas y ecológicas/ambientales.⁵

Esta, fue la responsable del Informe Brundtland en 1987 en el cual surgió el concepto de desarrollo sostenible definido como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades”.

Hoy en día existe un escenario estratégico establecido en los Objetivos para el Desarrollo Sostenible, recientemente aprobados por la ONU cuya fecha límite de cumplimiento es el año 2030 denominada “La Agenda 2030”. Está integrada por 17 objetivos y 169 metas.

Concretamente, en el objetivo número 6 se aborda el tema de la escasez de agua y se fija una meta a cumplir. Objetivo 6:” Garantizar *la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y saneamiento para todos*.⁶ Refleja la existencia un compromiso mundial con el agua y aporta una vía directa para cuidar el uso del agua.

⁴ (2017) “2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro” <<https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>> [Consulta: Enero de 2019]

⁵ Water<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml> [Consulta: Enero de 2019]

⁶ ONU (2015). “Objetivos de desarrollo sostenible” <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>> [Consulta: 13 de enero de 2019]

6 AGUA Y SANEAMIENTO

Garantizar la disponibilidad y una gestión sostenible del agua y de las condiciones de saneamiento



Imagen 1. Objetivo 6 (Objetivos del Desarrollo Sostenible). Fuente: [iagua.es](http://agua.es)

Suponen un nuevo reto para la comunidad internacional para lograr erradicar la pobreza, extender el acceso a los derechos humanos, lograr un desarrollo económico global sostenible y respetuoso con el planeta y los recursos que ofrece.⁷

1.2 Causas que provocan la falta de agua

Para poder garantizar el cumplimiento de este objetivo, se deberá: conocer, identificar y buscar soluciones para aquellos impedimentos que no permitan llevarlo a cabo.

La cantidad y la calidad del agua se ve afectada por distintos motivos, pero se pueden agrupar en dos principales: la propia naturaleza de la tierra y el ser humano.

Por un lado, se debe tener en cuenta que, la distribución de los recursos hídricos y la calidad en la que se presentan no es uniforme a lo largo del planeta y que esto conlleva a que en muchos países se sufra gravemente su falta mientras que en otros no existe siquiera conciencia sobre ello. Esta desigualdad como bien se menciona, no depende del ser humano y por tanto su capacidad para tratar de resolverlo es baja, aunque no nula. Una educación sobre un correcto uso del agua y especial cuidado de esta podría servir de gran ayuda.

Por otro lado, sí que es el ser humano quien influye significativamente provocando la disminución del volumen de agua disponible. Ciertos hábitos y comportamientos en su vida cotidiana afectan directamente a la calidad y cantidad de agua. Algunas causas que amenazan la disponibilidad y sostenibilidad del agua son los siguientes:

⁷ AECID <<http://www.aecid.es/ES/Paginas/Sala%20de%20Prensa/ODS/01-ODS.aspx>> [Consulta: 21 de febrero de 2019]

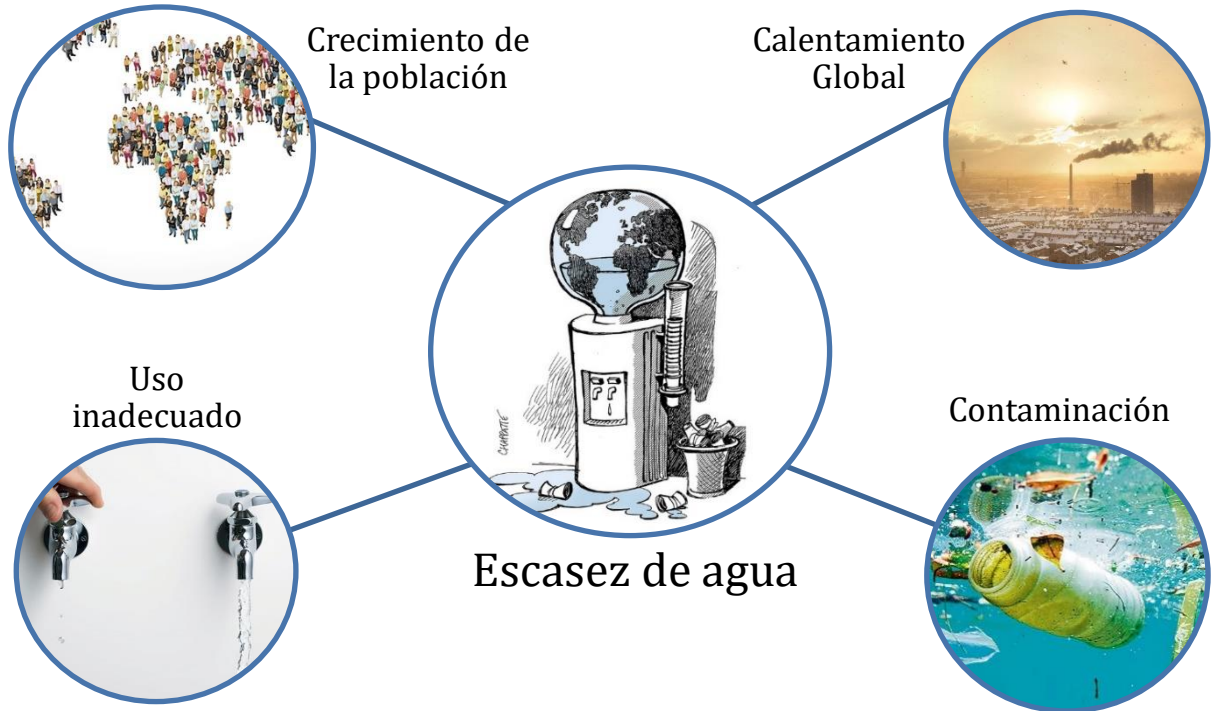


Imagen 2. Causas que amenazan la disponibilidad y sostenibilidad del agua. Fuente: Elaboración propia

- Crecimiento de la población mundial:

A partir de datos obtenidos de la Organización de Naciones Unidas, está previsto que la población mundial alcance 11.200 millones en el año 2100. Esto, conlleva un incremento de la demanda del agua como consecuencia de un mayor número de personas con acceso a agua potable, mayores cultivos de regadío o aumento del turismo y actividades industriales.

- Calentamiento global:

Provocado por la acelerada industrialización de las economías durante el siglo XX, incendios forestales, deforestación, descomposición de desechos sólidos y fertilizantes, entre otros.⁸Existen estimaciones a no muy largo plazo que hablan de la pérdida de recursos hídricos lo cual puede suponer un impacto irreversible sobre los ecosistemas más vulnerables.⁹Como consecuencia se verá también reducida la disponibilidad de agua como recurso.

⁸ Cumbre pueblos (2017). "Calentamiento global: Qué es, causas, consecuencias y soluciones" <<https://cumbrepuebloscop20.org/medio-ambiente/calentamiento-global/>> [Consulta: 20 de enero de 2019]

⁹ Fayán Escuer (2011). [Consulta: enero de 2019]

- Contaminación:

Causada por los efluentes domésticos e industriales, que provocan la presencia de determinadas sustancias en concentraciones superiores a sus condiciones naturales degradando directamente la calidad del agua y colapsando el balance hídrico.

- Uso excesivo e inadecuado:

Aunque en los últimos años la sociedad es más consciente de la necesidad de realizar un buen uso del agua, aún existe una gran falta de concienciación sobre el uso incorrecto que se hace de este recurso.

Además, los usos que hace del agua, se pueden clasificar en dos: Uso consuntivo y uso no consuntivo. El primero, se refiere a aquellos usos en los cuales, al finalizar, el agua sobrante no se devuelve en la misma cantidad ni calidad que la que poseía antes de su uso y por lo contrario el segundo engloba a aquellos que se devuelven en misma cantidad y calidad. Resulta por tanto necesario promover el uso no consuntivo y limitar al máximo los usos consuntivos.

En definitiva, estas actividades y comportamientos del ser humano hacen que los recursos hídricos estén en riesgo y que en ocasiones su capacidad de regeneración no resulte suficiente. Teniendo en cuenta que estos recursos son limitados, insustituibles y escasos, es necesario un cambio radical en su modo de uso, manejo y distribución. Se necesitan medidas urgentes que ayuden a adaptarse y a superar esta situación.

1.3 La reutilización

Una solución eficaz a adoptar es la reutilización. Se trata de un proceso en el cual las aguas utilizadas se someten a distintos tratamientos en función de la calidad final que se desea obtener permitiendo realizar nuevos usos de esta. Constituye una herramienta muy valiosa ya que permite alcanzar con una mayor facilidad el desarrollo sostenible y contribuye a preservar este elemento tan vital.

La reutilización no es un concepto nuevo. El interés social por gestionar el agua de una manera eficiente ha estado siempre presente a lo largo de la historia del ser humano. Los primeros sistemas de aprovechamiento de aguas se desarrollaron en la Edad Antigua. El procedimiento estaba basado en la captación de agua en épocas húmedas para poder aprovecharlas en temporadas de sequía. Más tarde, sobre la segunda mitad del siglo XIX, la llegada de las redes de alcantarillado a las ciudades permitió el comienzo de la regeneración y reutilización del agua. Surgieron numerosos avances tecnológicos en los procesos físicos, químicos y biológicos en las aguas hasta que finalmente en 1912 en Estados Unidos empezó a reutilización planificada del

agua, la cual se conserva en la actualidad¹⁰ y supone un elemento clave en los proyectos de sanidad y suministro de agua de muchos países del mundo.

Esta reutilización ha provocado la modificación del ciclo del agua, a este nuevo ciclo se le denomina ciclo integral del agua. Una vez captada el agua se procede a potabilizarla. Se consigue mediante unos tratamientos que tienen lugar en las Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP's). Esta agua se almacena en grandes depósitos y más tarde se distribuye a través de una red de abastecimiento de agua. Cuando ya ha sido utilizada se envía a al sistema de alcantarillado y es conducida a través de colectores a la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR). La fase de reutilización es opcional y permite hacer un último uso de esa agua depurada.¹¹



Imagen 3. Fases del ciclo urbano del agua. Fuente: aguaecosocial.com

La reutilización del agua aporta numerosos beneficios. Entre ellos se pueden destacar los siguientes: por un lado; ambientales. La conservación de cuerpos de agua y la mejora del suelo para la actividad agrícola se verían muy favorecidos. Por otro lado; sociales. Constituiría un aumento en el número de personas con acceso a agua potable. Y, por último: económicos. Esto se debería al ahorro de costo del agua de consumo y al ser necesario un menor uso de fertilizantes¹².

¹⁰ Martín García. I (2014) " La reutilización planificada del agua empezó en 1912 en Estados Unidos" en *iagua* <<https://www.iagua.es/noticias/espana/redaccion-iagua/14/11/28/iaguadyr-isabel-martin-tecnico-proyectos-tratamiento-y>>[Consulta: 10 de febrero del 2019]

¹¹ (2016) "El ciclo urbano del agua" <<https://aguaecosocial.com/ciclo-urbano-del-agua/>> [Consulta: 21 de febrero del 2019]

¹²"Los beneficios del reúso del agua" *iagua* <<https://www.iagua.es/noticias/aneas/beneficios-reuso-agua>> [Consulta: 8 de febrero del 2019]

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, uso agrícola, uso industrial, uso recreativo y uso ambiental.¹³

1.4 Usos urbanos: reutilización en el hogar

En este proyecto, el agua reutilizada será destinada a usos urbanos, concretamente aquellos que tienen lugar en los hogares. Para evitar posibles confusiones, resulta conveniente exponer la terminología específica que existe en cuanto a los tipos de aguas. Según el R.D. 1620/2007 se definen:

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.¹⁴

Como ya se ha comentado, la escasez de agua es tal que la sociedad se ha visto en la necesidad de encontrar métodos que permitan su mayor aprovechamiento. Por ello, un campo de investigación que está resultando cada día más importante es el de la depuración y reutilización del agua para uso doméstico ya que aporta numerosas ventajas.

El objetivo de este proyecto de reutilización es integrar, bajo un mismo proceder, el tratamiento necesario para poder destinar parte de las AR urbanas a un uso beneficioso¹⁵ Se trata de un recurso adicional al ordinario con el que se puede contar porque ofrece garantías de cantidad y calidad.¹⁶ Permite utilizar estas aguas en aquellos usos que requieran menor calidad, mientras que aquellos que exigen una calidad máxima seguirán haciendo uso del abastecimiento convencional.

Aunque se trata de un método novedoso de reutilización de aguas en el hogar, lleva presente ya varios años. En 1958, el Consejo Económico y Social de la ONU propugnaba la política de no

¹³ Anexo I.A del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Utilización de las Aguas Depuradas

¹⁴ Guía para la Aplicación del R.D 1620/2007

¹⁵ PALMA CARAZO, I.J. (2003). *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. Navarra: editorial EUNSA

¹⁶ Guía para la Aplicación del R.D 1620/2007

utilización de recursos de mayor calidad en usos que pueden tolerar calidades más bajas. Esta “máxima” es el fundamento del reciclaje de las aguas grises, de la reutilización de las aguas residuales regeneradas, o del aprovechamiento de aguas pluviales.¹⁷

Dicho procedimiento está compuesto por una serie de tuberías terminadas en un depósito donde las aguas utilizadas son tratadas y una vez se alcanza la calidad necesaria son enviadas de nuevo hacia los puntos de consumo.

En este proyecto en concreto, se estudiará el modo de reutilización de las aguas residuales que provienen de una determinada vivienda unifamiliar. Para comenzar, resulta lógico tratar de conocer y analizar los tipos de aguas que se generan en esta vivienda y estudiar los tratamientos que serán necesarios para poder volver a hacer uso ellas.

Las aguas generadas en el hogar pueden ser de dos tipos:

- Aguas negras: se pueden definir como aquellas procedentes de las descargas de inodoros y urinarios. Se caracterizan, generalmente, por su alta carga orgánica biodegradable.¹⁸
- Aguas grises: el resto, es decir, las canalizadas a partir de bañeras, duchas, lavamanos, lavadoras, lavavajillas y fregaderos. Básicamente son aguas con jabón, algunos residuos grasos de la cocina y detergentes.¹⁹

En este proyecto, se ha decidido hacer uso de las aguas grises. Los principales motivos de esta selección son:

- ❖ La cantidad de materia orgánica biodegradable:

Teniendo en cuenta las definiciones anteriores, se puede observar que la diferencia principal existente entre los dos tipos de aguas es la cantidad de materia orgánica biodegradable que contienen.

El parámetro que puede valorar su presencia se denomina DBO (Demanda Biológica de Oxígeno), y se puede definir como la cantidad de oxígeno que los microorganismos consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en el agua.

A continuación, se muestran los valores típicos de esta en función del tipo de agua:

- Valor orientativo DBO de las aguas grises: 90-290 mg/L.
- Valor típico de la DBO en las aguas negras 400 mg/L.

Las aguas negras, contienen casi el doble de materia orgánica biodegradable que las grises, y, por tanto, una contaminación microbiológica sustancialmente mayor.

¹⁷ UNIVERSIDAD DE CORUÑA. *Reciclaje de aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua*. <file:///C:/Users/ANA/Desktop/RECURSOS%20COMPLEMENTARIOS%20-%20AGUAS%20GRISES%20-%20GAA%20-%202012-2013.pdf> [Consulta: 7 de marzo de 2019]

¹⁸ PALMA CARAZO, I.J. (2003). *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. Navarra: editorial EUNSA

¹⁹ FUNDESYRAM. *Aguas grises y negras*. <<http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=484>> [Consulta: 21 febrero de 2019]

Aun así, la evacuación de aguas grises se realiza de forma unitaria con la de las aguas negras y el tratamiento que estas reciben es el mismo. Lo que se pretende entonces es, separarlas y realizar el tratamiento estrictamente necesario para la eliminación de materia orgánica biodegradable en las aguas grises mediante pequeños equipos de tratamiento situados en el propio hogar. De esta manera, se evitará el hecho de tener que enviarlas a las estaciones depuradoras de aguas residuales y supondrá un ahorro económico.

❖ Beneficios de reutilización de aguas grises:

El principal beneficio de los sistemas de reutilización de aguas grises es que se pueden conseguir el ahorro de entre un 30% y un 45% de agua potable²⁰. Además, también ofrece las siguientes oportunidades:

- Disminuir los costes de agua potable y aguas residuales.
- Proteger las reservas de agua subterránea.
- Ahorro energético al transportar y tratar menores volúmenes de agua.
- Reducir el aporte de contaminantes a los cursos naturales del agua.²¹

❖ Cantidad de nutrientes

Otra razón por la que se han escogido este tipo de aguas es debido a la diferencia de nutrientes contenidos en cada uno de estos tipos de agua. Las grises, al estar excluidas de la orina y heces son deficientes en nitrógeno y fósforo, lo cual facilita mucho el proceso que sea necesario aplicar para su tratamiento.

Por estos motivos, las aguas grises resultan muy apropiadas para el reciclaje y es por ello por lo que se han seleccionado como principal fuente de reciclaje en este proyecto.²²

A lo largo del proyecto, se estudiará la manera de separar estas aguas, realizar el tratamiento que necesiten y destinarlas a aquellos usos comunes de consumo humano que sean posibles.²³

Estas aguas una vez tratadas pueden regresar a la vivienda con el fin de ser usadas para ciertas actividades. Los posibles destinos, se encuentran limitados por tres factores: la demanda, la calidad necesaria y la normativa existente. Pueden ser tanto usos exteriores como interiores.

Los exteriores se refieren a: riego de jardines privados, estanques ornamentales, baldeo de zonas exteriores pavimentadas asociadas a la edificación, limpieza de vehículos...etc. Y los interiores, donde las medidas de seguridad serían más elevadas, serían, por ejemplo:

²⁰ "Tratamiento de reciclado de aguas grises y pluviales" <<http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Tratamiento-de-reciclado-de-aguas-grises-y-pluviales-62659.html>> [Consulta: 21 febrero de 2019]

²¹ Universidad de A coruña. "Reciclaje aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua." [Consulta: febrero 2019]

²² "Aguas grises: origen, composición y tecnologías para su reciclaje" <https://www.aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_08-Grises_origen.pdf> [Consulta: 21 febrero de 2019]

²³ https://www.aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_08-Grises_origen.pdf (21 febrero)

abastecimiento para descarga de inodoros, limpieza domestica no personal, instalaciones de climatización (donde el volumen requerido es bajo).²⁴

Actualmente lo más fácil es que el agua regenerada sea destinada a estos dos usos concretos:

- Riego de jardines privados.
- Descarga de aparatos sanitarios.

Pero, el proceso no termina aquí. Debido al panorama actual de escasez de agua, se ha decidido hacer uso de otra alternativa adicional en este proyecto. Es necesario que se pueda complementar con el tratamiento de aguas grises para poder así reutilizar la máxima cantidad de agua posible. Se trata de la captación de aguas pluviales.

Las aguas pluviales, tras ser recogidas, tratadas y almacenadas de forma adecuada, representan una fuente distinta de agua de buena calidad que permite sustituir el agua de consumo en determinadas aplicaciones y de esta forma contribuyen al ahorro de este recurso.²⁵ Se trata de un método muy eficaz y económico debido a que el coste inicial es cero sin dependencia de las compañías suministradoras habituales y permite obtener aguas muy limpias en comparación con otras fuentes de aguas disponibles que son, a su vez, aptas para cualquier uso mediante un mínimo tratamiento.²⁶

Además, juntarlas con las aguas grises generadas en el hogar, supone contar con una fuente adicional de agua limpia puede permitir la reducción de la concentración de contaminantes del agua gris gracias al fenómeno de dilución, y favorece enormemente al posterior tratamiento que sea necesario para poder llevar a cabo su reutilización.

En resumen, se contará con dos fuentes de agua tal y como muestra la siguiente figura:

²⁴ PALMA CARAZO, I.J. (2003). *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. Navarra: editorial EUNSA.

²⁵ AGUA ESPAÑA. Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en España
<https://www.aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/2016.Guia_tecnica.pluviales.pdf> [Consulta: 22 de febrero de 2019]

²⁶<https://www.edificacion.upm.es/personales/santacruzold/Documentos/informeAGUAS_RESIDUALES.pdf> [Consulta: 22 de febrero de 2019]



Figura 1. Fuentes de agua en este proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Es una técnica muy antigua que consiste, como su nombre indica, en la recogida de aguas de lluvia que provienen de las cubiertas de los edificios y posteriormente son almacenadas en un depósito. Una vez almacenadas, se impulsan y distribuyen a través de un circuito hidráulico independiente de la red de agua potable. Se trata de un método que proporciona agua de calidad en cantidades significantes.²⁷

Las aguas de lluvia tratadas pueden ser utilizadas en diversas aplicaciones, tanto interiores como exteriores, siendo las más habituales:

Interior de edificios:

- Cisternas de inodoros
- Lavado de suelos
- Lavadora

Exterior de edificios:

- Riego de zonas ajardinadas
- Lavado de suelos
- Lavado de vehículos

²⁷ SOLICLIMA ENERGIA SOLAR. *Captación de aguas pluviales*. <<https://www.soliclima.es/aguas-pluviales>> [Consulta: febrero de 2019]

Lo más práctico, fácil y barato es derivarlo para riego; se necesita un mínimo de infraestructura y se consigue, así mismo, un buen ahorro. Este proyecto está dotado de espacio suficiente para su implementación y para ello será necesario estudiar que sitio sería el adecuado.²⁸

Además, su estructura es sencilla: está compuesta de un área de captación, un espacio de almacenamiento y dispositivos de distribución.

1.5 Calidad del agua

Por tanto, las aguas que van a ser aprovechadas en este proyecto, pertenecen a estos dos grupos:

- Vertidos procedentes de la actividad que se producen en el edificio de carácter doméstico.
- Precipitaciones pluviales captadas en la cubierta.²⁹

Teniendo en cuenta que el agua es vía de transporte de contaminantes químicos y biológicos que pueden provocar enfermedades de diversa gravedad, se hace imprescindible analizar la calidad de las aguas, mediante análisis químicos y bacteriológicos³⁰

Para ello, se estudiará la composición de cada una de ellas por separado. Esto, resulta indispensable para saber que tratamientos serán necesarios para poder ser utilizadas de nuevo en los usos deseados.

Sus características dependen en primer lugar de la calidad del agua suministrada, en segundo lugar, del tipo de red de distribución del agua, y en tercer lugar de las actividades en el hogar. Varían de una fuente a otra, donde los estilos de vida, las costumbres, las instalaciones y el uso de productos químicos de uso doméstico serán de importancia en su composición.

1.5.1 Composición y parámetros de referencia

Para determinar la calidad, se investigan por un lado los contaminantes y por otro los parámetros de referencia.

- Contaminantes:

Las aguas grises y pluviales incluyen distintos contaminantes que, de no ser tratados, pueden afectar a la salud y a la calidad medioambiental además de afectar a aquellos usos para los que

²⁸ SOLICLIMA ENERGIA SOLAR. *Captación de aguas pluviales*. <<https://www.soliclima.es/aguas-pluviales>> [Consulta: febrero de 2019]

²⁹ PALMA CARAZO, I.J. (2003). *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. Navarra: editorial EUNSA

³⁰ *Tratamiento de las aguas* <https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf> [Consulta: marzo de 2019]

se pretenda destinar ³¹. A continuación, se muestran los tipos de contaminantes presentes en este tipo de aguas y los problemas que su presencia pueden causar tanto al ser humano como al posible tratamiento al que serán sometidos posteriormente.

Entre estos contaminantes se encuentran:

MICROORGANISMOS PATÓGENOS

- El agua gris mezclada con el agua pluvial, tiene menor contenido de patógenos que las aguas residuales del inodoro, pero aún podría comportar un riesgo para la salud, ya que es susceptible de contener diferentes virus patógenos, bacterias, protozoos y parásitos intestinales y conlleva el riesgo de poder producir enfermedades como la hepatitis, cólera, diarreas, etc.
- El origen de estos agentes patógenos son las heces de personas infectadas que contaminan el agua gris al lavarse las manos después de usar el inodoro, así como lavar a los niños después de la defecación y el lavado de ropa posterior.
- La infección puede ocurrir por inhalación, ingestión o contacto tópico con agua reutilizada.

MATERIA ORGÁNICA

- Se entiende como restos de alimentos, jabones y detergentes.
- Consume el oxígeno del agua y produce malos olores que pueden molestar a los individuos de la vivienda y de sus alrededores.
- Se debe tener especial cuidado ya que altas cantidades de aceites y grasas podrían crear una capa de grasa en los tanques de decantación y pueden ocasionar fallos en el sistema de tratamiento por obstrucción de las tuberías y las capas de filtración.

³¹ Dr. Alejandro Mariñelarena. *Manual de autoconstrucción de sistemas de tratamientos de aguas residuales domiciliarias*. <<https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/manual-de-autoconstruccion-de-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-domiciliarias>> [Consulta: marzo de 2019]

NUTRIENTES

- Las aportaciones excesivas de nitrógeno y de fósforo favorecen un proceso que se conoce como 'eutrofización' del agua. Consiste en una fertilización que origina un crecimiento desmedido de algunas especies de algas en superficie que terminan por impedir el paso de la luz, de manera que las algas del fondo no pueden realizar la fotosíntesis y el agua acaba perdiendo casi todo el oxígeno. Además, esta contaminación de nitrógeno y fósforo afecta también a las plantas acuáticas que viven sumergidas o flotando en el agua.
- Investigadores de un estudio publicado en la revista *Ecology Letters* han constatado que esta proporción se está alterando en las cuencas fluviales donde la actividad humana es más intensa y donde hay más población
- Advierten que, si se continua de esta manera, los problemas pueden pasar a otros ecosistemas cercanos y afectar zonas de vital importancia para los humanos, además de reducir la disponibilidad de agua para nuestro uso.

32

OTROS CONTAMINANTES

- Ácidos, pinturas, solventes, venenos, etc., que alteran el ciclo de vida de las comunidades acuáticas.

33 34 35 36

³² Sinc. *El fósforo ha pasado de ser un nutriente a ser un contaminante global* <<https://www.agenciasinc.es/Noticias/El-fosforo-ha-pasado-de-ser-un-nutriente-a-ser-un-contaminante-global>> [Consulta: marzo de 2019]

³³ *El reciclaje de las aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural* <https://www.researchgate.net/publication/324039859_El_reciclaje_de_aguas_grises_como_complemento_a_las_estrategias_de_gestion_sostenible_del_agua_en_el_medio_rural> [Consulta: marzo de 2019]

³⁴ CRANFIELD UNIVERSITY. *Disinfection of greywater*. <<https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/handle/1826/2894/Gideon%20P%20Winward.pdf;jsessionid=5AE0C01DD3D4B5867411C2B290DB570A?sequence=1>> [Consulta: marzo de 2019]

³⁵ *El reciclaje de las aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural* <https://www.researchgate.net/publication/324039859_El_reciclaje_de_aguas_grises_como_complemento_a_las_estrategias_de_gestion_sostenible_del_agua_en_el_medio_rural> [Consulta: marzo de 2019]

³⁶ Dr. Alejandro Mariñelarena. *Manual de autoconstrucción de sistemas de tratamientos de aguas residuales domiciliarias*. <<https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/manual-de-autoconstruccion-de-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-domiciliarias>> [Consulta: marzo de 2019]

➤ Parámetros de referencia:

Es necesario saber que la presencia de determinados elementos puede resultar perjudicial para el ser humano y por este motivo, exigir unos parámetros mínimos de cada componente que determinen su calidad es realmente necesario. Además, estos también deben tener un control y mantenimiento de sus niveles adecuado puesto que la superación de ciertos parámetros ya sean biológicos o físico-químicos pueden terminar siendo peligrosos.³⁷

Cuando se utiliza el termino calidad se refiere a las características químicas, físicas o biológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con su impacto en una o más especies acuáticas o en usos humanos, ya sea para consumo o recreativo.³⁸

Agrupando en 4 categorías los parámetros necesarios para determinar la calidad del agua se tiene:

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> , Estreptococos y Clostridios

Figura 2. Parámetros para la determinación de la calidad del agua. Fuente: Waterlogic

Existen distintos parámetros para medir la calidad del agua. En este proyecto, se toman como referencia los parámetros indicados en el R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen

³⁷Hidritec. *Agua de calidad*. < <http://www.hidritec.com/hidritec/agua-de-calidad>> [Consulta: febrero de 2019]

³⁸ THE UNIVERSITY OF ARIZONA. *La calidad del agua, E. coli y su salud*.

<<https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>> [Consulta: febrero de 2019]

Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas. La cantidad que el agua contenga de cada uno de ellos limita el uso final de esta.

Según el R.D. mencionado, aquellos que deben ser siempre controlados son: Nematodos intestinales, *Escherichia Coli*, sólidos en suspensión y turbidez. Los dos primeros como educadores microbiológicos y los otros dos como físico-químicos.³⁹A continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos para poder entender bien que son y en alguna de ellas como llegan hasta el agua utilizada en el hogar.

Microbiológicos: Es decir, microorganismos patógenos para el ser humano.

- **Nematodo intestinal:**
Se trata de gusanos de tamaño milimétrico que están frecuentes en equipos de tratamiento de agua para consumo humano. 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.^{40,41}
- ***Escherichia Coli***
Son un tipo de bacterias coliformes fecales que se encuentran comúnmente en los intestinos de los animales y los seres humanos. A veces, el excremento humano o infectado con *Escherichia Coli* llega a piscinas, lagos y suministros de agua y provoca enfermedades. Su presencia en el agua, es indicadora de que ésta puede estar contaminada con materia de origen fecal.^{42, 43, 44}

Físico-químicos: Es decir, sustancias que pudiera haber en el agua, tales como ciertas sales minerales, pesticidas diversos, elementos radioactivos, compuestos orgánicos, y muchos más generados por la actividad humana.⁴⁵

- **Sólidos en suspensión**
Se trata de sistemas coloidales cuya fase continua es el agua y la discontinua partícula solidas generalmente muy finas. La principal característica es su capacidad para formar

³⁹ Guía para la Aplicación del R.D 1620/2007

⁴⁰ REVISTA COSTARRIQUENSE DE SALUD PÚBLICA. *Nematodos en las plantas de tratamiento de agua para consumo humano en Costa Rica* <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-1429200000200006> [Consulta: 26 de febrero de 2019]

⁴¹ SINC. *Investigan nuevos nematodos presentes en aguas depuradas.*

<<https://www.agenciasinc.es/Noticias/Investigan-nuevos-nematodos-presentes-en-aguas-depuradas>>[Consulta: 16 de febrero de 2019]

⁴³ THE UNIVERSITY OF ARIZONA. *La calidad del agua, E. coli y su salud.* <<https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>> [Consulta: 26 de febrero de 2019]

⁴⁴ AQUA ESPAÑA. *Guía técnica Española de recomendaciones para Reciclaje de Aguas Grises en Edificios.* <<https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/guia-tecnica-espanola-de-recomendaciones-para-el-reciclaje-de-aguas-grises-en-edificios>> [Consulta: 12 de marzo de 2019]

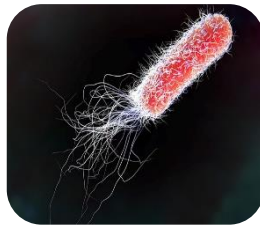
⁴⁵ <http://www.h2opoint.com/grises.ph>

coágulos y uniones de sólidos y mantenerse dispersos en el agua lo cual puede fomentar la turbidez y conllevar una pérdida de calidad del agua.

- **Turbidez**
Surge como resultado de la presencia de componentes indeseables. Se trata de un parámetro directamente relacionado con la cantidad de sólidos en suspensión, a mayor cantidad de sólidos mayor turbidez. A su vez también está relacionado con la transparencia y limpieza del agua. Una turbidez alta es debido a que las partículas suspendidas absorben el calor de la luz del sol, calentando el agua turbia y reduciendo la concentración de oxígeno en el agua, fomentando la eutrofización y degradando la calidad del agua⁴⁶



Nematodo intestinal



Escherichia Coli



Turbidez



Sólidos en Suspensión

Imagen 4. Parámetros de referencia según el R.D. 1620/2007. Fuente: R.D. 1620/2007

Aunque el real decreto únicamente exige a revisión de esos cuatro parámetros, a la hora de analizar la composición de las aguas grises nos encontramos con otros componentes que también son de interés, siendo importantes para la elección del tratamiento a aplicar.

Químicos

- **DBO5:**
Indica la cantidad de materia orgánica susceptible de ser descompuesta biológicamente. Este parámetro mide la concentración de oxígeno disuelto consumida por los microorganismos después de la incubación durante 5 días a 20°C. Esta concentración se expresa en mgO₂/L.
- **Nitrógeno Kjeldahl:**
Contenido de nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal de una muestra, determinado después de su mineralización bajo condiciones específicas. No se incluye el nitrógeno en forma de nitrato o nitrito.
El nitrógeno junto con el fósforo son en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos necesarios para la supervivencia de los microorganismos.
- **pH:**

⁴⁶ HIDRITEC. Agua de calidad. <<http://www.hidritec.com/hidritec/agua-de-calidad>> [Consulta: 13 de marzo de 2019]

Es la medición de grado de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa y se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones H⁺; que es el factor de “intensidad” o acidez.

Microbiológicos

- **Coliformes totales:**
Grupo que comprende distintas especies bacterianas con características bioquímicas comunes y que se utilizan como indicadores de la contaminación del agua. Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes (excepto *Escherichia Coli*) están presentes tanto en aguas residuales como naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales. Otras tienen un origen ambiental. Se incluye también en este grupo el de los coliformes fecales, siendo el miembro más representativo la *Escherichia coli*, la única que se ha asociado a un origen inequívocamente intestinal.

1.5.2 Agua gris de entrada

Normalmente, junto con la contaminación orgánica y microbiológica generada en la higiene personal, las aguas grises pueden contener pequeñas cantidades de jabones, champús, dentífricos, cremas de afeitar, detergentes, pelos, aceites corporales, cosméticos, restos de arena y suciedad. Su composición depende principalmente de su origen, no obstante, es posible considerar los siguientes valores básicos orientativos⁴⁷:

PARÁMETRO	VALOR
SS	45-330 mg/L
Turbidez	22-200 UNT
DBO₅	90-290 mg/L
Coliformes totales	10 ¹ – 10 ⁶ UFC/100 mL
<i>Escherichia Coli</i>	10 ¹ –10 ⁶ UFC /100 mL
Nitrógeno Kjeldahl	2,1-31,5 mg/L

Tabla 1. Parámetros de calidad del agua de entrada. Fuente: Guía técnica Española de Reciclaje de Aguas Grises

Estos datos han sido obtenidos de AQUA ESPAÑA en su guía de recomendaciones para reciclaje de aguas grises en edificios. Por otro lado, se han encontrado otros datos que están desarrollados de una manera más amplia e indica la procedencia de este tipo de aguas, especificando si se trata de bañeras, duchas, lavamanos, lavaderos o cocinas.

⁴⁷ El reciclaje de las aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural <https://www.researchgate.net/publication/324039859_El_reciclaje_de_aguas_grises_como_complemento_a_las_estrategias_de_gestion_sostenible_del_agua_en_el_medio_rural> [Consulta: 13 marzo de 2019]

	UNIDADES	BAÑERA, DUCHAS Y LAVAMANOS	LAVADERO	COCINA	MIXTA
pH	(-)	6,4-8,1	7,1-10	5,9-7,4	6,3-8,1
SST	(mg/L)	7-505	68-465	134-1.300	25-183
Turbidez	(UNT)	44-375	50-444	298	29-375
DQO	(mg/L)	100-633	231-2.950	26-2.050	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	50-1,4 x 10 ³	0	0,1-1,5 x 10 ⁸

Tabla 2. Composición de las aguas grises de entrada. Fuente: Rangos de contaminación de diferentes aguas grises (Fangyue y Wichmann, 2009)

Se ha observado que existe cierta diferencia con los datos mostrados anteriormente. Al tratarse de un estudio poco investigado hasta la actualidad no existe una cantidad amplia de datos sobre los que poder contrastar o que se puedan escoger como referencia por lo que se ha decidido trabajar con los datos más altos y poder así satisfacer al mismo tiempo a los dos estudios. Esto, es posible ya que no se tratan de datos llamativamente distintos.

Profundizando más, y analizando la tabla, se puede ver que las características de aguas grises de diferentes categorías muestran que:

- Las aguas grises procedentes de la bañera, duchas y lavamanos tienen un valor de DBO₅ más bajo que el resto.
- Las aguas grises de cocina contribuyen con altos niveles de materia orgánica, sólidos en suspensión, turbidez y nitrógeno.

Por otro lado, Jefferson et al. (2001) detectaron que la deficiencia de macronutrientes y nutrientes traza en las aguas grises puede limitar la eficiencia de tratamientos necesarios. Es por ello por lo que resulta verdaderamente interesante conocer las concentraciones de nutrientes que poseen las aguas en nuestro proyecto.

También se debe tener en cuenta es que no todos los tipos de aguas grises tienen una cantidad similar de nutrientes. Esto, se refleja en la siguiente tabla:

NUTRIENTES AGUAS GRISES
Hernández et al. (2007)

N (mg/L)	17,2-47,78
-----------------	------------

P (mg/L)	4,17
S (mg/L)	19
Ca (mg/L)	60,79
K (mg/L)	11,2-23,28

Tabla 3. Concentración de nutrientes presentes en las aguas grises. Fuente: Rangos de contaminación de diferentes aguas grises (Fangyue y Wichmann, 2009)

1.5.3 Agua pluvial de entrada

Una vez determinada la composición de las aguas grises, se procede a investigar la de las aguas pluviales.

Existen múltiples posibilidades para captar el agua procedente de la atmósfera. En este proyecto únicamente se tendrán en cuenta aquellas procedentes de la cubierta de la vivienda.

Este tipo de aguas, a diferencia de las grises, tienen otra manera de caracterizarse debido a que se trata de aguas con un caudal y regularidad muy inestable. Pueden parecer aguas no contaminadas y pueden estarlo.

El volumen de agua disponible procedente de la lluvia depende de tres factores, estos son:

- La zona geográfica, con sus características climatologías e higrotérmicas.
- El propio edificio, en cuanto a la superficie en proyección horizontal de las cubiertas.
- Los materiales de que se componen esas superficies.

Teniendo en cuenta los parámetros indicados, la composición del agua pluvial de entrada es la que se muestra en la siguiente tabla:

PARÁMETROS	VALOR
SS	60 mg/L
DQO	30 mg/L
DBO₅	5 mg/L
N. Total	1,6 mg/L
P. Total	-
CF/100 mL	-

Tabla 4. Valor de parámetros de calidad. Fuente: Las aguas residuales en la arquitectura sostenible. PALMA CARAZO, I.J. (2003)

Como se puede observar, las aguas pluviales contienen menos carga contaminante que las grises por lo que cualquier tratamiento que se aplicara para reducir los que existieran en las aguas grises servirían para acabar con los de las pluviales.

Por tanto, la calidad del agua de la que partimos viene determinada por las características de las aguas grises.

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

Una vez conocida la composición de las aguas grises y del agua pluvial es necesario adecuarla a los usos a los que vaya a ser destinada. En este proyecto será a dos usos concretos mencionados anteriormente. Estos son: recarga de cisternas y riego de jardines privados.

Debido a que la reutilización de aguas grises es algo relativamente novedoso y no está del todo desarrollado, como referencia se utiliza el Real Decreto 1620/2007 de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

Los parámetros que debe cumplir el agua están indicados en el ANEXO I.A en la tabla que se muestra a continuación:

ANEXO I.A: CRITERIOS DE CALIDAD PARA LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS SEGÚN SUS USOS

CALIDAD REQUERIDA

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES ¹	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
1.- USOS URBANOS					
CALIDAD 1.1: RESIDENCIAL ² a) Riego de jardines privados. ³ b) Descarga de aparatos sanitarios. ³	1 huevo/10 L	0 (UFC ⁴ /100 mL)	10 mg/L	2 UNT ⁵	OTROS CONTAMINANTES ⁶ 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 ⁷ deberá asegurarse el respeto de las NCAs. ⁸
CALIDAD 1.2: SERVICIOS a) Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos y similares). ³ b) Baldeo de calles. ³ c) Sistemas contra incendios. ⁹ d) Lavado industrial de vehículos. ⁹	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT	<i>Legionella spp.</i> 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)

Tabla 5. Valores máximos previstos de cada parámetro. Fuente: R.D. 1620/2007

Esta tabla nos permite adoptar una idea clara de las características exigidas y poder contrastar el agua del que partimos y su necesidad de tratamiento.

La reutilización de agua implica dejar de lado el método convencional donde el destino de las aguas era el vertido a cauces de agua en el cual no existía distinción de tratamientos entre aguas grises y aguas negras.

Se sabe que del 100% del agua potabilizada que las compañías suministran a los hogares únicamente el 55% se emplea en usos en los que es estrictamente necesaria su potabilidad. El 45% restante no es necesario que sea potable, aunque si se debe tratar de agua tratada que

cumpla con los valores máximos admisibles del uso al que esté destinada.⁴⁸ De manera que, casi la mitad del agua que se utiliza en las viviendas podría proceder de aguas grises tratadas.⁴⁹

Por ello, el hecho de tratarlas por separado y conocer exactamente la calidad necesaria para los usos a los que se va a destinar el agua tratada supone una gran ventaja ya que permite realizar un tratamiento específico para cada tipo por separado y suponer un ahorro económico en el hogar.

Asimismo, y dependiendo del tipo de aplicación o destino del agua regenerada, el RD de reutilización exige controlar otro tipo de parámetros, como, por ejemplo, la *Legionella* spp. en caso de que se produzca aerosolización, o el nitrógeno y el fósforo total en el caso de recarga de acuíferos o llenado de estanques con riesgo de eutrofización.⁵⁰

Además, el R.D. 1620/2007 también indica las frecuencias mínimas de muestreo necesarias de cada parámetro a controlar. Las frecuencias mínimas de análisis de cada uno de los parámetros y su posible modificación, según el uso al que se destine el agua regenerada se detallan a continuación:

- Nematodos intestinales
Se establece una frecuencia quincenal para la mayoría de usos.
- *Escherichia coli*
Dos veces por semana para usos urbanos
- Sólidos en suspensión
Frecuencia mínima de análisis es semanal.
- Turbidez
La frecuencia mínima de análisis es dos veces por semana.

Finalmente, una vez conocidas las calidades de entrada y las necesarias de salida se pueden avanzar en el estudio sobre los tratamientos que deben ser aplicados para poder conseguir los criterios indicados por la normativa.

⁴⁸ https://www.edificacion.upm.es/personales/santacruzold/Documentos/informeAGUAS_RESIDUALES.pdf

⁴⁹ <file:///C:/Users/ANA/Desktop/RECURSOS%20COMPLEMENTARIOS%20-%20AGUAS%20GRISES%20-%20GAA%20-%202012-2013.pdf>

⁵⁰ Anexo I.A del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Utilización de las Aguas Depuradas

2. OBJETO

El objetivo de este proyecto consiste en implantar un sistema de reutilización de las aguas grises generadas y de las aguas pluviales recogidas en dos viviendas unifamiliares adosadas. Con ello, se pretende reducir el consumo de agua en las viviendas, tratando las aguas grises y pluviales para determinados usos, como son el riego de jardines y la carga de cisternas.

Los tratamientos necesarios para su utilización resultan muy económicos, aunque cabe mencionar que la reutilización de aguas grises no es muy habitual, lo que implica trabajar con falta de información sobre la composición de éstas y sus posibles tratamientos. Con este proyecto, se pretende familiarizar a la gente con este método tan sencillo que puede contribuir con el ahorro de agua tan necesario en estos tiempos.

3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

En este apartado, se introduce información geográfica básica para poder situar la zona en la que va a tener lugar el proyecto.

El proyecto se realiza en un municipio de Vizcaya situado junto al mar Cantábrico denominado Sopelana. Esta ubicación resulta idónea para la captación de aguas de lluvia ya que se trata de una zona con alto índice pluviométrico y esto beneficia enormemente la capacidad de reutilización del agua.



Imagen 5. Ubicación de la provincia de Bizkaia. Fuente: Google Maps.

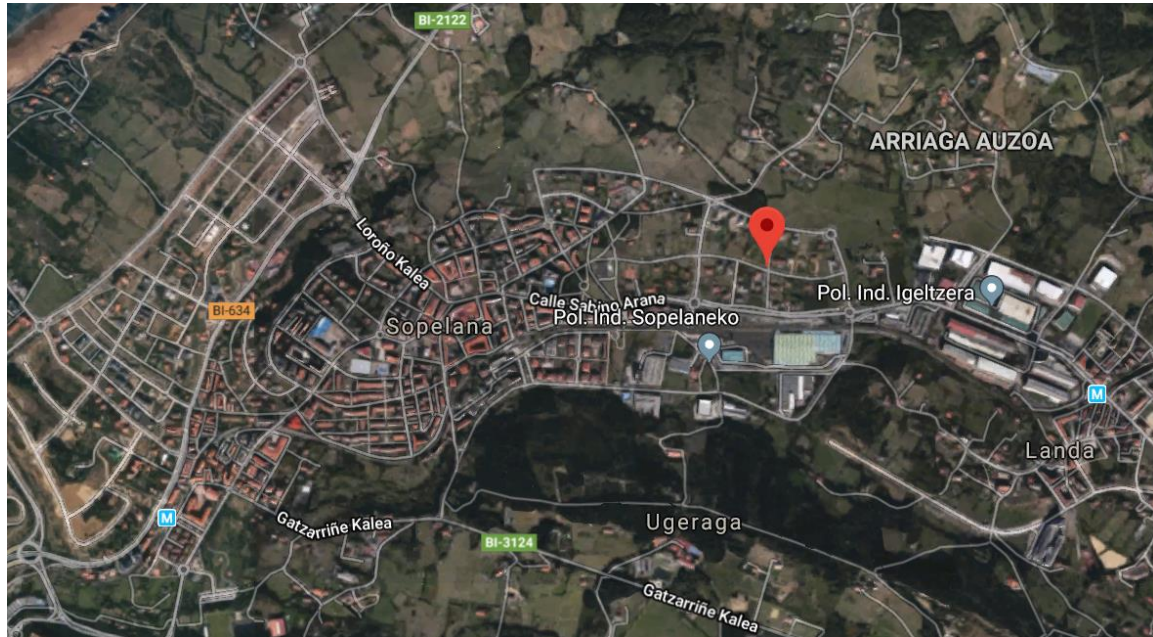


Imagen 6. Ubicación del municipio de Sopelana. Fuente: Google Maps.

Tras investigar sobre métodos de reutilización de aguas grises se ha observado que existen distintos sistemas que están muy demandados para su uso en viviendas unifamiliares, comunidades de vecinos, instalaciones deportivas como campos de fútbol o piscinas, hoteles y universidades.

En este caso, se ha optado por implantar un sistema de reutilización de aguas grises en un conjunto de viviendas unifamiliares ya que, siendo tan necesario el ahorro de agua, la idea de poder contribuir con las actividades diarias que se realizan en nuestro hogar sin casi esfuerzo es una oportunidad realmente buena.

Concretamente, las viviendas unifamiliares escogidas están situadas en la calle Historiaurre bidea.



Imagen 7. Vista en planta ampliada de la calle de las viviendas unifamiliares. Fuente: Google Maps.

Se trata de 3 viviendas de nueva construcción cuya disposición es la siguiente:



Imagen 8. Vista en alzado de las viviendas unifamiliares. Fuente: Pisos.com

Cuya distribución es la siguiente:



Imagen 9. Distribución interior de las viviendas unifamiliares. Fuente: pisos.com

Se ha decidido aprovechar conjuntamente el agua gris y pluvial de las dos viviendas adosadas situadas a la izquierda de esta imagen, ya que, al tener prácticamente la misma distribución los cálculos a realizar no varían prácticamente y su proximidad permite utilizar una misma instalación.

4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

El objetivo principal de esta parte del proyecto consiste en analizar las diferentes soluciones de tratamiento de aguas grises y pluviales que se pueden adoptar en las viviendas unifamiliares de estudio.

Los datos de partida han sido expuestos anteriormente y quedan recogidos de una manera esquemática en la siguiente tabla. A la que a la izquierda se muestra la calidad de las aguas con las que se cuenta para realizar el tratamiento y a la derecha los parámetros que deben cumplir para alcanzar la calidad exigida por el R.D. 1620/2007.



CALIDAD DE LAS AGUAS DE ORIGEN	CALIDAD DE LAS AGUAS DE SALIDA
	
<input type="checkbox"/> Nematodos intestinales: -	<input type="checkbox"/> Nematodos intestinales: 1 huevo/10L
<input type="checkbox"/> <i>Escherichia Coli</i> : 10-1-10-5 UFC/100mL	<input type="checkbox"/> <i>Escherichia Coli</i> : 0 (UFC/100mL)
<input type="checkbox"/> Sólidos en Suspension: 45-330mg/L	<input type="checkbox"/> Sólidos en Suspension: 10 mg/L
<input type="checkbox"/> Turbidez: 29-375 UNT	<input type="checkbox"/> Turbidez: 2UNT

Tabla 6. Resumen de calidad de aguas de entrada y calidad de aguas de salida. Fuente: R.D. 1620/2007.

El agua que ingresa de nuevo a la red de abastecimiento de las viviendas unifamiliares debe situarse dentro de los parámetros indicados por la ley actual de calidad de aguas, por lo que se deben realizar los tratamientos correspondientes para llevar el agua del que se dispone a los valores que permitan su cumplimiento con el R.D. 1620/2007.

Las características de agua de partida determinarán el diseño del tratamiento necesario. Como punto a destacar, llama la atención que la cantidad de *Escherichia Coli* que se debe alcanzar una vez realizado el tratamiento es de cero UFC/100 mL por lo que se debe asegurar la inexistencia de este tipo de bacterias una vez realizado el tratamiento. Por otro lado, las cantidades de sólidos en suspensión y turbidez necesarias también son relativamente bajas.

En cuanto al dato de los nematodos intestinales, este se desconoce. No existe información exacta, pero, al igual que la *Escherichia Coli*, si se sabe que ambos se tratan de microorganismos biológicos. Por lo que, al tener que disponer un tratamiento que asegure la eliminación de *Escherichia Coli* también quedará entonces garantizada la ausencia de nematodos intestinales.

Una vez conocidos estos datos, se realizará un estudio sobre los diferentes tratamientos que cumplan con el RD de la reutilización. A lo largo de este apartado, se expondrán las alternativas posibles y en base a unos criterios se escogerá y justificará la más adecuada.

4.1 Tratamientos necesarios para la obtención de la calidad exigida

4.1.1 Objetivo de los tratamientos

El tratamiento tiene como objetivo fundamental mejorar la calidad física, química y bacteriológica del agua proveniente de la vivienda con el fin de entregarla de nuevo al consumo, apta, inocua y aprovechable para el hombre. Además, debe incidir en los siguientes aspectos básicos:

- Higiene: eliminar o reducir del agua las bacterias, protozoos, quistes, parásitos y en especial aquellos que son patológicos para el hombre. Reducir la excesiva mineralización o materias orgánicas que pueden originar trastornos fisiológicos de diferente orden a los consumidores.
- Estético: hay factores físicos característicos de las aguas tales como color, olor, turbiedad y sabor, que son los que más impresionan al público consumidor, y aunque no constituyen un problema que afecte la salud pública, deben reducirse su concentración para que el público no las rechace.
- Económico: el efecto corrosivo o incrustante del agua hace que las cañerías tengan menor vida útil. La dureza ocasiona mayor consumo de jabón, obstruye los sistemas de calefacción, tuberías y cuerpos de calderas, afectando esto a la economía de cada individuo.

4.1.2 Tipos

En este apartado se pretende analizar los distintos tipos de tratamientos existentes que puedan ser utilizados en esta vivienda unifamiliar.

Esta reutilización de aguas grises es posible gracias a unos equipos compactos, pequeñas plantas de tratamiento enterradas o en superficie que, tras recibir las aguas usadas, las devuelven en unas condiciones de gran pureza y las hacen aptas para estos usos mencionados. Las instalaciones constan de unas tuberías independientes por donde circulan las aguas grises junto con las pluviales hasta llegar a unos depósitos, donde se lleva a cabo un tratamiento de depuración.⁵¹

⁵¹ <http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Tratamiento-reciclado-de-agua-62658.html> (24 de febrero)

La mayoría de las líneas de tratamiento tienen una etapa de separación de sólido y líquido como pretratamiento, seguida por una etapa de desinfección como postratamiento.⁵² No existe un proceso ya definido sobre cómo debe ser exactamente el tratamiento, cuantas etapas debe tener o qué tipo de procesos se deben realizar. Este, entre otras cosas depende de la cantidad de contaminantes que se quieran eliminar, la rapidez con la que se pretenda realizar, el espacio del que se disponga, y el coste que requiera la instalación. A continuación, lo que se pretende conseguir es, poder definir las etapas a seguir en este proyecto.

Dentro de la amplia gama de procesos existentes en el tratamiento de aguas, pueden ser clasificados según el modo de operación: físicos, químicos, y biológicos, o más de uno a la vez. Cada uno de ellos tiene una función distinta que hace necesario su uso o no.

- Físicos

Dependen de las propiedades físicas del contaminante entendiendo como tales el tamaño de la partícula, el peso específico, la viscosidad, etc.

Tienen como objetivo eliminar las partículas sólidas en suspensión que acompañan al agua, así como los aceites y las grasas. Están basados en sistemas de filtración tipo filtros de malla, anillas, arenas, etc., con o sin separación de sólidos y/o grasas. Además, simultáneamente se puede eliminar parte de la materia orgánica, haciendo uso de filtros con huecos milimétricos que permitan captar hasta los microorganismos más pequeños.⁵³

- Químicos

Dependen de las propiedades químicas de los contaminantes o de las propiedades químicas de los reactivos incorporados.

- Biológicos:

Utilizan reacciones bioquímicas para la eliminación de contaminantes solubles o coloidales y estos pueden ser anaeróbicos (se realizan en ausencia estricta de oxígeno) o aeróbicos (se realizan en presencia de oxígeno).

Los principales objetivos de los procesos biológicos son: eliminación de la materia orgánica carbonácea, eliminación de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, y estabilización de la materia orgánica.⁵⁴

⁵² *El reciclaje de las aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural* <https://www.researchgate.net/publication/324039859_El_reciclaje_de_aguas_grises_como_complemento_a_las_estrategias_de_gestion_sostenible_del_agua_en_el_medio_rural> [Consulta: marzo de 2019]

⁵³ INGEEXPERT. *Tratamientos físicos en las tecnologías de depuración de aguas*. <<https://ingeoexpert.com/articulo/tratamientos-fisicos-las-tecnologias-depuracion-aguas-residuales/?v=04c19fa1e772>> [Consulta: marzo de 2019]

⁵⁴ <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1545/0de3.JABRcap1acap3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

En la siguiente tabla se recogen los procesos unitarios más utilizados en la depuración de afluentes. De esta manera, lo que se pretende es conseguir una visión general sobre los procesos entre los que se planteará realizar los tratamientos.

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	

Imagen 10. Posibles procesos para la eliminación de contaminantes. Fuente: Las aguas residuales en la arquitectura sostenible. PALMA CARAZO, I.J. (2003)

La realidad es que no existe un proceso ya definido sobre cómo debe ser exactamente el tratamiento, cuantas etapas debe tener o qué tipo de procesos se deben realizar. Este, entre otras cosas depende de la cantidad de contaminantes que se quieran eliminar, la rapidez con la que se pretenda realizar, el espacio del que se disponga, y el coste que requiera la instalación.

El análisis detallado de los distintos procesos de tratamiento de aguas grises y pluviales lleva a la conclusión de que realizar únicamente un tipo resulta insuficiente para garantizar la adecuada reducción y en su caso eliminación de materia orgánica, turbidez, sólidos en suspensión y nematodos intestinales. Por ello, en los siguientes apartados se estudiarán y plantearán distintas combinaciones de tratamientos.

Será entonces necesario marcar unas pautas iniciales de selección donde se consideren las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, atendiendo a factores tales como: rendimiento, fiabilidad técnica, estabilidad, integración, control, explotación, necesidades espaciales, etc.⁵⁵Estos, serán definidos más adelante a la hora de escoger el tratamiento idóneo para lograr el objetivo del tratamiento.

Los tratamientos que se realizarán a la mezcla de aguas grises y pluviales son posibles gracias a una serie de equipos compactos. Se trata de pequeñas plantas de tratamiento enterradas o en superficie que, tras recibir las aguas usadas, las devuelven en unas condiciones aptas para estos usos mencionados. Las instalaciones constan de unas tuberías independientes por donde circulan las aguas grises junto con las pluviales hasta llegar a unos depósitos, donde se llevan a cabo los tratamientos necesarios.⁵⁶

Finalmente, según diversas bibliografías consultadas se sabe que, aunque existen varios procesos de tratamiento de este tipo de aguas, el funcionamiento básico de estos procesos mantiene un mismo esquema⁵⁷, donde existe una primera etapa de tratamiento seguido de una final de desinfección.



La desinfección resulta necesaria ya que como se ha comentado anteriormente se debe asegurar la ausencia de macroorganismos presentes en las aguas.

4.2 Estudio del tratamiento

Dentro de la multitud de tratamientos existentes, los más convenientes para este tipo de aguas son los siguientes:

- Físico-biológicos.
- Físico-químicos.
- Mixtos.

⁵⁵ PALMA CARAZO, I.J. (2003). *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. Navarra: editorial EUNSA

⁵⁶ <http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Tratamiento-reciclado-de-agua-62658.html> (24 de febrero)

⁵⁷ Aqua 2011 b

A continuación, se realizará una descripción de cada uno de ellos con el fin de entender su funcionamiento, ventajas y desventajas y poder así escoger el más adecuado.

4.2.1 Tratamiento físico-biológico



Imagen 11. Esquema del tratamiento físico-biológico. Fuente: Aqua España.

En este tipo de tratamiento se realizarán una serie de etapas de filtración y de digestión microbiana para que el tipo de aguas de partida puedan llegar a ser utilizadas como agua para el riego de jardines privados y recarga de los inodoros.⁵⁸

Como tratamiento físico, se hace uso de uno de los más comunes: la filtración. El filtrado se realiza en el momento de entrar el agua en el depósito y consiste en que las partículas de mayor tamaño son recogidas mecánicamente y posteriormente expulsadas con el fin de evitar una posible obstrucción del sistema.

Este proceso de filtración se puede realizar mediante diversos métodos, entre ellos destacan:

- ✓ Filtración en arena gruesa.
- ✓ Filtración con membranas.

La manera de escoger uno de ellos se basará en la capacidad de eliminación de contaminantes que ofrecen. Esto, queda recogido en la siguiente tabla:

⁵⁸ <<https://www.iagua.es/blogs/cristina-assenjo-lopez/tratamiento-aguas-griseS>> [Consulta: de marzo 2019]

	Sólidos en Suspensión (%)	Turbidez (%)	E. Coli (%)	Nematodos (%)
Filtración	60-80	30-60	0,5-1,5	99
Membranas	90-95	90-95	Ausencia	Ausencia

Tabla 7. Efectividad filtración/membranas. Fuente: Aqualia. Congreso Internacional de Medio Ambiente, 2007

Al analizar esta tabla, se observa que la filtración mediante membranas asegura la ausencia de *Escherichia Coli* además de ser la más efectiva en cuanto a la eliminación del resto de contaminantes. Por su parte, la filtración en arena gruesa permite reducir la *Escherichia Coli* al 99% pero no al completo de manera que no cumpliría con los límites establecidos por el R.D. 1620/2007. Esto hace que no exista duda de que el tratamiento elegido será la filtración con membranas.

Se trata de la combinación de dos procesos; degradación biológica y separación por membrana, en uno único, en el que los sólidos en suspensión y microorganismos responsables de la biodegradación son separados del agua tratada mediante una unidad de filtración por membrana.

Dentro de los equipos compuestos de membranas, los más comunes son los biorreactores de membrana (MBR) y los filtros biológicos aireados (BAF). A continuación, se describe brevemente cada uno de ellos:

- ✓ BAF: Combinan la filtración con un reactor biológico. Como tales, no presentan una barrera absoluta al material suspendido y, por lo tanto, no desinfectan sustancialmente el agua lo que hace que no sea interesante para lograr objetivo a cumplir en este proyecto.
- ✓ MBR: Combinan un reactor de lodo activado con una membrana de filtración. A modo de curiosidad, se han empleado con éxito en Japón para el reciclaje de aguas grises en bloques de oficinas y edificios residenciales y ha resultado ser un tratamiento muy acertado, por lo que resulta una buena opción para este proyecto de viviendas unifamiliares.

En los últimos años, los biorreactores de membrana están resultando ser una de las tecnologías más efectivas dentro de los tratamientos físico-biológicos. Se trata de equipos consistentes en hacer pasar las aguas grises de origen, una vez filtradas, a través de unos módulos de membranas, también llamados biorreactores de membrana⁵⁹.

En ellos, se distinguen dos partes principales:

- ✓ **Reactor biológico:** responsable de la degradación de los compuestos presentes en el agua residual.

⁵⁹ <https://www.interempresas.net/Instaladores/Articulos/206586-Reutilizacion-aguas-grises-edificios-alternativa-eficaz-escasez-recursos-hidricos.html>

✓ **Módulo de membranas:** encargado de llevar a cabo la separación física de mezcla.⁶⁰

❖ **Funcionamiento:**

El principio es bastante simple: la membrana actúa como un filtro muy específico que dejará pasar el agua, mientras que retiene los sólidos suspendidos y otras sustancias.

Para conocer un poco la idea de cómo se realiza el proceso, la siguiente imagen muestra la manera en que actúan las membranas.

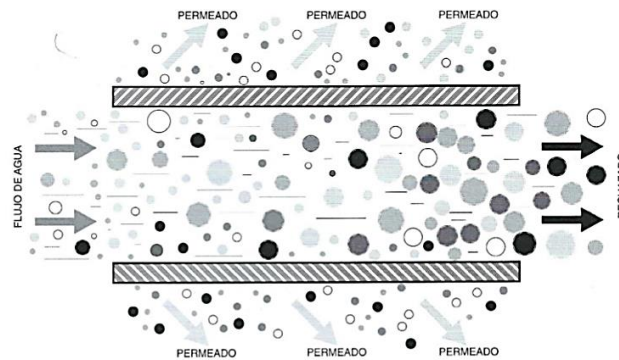


Imagen 12. Esquema de funcionamiento de filtración por membrana. Fuente: *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. PALMA CARAZO, I.J. (2003)

El flujo de agua entra desde la izquierda, las partículas más pequeñas atraviesan la membrana mientras que aquellas más grandes cuyo tamaño no cumple con la normativa de uso del agua, continúan separadas y más tarde serán evacuadas.

El tipo de membrana dependerá del tamaño de los contaminantes que se quieren eliminar. Se dispone de los siguientes tipos de membrana:

- La microfiltración (MF).
- La ultrafiltración (UF).
- Nanofiltración.
- Osmosis inversa.

Es necesario investigar sobre sus diferencias para poder así escoger la más adecuada para la limpieza de las aguas del proyecto. Cada tipo de membrana, posee un distinto tamaño de poro por el que pasa el agua contaminada, por lo que cada uno de ellos estará destinado a eliminar distintos tipos de contaminantes. Por tanto, se debe conocer el tamaño de contaminantes presentes el agua ya que se trata de una característica que juega un papel muy importante en el rendimiento del tratamiento.

⁶⁰ Dim Water Solutions. *Biorreactores de membranas*. <<http://www.dimasagrupo.com/wp-content/uploads/2018/05/Presentación-MBR-OK.pdf>> [Consulta: de 2019]

Se requiere el uso de las dos primeras cuando se deben retener las partículas más grandes, como, por ejemplo, los sólidos en suspensión, bacterias, proteínas, etc. Las dos restantes, cuando el objetivo que se persigue consiste en separar sales disueltas en el agua o desmineralizarla.

La siguiente imagen muestra una idea general de los distintos tipos y del tipo de contaminantes que son capaces de eliminar:

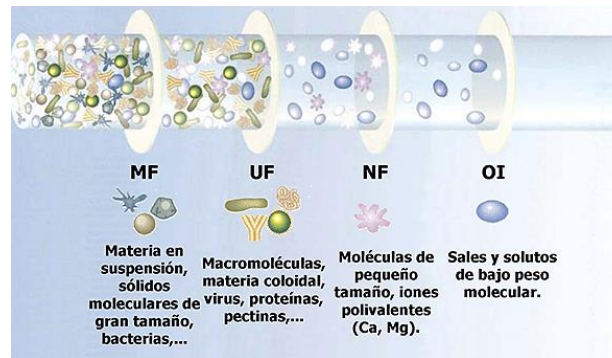


Imagen 13. Tipos de membrana. Fuente: *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. PALMA CARAZO, I.J. (2003)

Para poder profundizar en cada uno de ellos, y poder elegir con más exactitud el tipo más adecuado, se muestra la siguiente tabla:

	Osmosis inversa	Nanofiltración	Ultrafiltración	Microfiltración
Membrana	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica	Simétrica/Asimétrica
Grosor Película	150 μm - 1 μm	150 μm - 1 μm	150-250 μm - 1 μm	10- 150 μm
Tamaño de poro	<0.002 μm	<0.002 μm	0.2-0.02 μm	4-0.02 μm
Rechazo	Componentes de alto y bajo peso molecular. (sales, glucosa, aminoácidos)	Componentes de alto peso molecular. (oligosacáridos glucosa, aminoácidos)	Macromoléculas, proteínas, polisacáridos, virus	Partículas, bacteria, barro
Material habitual	Polimérico	Polimérico	Cerámico, polimérico.	Cerámico, polimérico.
Módulos de membrana	Tubulares (espirales y planas)	Tubulares (espirales y planas)	Tubulares (espirales, fibra hueca y planas)	Tubulares (fibra hueca)
Presión de operación	15-150 bar	5-35 bar	1-10 bar	<2bar

Tabla 8. Datos sobre los tipos de membrana. Fuente: *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. PALMA CARAZO, I.J. (2003)

Antes de nada, cabe destacar que, en el caso de la micro y ultrafiltración, las presiones de trabajo son más bajas y hay un mayor flujo de producción.

Teniendo en cuenta los contaminantes a eliminar en este proyecto, tanto la microfiltración (MF) como la ultrafiltración (UF) serían válidas para cumplir con las restricciones impuestas por los usos a los que se destina el agua.

Estos sistemas emplean membranas que pueden garantizar una gran disminución de bacterias en el efluente producido además de la total ausencia de huevos nematodos. Igual eficacia se muestra con respecto a los parámetros físico-químicos, obteniendo una turbidez alrededor de 0 UNT y ausencia casi total de materia particulada. Estos rendimientos se alcanzarán independientemente de la calidad del influente.⁶¹

La efectividad tanto de la microfiltración como de la ultrafiltración se recoge en siguiente tabla.

	Microfiltración	Ultrafiltración
SS permeado (mg/L)	<1	<1
Turbidez permeada (NTU)	<0,5	<0,5
DBO5 permeado (mg/L)	<10	<5
<i>Escherichia Coli</i> UFC/100 mL (sin cloración)	100	Ausencia
Nematodos intestinales (huevos/L)	Ausencia	Ausencia

Tabla 9. Efectividad microfiltración/ultrafiltración. Fuente: Aqualia. Congreso Internacional Medio Ambiente 2007

Aquel nivel de restricción que exija una <<Calidad 1.1>> se ha comprobado que este podrá obtenerse perfectamente mediante microfiltración.

Otro criterio que confirma que esta elección resulta idónea está en la diferencia de coste que implica cada uno de ellos.

Los costes asociados a la **microfiltración** son los siguientes (Prats y Melgarejo ,2006):

- ✓ Costes de implantación: 2.400-4.800 euros/m³/h
- ✓ Costes de explotación:
 - Productos químicos: 0,010 – 0,015 euros/m³
 - Consumo eléctrico: 0,012 – 0,015 euros/m³

Los costes asociados a la **ultrafiltración** son los siguientes (Prats y Melgarejo ,2006):

- ✓ Costes de implantación: 4.000-6.500 €/m³/h
- ✓ Costes de explotación:
 - Productos químicos: 0,0025 – 0,003 euros/m³ a depresión y 0,012 – 0,025 euros/m³ a presión
 - Consumo eléctrico: 0,009 – 0,015 euros/m³

Por tanto, sabiendo que la calidad obtenida cumple con el R.D. 1620/2007 y que el coste es significativamente más bajo la mejor opción será hacer uso de la microfiltración.

⁶¹<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70486/fichero/TFM+MARINA+ROBLES+GARCIA+FINAL.pdf>

4.2.1.1 Elección de la forma y configuración de la membrana

En cuanto a la forma de las membranas, se debe saber que existen 4 tipos:

- Fibra hueca
- Membrana plana
- Tubular
- Cerámicas.

En este caso, se hará uso del tipo de membrana de fibra hueca ya que para la membrana plana y la forma tubular se necesita mucho caudal y las cerámicas necesitan disponer de mucho espacio. Como el caudal del que se dispone es pequeño frente a aquellos como industrias, oficinas, hoteles, etc. se puede considerar que es bajo y como además se quiere aprovechar el espacio al máximo posible, demuestra que la opción escogida es la idónea.

Sus configuraciones más comunes son las siguientes:

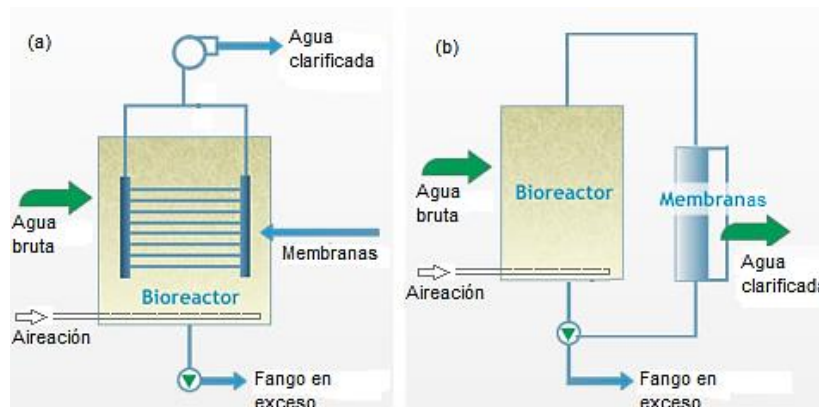


Imagen 14. a) MBR membrana sumergida. b) MBR membrana externa. Fuente: Yacutec.

- ✓ **Membranas externas o sistema de bucle externo:** El contenido de reactor biológico se bombea al módulo de membranas. Las ventajas de este modelo residen en que el propio módulo de membranas sirve de contenedor de limpieza para las mismas y se evita su manipulación.
- ✓ **Membranas sumergidas o sistema sumergido:** Las membranas se sitúan dentro del propio reactor biológico, eliminando las necesidades de bombeo y aprovechando la agitación mecánica de la aireación.⁶²

Los dos sistemas muestran un rendimiento biológico similar, pero la permeación de la membrana difiere entre ellos.

⁶² Fundación para el conocimiento de Madrid. MBR. Una alternativa de tratamiento para la reutilización del agua <<http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2007/04/12/63351>> [Consulta: de 2019]

Por un lado, los sistemas externos se ejecutan a presiones de trans-membrana más altas, produciendo mayores tasas de flujo que exacerban los problemas de ensuciamiento y, por lo tanto, requieren una limpieza regular.

Por otro lado, los sistemas internos funcionan de forma hidráulica, lo que genera tasas de flujo mucho más bajas que, sin embargo, son estables, lo que reduce los requisitos de limpieza de la membrana una vez cada seis meses en lugar de mensual, semanal o incluso diario para la configuración de la corriente lateral que funciona en forma cruzada modo de flujo.

A pesar de que inicialmente la membrana de circuito externo era la más extendida por ser la primera configuración con la que se empezó a trabajar, actualmente los MRB de circuito interno (membrana sumergida) son los más frecuentes. La aparición de membranas orgánicas más económicas y resistentes junto con los bajos costes energéticos y mayores flujos de filtración han acelerado en todo el mundo el uso comercial de los MRB sumergidos⁶³ Por estos motivos, ha sido la escogida para este tratamiento.

Además, ciertos investigadores lo confirman. Liu et al. (2005) usaron una MBR sumergida de Mitsubishi Rayon (polietileno, tamaño de poro de 0,4 micras) para el tratamiento de las aguas grises del baño y el estudio demostró que la degradación biológica eliminó la mayor parte de los contaminantes. Y más tarde, en 2008 evaluaron la idoneidad del sistema de membrana sumergida en el tratamiento del agua gris.

4.2.2 Tratamiento físico-químico

El logro de estándares de uso de agua no potable para aguas grises exige una eliminación considerable de la turbidez y SS que pueden lograrse mediante técnicas físico-químicas como la filtración y la coagulación.

Estas son técnicas convencionales y rentables utilizadas en los esquemas comunitarios de suministro de agua.

Según la guía técnica de aguas grises, los procesos con los que debe contar son los siguientes:

- Uso de un prefiltros para eliminar los residuos y las partículas previas al almacenamiento.
- Dosificación de coagulantes / floculantes.
- Filtración de afino
- Desinfección para evitar el crecimiento microbiológico (p.ej.: hipoclorito sódico, UV, etc.).

⁶³ Documento de la ehu que está en el escritorio. (Adham et al. 2001).

4.2.2.1 Descripción del tratamiento

❖ Funcionamiento:

Este tipo de equipos con tratamiento físico-químico combinan una primera fase de tratamiento de filtración de gruesos (tratamiento físico) y una aireación mediante sopladores, con un tratamiento posterior de carácter químico, mediante la dosificación de coagulantes y floculantes y una segunda fase de desinfección. En este apartado únicamente se explicarán los procesos que tienen lugar en las primeras etapas dejando para más adelante el estudio sobre la desinfección.

En la siguiente imagen se muestra una idea general del funcionamiento de este tratamiento:



Imagen 15. Equipo de reutilización de aguas grises con tratamiento físico-químico. Fuente: Inter empresas.

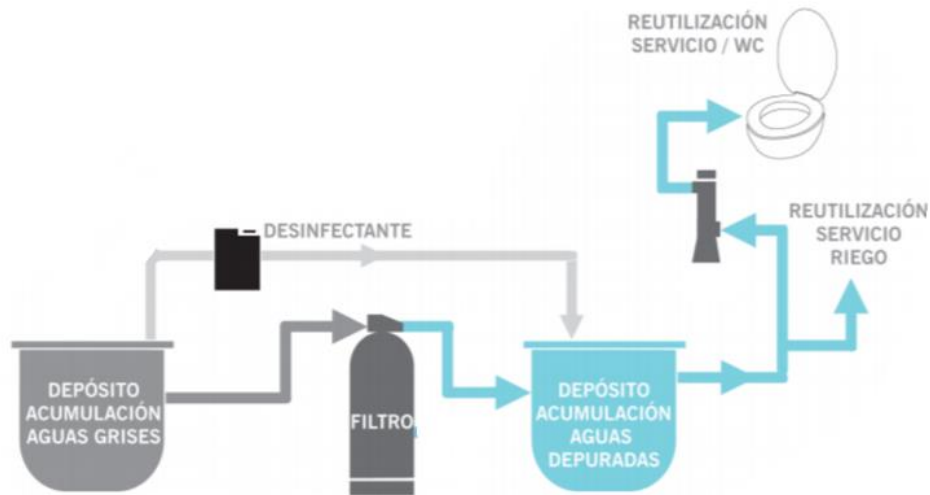


Imagen 16. Esquema del tratamiento físico-químico. Fuente: Aqua España.

El proceso consiste en lo siguiente:

El depósito situado a la derecha es el encargado de recibir las aguas grises y pluviales provenientes directamente de las actividades de la vivienda. En la propia boca de este, se sitúa un filtro.

El proceso de filtración es un procedimiento en el que se utiliza el paso de una mezcla sólido-líquido a través de un medio poroso (filtro) que retiene los sólidos y deja pasar los líquidos (filtrado). La operación completa de filtración consta de dos fases: filtración y lavado o regeneración.

La fase de filtración en la que se elimina la materia en suspensión, se lleva a cabo haciendo circular el agua a través de un lecho granular, con o sin la adición de reactivos químicos. Dentro del medio granular, la eliminación de los sólidos en suspensión contenidos en el agua, se realiza mediante un complejo proceso en el que intervienen uno o más mecanismos de separación. El final del ciclo de filtrado se alcanza cuando empieza a aumentar el contenido de sólidos en suspensión en el efluente hasta alcanzar un nivel máximo aceptable, o cuando se produce una pérdida de carga prefijada en la circulación a través del lecho filtrante.

Al alcanzar cualquiera de estas condiciones, se termina la fase de filtración, y se debe lavar el filtro a contracorriente para eliminar la materia que se ha acumulado en el lecho granular filtrante. Para ello, se aplica un caudal de agua de lavado suficiente para hacer fluir el medio filtrante granular y arrastrar el material acumulado en el lecho.

Cuando finaliza esta etapa, el agua se desplaza al siguiente depósito. Una vez ensayados los reactivos más adecuados para el agua a procesar, se dosifican previamente coagulantes o en su caso floculantes.

La coagulación-floculación es un proceso que consiste en añadir productos químicos al agua para desestabilizar (reducir o eliminar) la carga superficial de las partículas (arcillas, coloides,

virus, bacterias y ácidos húmicos). De esta manera se forman aglomeraciones de partículas de mayor tamaño llamadas flóculos que pueden sedimentar o ser filtradas⁶⁴. La dosis de coagulante es variable en función de las características del agua gris de entrada.

El vertido procedente del pretratamiento es sometido a las distintas fases de depuración físico-químicas:



Figura 2. Fases del proceso. Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el proceso de coagulación-floculación y decantación en una sola unidad, este, debe llevar incorporado un sistema de recirculación de fangos para mejorar el crecimiento de las partículas y facilitar su sedimentación.

La dosificación de coagulante se hace en forma de disolución, debido a las características propias del reactivo (alta viscosidad). Su preparación requiere un especial cuidado y el depósito de almacenamiento deberá disponer de un agitador para poder proceder a su acondicionamiento. La aplicación del reactivo al agua se realiza mediante una bomba especial para este tipo de producto.

En este segundo depósito, para llevar a cabo el proceso de coagulación tiene lugar una mezcla rápida y homogénea del producto coagulante con el agua gris.

Lo que se pretende, es llevar el vertido a un pH óptimo para ser tratado. Para ello se utilizan ciertos productos químicos ayudantes de coagulación. Este proceso tiene lugar en la misma cámara donde se realiza la coagulación. Como en el caso del coagulante, el coadyuvante se prepara en un dispositivo aparte provisto de un sistema de agitación. Igualmente, para la adición del reactivo al agua se emplea una bomba dosificadora.

El vertido, una vez coagulado, pasará a la siguiente etapa, denominada floculación. En dicha etapa, se le añade al agua un producto químico llamado floculante, cuya función fundamental es favorecer la agregación de las partículas individuales o flóculos formados durante la coagulación. Se originan flóculos de mayor tamaño, los cuales, debido a su aumento de peso, decantarán en la última etapa del tratamiento físico-químico.

4.2.3 Tratamiento mixto

4.2.3.1 Descripción del tratamiento

En estos equipos se efectúan 3 fases. Una primera fase de filtración física mediante filtro de gruesos en combinación con una aireación programada de las aguas grises de origen y

⁶⁴ <https://iuaca.ua.es/es/master-agua/documentos/-gestadm/trabajos-fin-de-master/jaume-baeza.pdf>

posteriormente el agua atraviesa varios módulos de membranas. En una tercera fase y habitualmente en otro depósito independiente se provoca una dosificación de desinfectante, para garantizar una desinfección total del agua contenida en el mismo.

Este tipo de tratamiento, supone incrementar la seguridad sanitaria de las aguas grises tratadas, pero también supone incrementar los costes de mantenimiento de los equipos.

4.2.4 Ventajas y desventajas

Antes de realizar la selección de alternativas y teniendo en cuenta todo lo explicado hasta ahora, se detallan los puntos fuertes y débiles de los procesos biológicos y los físicos-químicos ya que son los dos utilizados en las tres alternativas y sus rendimientos, costes, mantenimiento etc. afectaran más adelante a la hora de escoger el mejor.

Las ventajas de los tratamientos biológicos frente a los físico-químicos son las siguientes⁶⁵:

- La calidad global de los efluentes tratados es superior. Eficaz retención de los sólidos suspendidos y de los compuestos más solubles dentro del biorreactor, lo que proporciona un efluente de excelente calidad capaz de cumplir los requisitos de vertido más rigurosos e incluso generar un efluente perfectamente reutilizable en multitud de aplicaciones, según la legislación aplicada. (Chiemchaisri et al. 1992).
- Al no existir problemas de sedimentabilidad de la biomasa, en los MBR se puede llevar a cabo el proceso de eliminación de nutrientes (especialmente nitrógeno) por vía biológica en una sola etapa, de forma que incrementando el tiempo de residencia celular en el reactor se consigue eliminar la materia orgánica biodegradable y conseguir la nitrificación del nitrógeno amoniacal.
- No precisa de la adición de reactivos químicos, se gran coste económico y medioambiental. Por tanto, su control, mantenimiento y explotación no necesita de mano de obra especializada.
- Las tecnologías existentes son más adaptables a pequeños caudales.
- Planta es más compacta, al prescindir del decantador secundario y reactor biológico mucho más pequeño (se puede reducir hasta 1/3).
- Mejores rendimientos finales.
- Coste de explotación bajos.

Las ventajas de los tratamientos físico-químicos frente a los biológicos son las siguientes:

- Necesitan poco espacio, pero, a su vez, no están desarrollados para tratar pequeños caudales, por lo que su adaptación a la edificabilidad no está aún solucionada.
- Son procesos más rápidos, pero no más eficaces. El tiempo no es un factor predominante, frente a la necesidad de obtener buenos rendimientos y una relativa calidad del efluente final.

⁶⁵ PALMA CARAZO, I.J. (2003). *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. Navarra: editorial EUNSA

- Alta efectividad en la destrucción de microorganismos patógenos. No obstante, la necesidad de proceder a la totalidad desinfección de las aguas no obligará igualmente a disponer de tratamientos finales de desinfección.
- Son más baratos que los procesos físico-químicos ya que los Aspectos económicos (biológicos): los costes asociados a la instalación, la sustitución de membranas y al proceso de tratamiento en sí, pueden resultar elevados. Concretamente el bombeo a través de la membrana y la aireación son los costes operacionales más relevantes Aunque los sistemas conllevan un gasto energético importante para lograr las presiones requeridas en el sistema, los estudios comparativos realizados hasta ahora confirman que los consumos energéticos de los MBR con membranas sumergidas son superiores a los de las plantas convencionales (Arévalo J. et al.).
- No presentan problemas de ensuciamiento de las membranas también limitan su uso.

4.3 Estudio de la desinfección

A pesar de la elevada calidad del afluente conseguida, ambas tecnologías requerirán por diferentes razones, la desinfección final del efluente mediante una adición de reactivos.

No se debe olvidar que las aguas domésticas pueden contener microorganismos patógenos que son de preocupación para la reutilización del agua debido a la posibilidad de transmisión de enfermedades por lo que, una buena desinfección resulta vital.

Esta, básicamente consiste en la eliminación de organismos patógenos en el agua y se logra por su inactivación en el agua o su eliminación física del agua. La inactivación de microorganismos por procesos de desinfección está influenciada por las características del agua a la que se aplica la desinfección, como pueden ser: los microorganismos específicos presentes, temperatura, pH, materia orgánica o inorgánica, etc.

Existe una variedad de posibles opciones de desinfección como, por ejemplo: la cloración, la ozonización y la radiación ultravioleta (UV).

- *El cloro y sus derivados*

Está catalogado como uno de los mejores procesos de desinfección. Su uso es muy común para realizar este tipo de desinfecciones.

No solo está disponible y es relativamente económico, sino que es estable en el almacenamiento y, con el tiempo, se evapora del agua después de la desinfección. Además, es el único con las propiedades residuales duraderas que previenen del recrecimiento microbiano y proporcionan protección continua.⁶⁶El material orgánico en las aguas grises puede combinarse con el cloro y reducir la cantidad disponible para la desinfección.

⁶⁶ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/ponce_o_e/capitulo5.pdf

- *El ozono*

Es un desinfectante mucho más potente que el cloro y presenta la ventaja de que no forma trihalometanos ni reacciona con compuestos aminados en el agua residual. No se afecta por el pH y el tiempo de contacto para su acción es mucho menos que en el caso del cloro. Su efecto puede verse afectado por la presencia de sólidos en suspensión en el agua, sobre todo en el caso de los virus, por lo que será preciso eliminarlos con el mayor rendimiento posible para evitar incrementar las dosificaciones.

- *La radiación UV*

Su efecto no es igual para todos los patógenos precisando mayor o menor intensidad de radiación en función del microorganismo. Su efecto puede afectarse negativamente por la presencia de sólidos en suspensión, quedando los microorganismos que estén absorbidos sobre estos más protegidos que el resto. La turbidez puede afectar también a la efectividad del proceso desinfectante, así como el grosor de la lámina de agua, exigiendo que esta sea lo más delgada posible por la poca penetrabilidad de las radiaciones.

Las siguientes tablas muestran las ventajas e inconvenientes de las distintas tecnologías de desinfección y el coste que conlleva cada una.

Cloro

Ventajas:
Germicida potente.
Propiedad remanente.

Desventajas:
Depende del pH, Tº y tiempo de contacto.
Formación de cloraminas y trihalometanos.

Ozono

Ventajas:
Germicida potente.
No formación de productos.

Desventajas:
Generación in situ.
Alto coste.
Se ve afectado por la presencia de SS.

Radicación UV

Ventajas:
 Germicida potente.
 No formación de productos.

Desventajas:
 Alto coste de limpieza de lámparas
 Se ve afectado por la presencia de SS.

Tabla 10. Ventajas e inconvenientes de los sistemas de desinfección (Fuente: Aqualia. Congreso Internacional de Medio Ambiente, 2007)

Además, aquí se muestra el coste de cada uno de ellos:

PROCESO	COSTE INSTALACIÓN	COSTE EXPLOTACIÓN
Cloración (hipoclorito)	1-3	0,01
Ozonización	33-46	0,03-0,07
UV	7-8	0,01-0,02

Tabla 11. Coste del sistema de desinfección (Fuente: Aqualia. Congreso Internacional de Medio Ambiente, 2007)

Como se puede comprobar, existe una gran diferencia entre ellos. No se debe olvidar, que el momento en el que realmente se lleva a cabo la desinfección es los tratamientos biológicos y físico-químicos y por tanto esta etapa final es meramente algo complementario para poder asegurar al 100% la calidad del afluente. Por este motivo, no es necesario un germicida tan potente y debido a su elevado coste quedaría descartado directamente la ozonización. En cuanto a la radiación ultravioleta, al verla afectado por la presencia de sólidos en suspensión tampoco podría ser válido así que se hará uso del cloro.

4.4 Justificación de la selección

En este apartado, se pretende justificar la elección del mejor tratamiento para las aguas grises y pluviales de estas viviendas unifamiliares. Para ello, se recuerdan las tres alternativas posibles:

- 1º Alternativa: Tratamiento físico-biológico.
- 2º Alternativa: Tratamiento físico-químico.
- 3º Alternativa: Tratamiento mixto.

4.4.1 Selección del tratamiento

Para resolver este estudio de alternativas, se tendrán en cuenta ciertos criterios.

- Calidad del agua obtenida:

Se puede decir que se trata del condicionante más importante a la hora de seleccionar la alternativa adecuada. Como ya se ha visto, el agua obtenida después de realizar el tratamiento debe cumplir unos estándares de calidad para poder ser destinada a los usos que se han previsto y evitar así efectos indeseables en los organismos vivos. Si esta no se alcanza, ese tratamiento directamente debe ser descartado. Una vez alcanzados esos valores permitidos por la ley, como es lógico, se escogerá aquella cuyo tratamiento consiga obtener el agua de mayor calidad.

- Coste del tratamiento:

El coste está directamente relacionado con el objetivo que se persigue en este proyecto. Por ello, el factor más limitante para escoger la alternativa, después de la calidad, es el coste que supondrá tratamiento. Se pretenderá escoger aquel que para una mayor calidad requiera un mínimo coste, pero siempre teniendo en cuenta los otros cuatro criterios que también forman parte de esta selección.

- Superficie necesaria:

La superficie necesaria impondrá el tamaño de obra civil que se deberá llevar a cabo para la instalación del tratamiento escogido. De manera que, influye también en el coste. Se pretende escoger aquel que ocupe el mínimo espacio.

- Mantenimiento:

El mantenimiento que requiere una instalación de tratamiento de aguas es de gran importancia. Implica mayor necesidad de supervisión y eso se traduce en mayor mano de obra y por consiguiente mayor coste. Si no se realiza el mantenimiento que realmente se necesita, puede parecer que supone un ahorro en el tratamiento, pero con el paso del tiempo, un mal mantenimiento puede desencadenar en un fallo del sistema lo cual implica igualmente cierto coste, siendo generalmente elevado.

- Caudal necesario para que sea efectivo:

Una característica sobre los equipos de tratamiento a tener en cuenta es el caudal necesario para que su uso resulte rentable ya que, algunos estarán destinados a tratar pequeños caudales, mientras que otros lo estarán para caudales más elevados de manera que su uso en instalaciones que requieran menor caudal y viceversa no sería útil. En este estudio, lo idóneo sería encontrar aquel que pueda permitir el tratamiento de pequeños caudales al tratarse como ya se ha mencionado a lo largo de todo el proyecto, de un conjunto de viviendas unifamiliares donde el caudal acumulado por las aguas grises y pluviales se puede considerar pequeño.

Ha quedado claro que, aunque los 5 criterios juegan un papel muy importante a la hora de seleccionar la alternativa, estos, no tienen la misma importancia en la elección final. Es por ello que se ha definido el peso de cada criterio en la siguiente tabla:

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

Tabla 12. Peso de cada criterio para la selección de alternativas. Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, se ha considerado que lo que más importancia tiene es la calidad del agua obtenida ya que si esta no se consigue, el proyecto sería inviable. En segundo lugar, el coste es un condicionante bastante importante y por eso tiene tanto peso en la selección de alternativas. Finalmente, la superficie necesaria, el mantenimiento y el caudal se considera que tienen una importancia similar.

Una vez se disponga de las calificaciones de cada criterio en cada una de las alternativas, su elección se realizará teniendo en cuenta dos sistemas diferentes: el valor técnico ponderado y la suma ponderada por rangos. Al fin que se pretende al realizarlo mediante dos métodos diferentes, es básicamente asegurar que la alternativa escogida se trata de la mejor elección.

1º ALTERNATIVA

CALIDAD DEL AGUA OBTENIDA

	Microfiltración
SS permeado (mg/L)	<1
Turbidez permeada (NTU)	<0,5
DBO5 permeado (mg/L)	<10
<i>Escherichia Coli UFC/100 mL (sin cloración)</i>	100
Nematodos intestinales (huevos/L)	Ausencia

Tabla 13. Calidad del agua obtenida. Fuente: Aqualia.

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

COSTE DEL TRATAMIENTO

En este caso en particular, primero se debe escoger entre la microfiltración y ultrafiltración para poder así tener una idea general del coste completo de este tratamiento.

Los costes asociados a la **microfiltración** son los siguientes (Prats y Melgarejo ,2006):

- ✓ Costes de implantación: 2.400-4.800 euros/m³/h
- ✓ Costes de explotación:
 - Productos químicos: 0,010 – 0,015 euros/m³
 - Consumo eléctrico: 0,012 – 0,015 euros/m³

SUPERFICIE NECESARIA

Como ya se ha mencionado antes: “al prescindir del decantador secundario y reactor biológico mucho más pequeño se trata de una planta más compacta que la convencional pudiéndose reducir hasta 1/3. Esto resulta una gran ventaja para esta alternativa.

MANTENIMIENTO

Se deberá tener especial cuidado con el mantenimiento de los filtros, ya que con el paso del tiempo tienden a ensuciarse lo cual implica una limpieza periódica.

CAUDAL

Se trata de un tratamiento muy adaptable a pequeños caudales.

Teniendo los 5 criterios en cuenta se procede a calificar cada uno de ellos con una puntuación del 1 al 10. La siguiente tabla muestra las calificaciones de la primera alternativa.

CRITERIO	CALIFICACIÓN
Calidad del agua obtenida	9
Coste del tratamiento	6,5
Superficie necesaria	8
Mantenimiento	7
Caudal	9

Tabla 14. Calificación de la primera alternativa. Fuente: Elaboración propia.

2º ALTERNATIVA

CALIDAD DEL AGUA OBTENIDA

En esta alternativa, el agua obtenida cumple con los estándares de calidad marcados por el R.D 1620/2007. No hay datos exactos sobre la calidad obtenida aunque si se sabe El tratamiento físico-químico se puede considerar igual de eficaz que el físico-biológico y que sus principales diferencias radican en otros aspectos como coste, mantenimiento, superficie y caudal necesario.

COSTE DEL TRATAMIENTO

El coste de los equipos, de entrada, puede ser más económico pero la experiencia en muchas instalaciones es que acaba generando más inconvenientes que ventajas en comparación con los equipos con tecnología MBR.⁶⁷

Los costes asociados al tratamiento físico – químico son los siguientes (Prats y Melgarejo ,2006):

- Costes de implantación: 500 - 700 euros/m³/h
- Costes de explotación: 0,015 - 0,020 euros/m³
 - ✓ coagulante 0,015 euros/m³ o
 - ✓ floculante 0,0017 euros/m³ o
 - ✓ energía 0,007 - 0,01 euros/m³

Como la carga orgánica en aguas grises es menor, la unidad de filtración de arena o unidad de coagulación adecuadamente diseñada también puede alcanzar los estándares de eliminación de DBO requeridos. Pero para lograr los estándares de coliformes totales y cloro residual, también se requiere una unidad de cloración, cuyo coste es el siguiente:

SUPERFICIE NECESARIA

La superficie necesaria será mayor a la de la primera alternativa ya se trataba de un equipo compacto mientras que en este caso, son necesarios tres depósitos.

MANTENIMIENTO

Como bien se ha comentado en el apartado de ventajas e inconvenientes, este tratamiento requiere un mayor control y un mayor cuidado por la manipulación de sustancias químicas por

⁶⁷ AQUA ESPAÑA. *Guía técnica Española de recomendaciones para Reciclaje de Aguas Grises en Edificios.* <<https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/guia-tecnica-espanola-de-recomendaciones-para-el-reciclaje-de-aguas-grises-en-edificios>> [Consulta: de 2019]

parte de las personas responsables del mantenimiento, independientemente a unos mayores costes por reposición de consumible.”⁶⁸

CAUDAL

No están desarrollados para tratar pequeños caudales, por lo que su adaptación a la edificabilidad resultaría no está aún solucionada.

Teniendo en cuenta todo esto, esta alternativa ha sido calificada de la siguiente manera:

CRITERIO	CALIFICACIÓN
Calidad del agua obtenida	9
Coste del tratamiento	7
Superficie necesaria	7
Mantenimiento	6
Caudal	7

Tabla 15. Calificación de la segunda alternativa. Fuente: Elaboración propia.

⁶⁸ AQUA ESPAÑA. *Guía técnica Española de recomendaciones para Reciclaje de Aguas Grises en Edificios.* <<https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/guia-tecnica-espanola-de-recomendaciones-para-el-reciclaje-de-aguas-grises-en-edificios>> [Consulta: de 2019]

3º ALTERNATIVA

CALIDAD DEL AGUA OBTENIDA

Debido al uso de la combinación de tratamientos que antes han sido estudiados por individual, parece lógico que la calidad que se obtendrá será la mejor de todas ellas.

COSTE DEL TRATAMIENTO

Como ya se ha mencionado, al tratarse de una combinación de tratamientos, su coste también será mucho mayor que el de las otras dos alternativas, siendo, sin lugar a dudas, el más elevado de los tres.

SUPERFICIE NECESARIA

La superficie necesaria también será mayor.

MANTENIMIENTO

Es obvio que también requerirá un mayor mantenimiento.

La calificación de esta alternativa será:

CRITERIO	CALIFICACIÓN
Calidad del agua obtenida	10
Coste del tratamiento	5,5
Superficie necesaria	6,5
Mantenimiento	7
Caudal	8

Tabla 16. Calificación de la tercera alternativa. Fuente: Elaboración propia.

Una vez definidas todas las calificaciones se procede a realizar los dos métodos comentados anteriormente.

En primer lugar, se realiza el valor técnico ponderado (VTP), cuya expresión es la siguiente:

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

Para que quede de una forma más clara, se muestran los resultados de la siguiente manera:

Criterios	Peso (%)	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Calidad del agua	40	9	9	10
Coste	30	6	7	5
Superficie	10	8	7	6,5
Mantenimiento	10	7	6	7
Caudal	10	8	6	7
SUMA PONDERADA		770	760	755
VALOR PONDERADO		0,770	0,76	0,755

Tabla 17. Valor técnico ponderado. Fuente: Elaboración propia.

En este caso, la alternativa más viable será aquella que obtenga el mayor valor, por lo que, la mejor opción será la primera alternativa, seguida de la tercera y por último la segunda.

En segundo lugar, se realiza la suma ponderada por rangos cuya expresión es la siguiente:

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

Criterios	Peso (%)	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Calidad del agua	40	1	1	1
Coste	30	3	2	3
Superficie	10	2	2	3
Mantenimiento	10	2	3	2
Caudal	10	1	3	2
		0,625	0,892	0,825

Tabla 18. Suma ponderada por rangos. Fuente: Elaboración propia.

Al contrario que en el caso anterior, la que obtenga menor puntuación será la mejor.

Este método verifica de nuevo que la mejor opción es la primera alternativa, seguido de la tercera y por último la segunda.

Por lo que no cabe duda que la primera alternativa: Equipos con tratamiento físico y biológico, será la más adecuada para este proyecto.

Aunque se necesita una gran inversión inicial en equipos de tratamiento en muchos casos, reduce costes de explotación que permiten amortizar las inversiones en periodos de tiempo aceptables.⁶⁹

4.4.2 Selección de la desinfección

Para la selección del tipo de desinfección no será necesario realizar los métodos anteriores utilizados para la selección de alternativas. Bastaría únicamente con tener en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno de ellos además el coste que cada uno de ellos conlleva.

Al tratarse de instalaciones individuales que abastecen a estas viviendas unifamiliares, donde se pretende rentabilizar una red de canalizaciones y elementos singulares de nueva concepción, los costes económicos iniciales, de mantenimiento y explotación, junto a la eficacia son posiblemente los factores más importantes.⁷⁰

	Cloro	Ozono	R. Ultravioleta
Inversión inicial	Muy bajo	Alto	Bajo
Mantenimiento	Bajo	Alto	Muy bajo
Energético	Ninguno	Bajo	Bajo
Precio-caudal	Bajo	Alto	Bajo

Tabla 19. Desinfectantes. Fuente: *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. PALMA CARAZO, I.J. (2003)

Teniendo todo en cuenta, la mejor opción para la desinfección es el uso de cloro, más concretamente: hipoclorito.

No se debe olvidar que la desinfección también supondrá un coste adicional que se muestra en la siguiente tabla:

PROCESO	COSTE INSTALACIÓN €	COSTE EXPLOTACIÓN €
Cloración (hipoclorito sódico)	1-3	0,01

Tabla20. Coste del sistema de desinfección. Fuente: *Aqualia. Congreso Internacional de Medio Ambiente, 2007*.

⁶⁹ <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/9137-Tratamiento-fisico-quimico-compacto-de-aguas-residuales-industriales.html>

⁷⁰ PALMA CARAZO, I.J. (2003). *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. Navarra: editorial EUNSA

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objetivo de este apartado es la descripción detallada del tratamiento necesario para la reutilización del agua gris y pluvial en la vivienda unifamiliar de estudio. Se especificará tanto el proceso como los elementos necesarios para llevarlo a cabo.

El proyecto, como ya ha sido explicado anteriormente, consiste en captar tanto las aguas pluviales de la cubierta como las aguas grises procedentes de la ducha, lavadora, lavadero y lavavajillas. Una vez captadas, son directamente enviadas (mediante una red de saneamiento específica) a un depósito centralizado donde serán sometidas a los tratamientos necesarios que permitan lograr la calidad necesaria para su reutilización en la recarga de cisternas y riego del jardín.⁷¹

- **Conceptos previos fundamentales**

Antes de profundizar en el tema, es conveniente conocer varios conceptos con los que trabajará a lo largo del apartado. Estos, son los siguientes:

- ✓ **Caudal de evacuación**

La unidad de medida para valorar el volumen de agua gris y/o pluviales evacuada por unidad de tiempo, desde un determinado aparato o conjunto de aparatos sanitarios, es la llamada “unidad de descarga” o “unidad de desagüe.”

Este parámetro de medida es equivalente a un caudal de 0,47 L/s. De esta forma, a cada aparato sanitario se le asigna un determinado número de unidades de descarga (UD), que dependerá lógicamente de su capacidad de llenado y en consecuencia de su necesidad de evacuación.

- ✓ **Velocidad, pendiente y secciones**

La selección de una pendiente adecuada en los recorridos horizontales de la red (colectores) y una velocidad de circulación en cada tramo que permita una eficaz evacuación de las aguas grises y pluviales son los principales aspectos a considerar en una red de saneamiento.

Se define pendiente y velocidad como:

- **Pendiente:**
Desnivel existente entre los dos extremos de una misma conducción, en instalaciones de evacuación y saneamiento, deben asignarse pendientes en los ramales correspondientes a tramos colectores, ya sean generales o de derivación. Se expresarán siempre en porcentaje (%)
En el vigente Código técnico de la Edificación, apartado HS-5, se establecen los mínimos y máximos porcentajes admitidos, para cada uno de los tramos colectores y sistemas horizontales de recogida y canalización de aguas grises o pluviales.
- **Velocidad:**

⁷¹ <http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Separadores-de-grasas-62664.html>

Este concepto físico expresa la relación existente entre el espacio recorrido y el tiempo invertido para ello. En instalaciones de saneamiento, es un factor vital en el que otros factores interviene, lógicamente, las pendientes asignadas a los diferentes tramos.

En recorridos de plena verticalidad (bajantes) y en tramos de canalización con pendiente, se deberá tener presente para el estudio de la velocidad, la llamada aceleración de la gravedad, cuyo valor es de $9,81 \text{ m/s}^2$

El valor de la velocidad vendrá expresado, para este ámbito de las instalaciones, en m/s. Por lo general, se contará con que las velocidades medias mínimas deben establecerse en torno a los $0,6 \text{ m/s}$, mientras que la máxima ideal será de 2 m/s .⁷²

En ocasiones, debido a los cambios de velocidad del agua en el recorrido por las tuberías, pueden producirse sobrepresiones peligrosas que provoquen efectos de succión o “sifonamiento” sobre los cierres hidráulicos de los aparatos sanitarios, a este efecto se le llama “salto hidráulico” y será estudiado con más detalle más adelante cuando se haga referencia de las instalaciones de ventilación, ya que la atenuación o eliminación de este efecto depende en gran parte de procurar una adecuada circulación de aire por las tuberías.

✓ **Intensidad de precipitación**

Cantidad de lluvia caída o precipitada sobre una cierta zona geográfica a lo largo de una hora. Este dato, permite establecer un valor de referencia aproximado con el que establecer el caudal y, en consecuencia, el diámetro de la tubería a instalar en la red de pluviales del edificio.⁷³

5.1 Datos de partida

En primer lugar, es necesario tener en cuenta una serie de datos iniciales que permitan determinar el volumen de caudal que deberá ser tratado. De éste, dependen directamente las dimensiones del equipo de tratamiento, el diseño de la red de saneamiento y el coste total del proyecto por lo que, resulta imprescindible realizar los cálculos oportunos que permitan conocerlo con la mayor exactitud posible.

Para ello, se muestran los datos sobre los siguientes puntos:

- Descripción de la vivienda
- Caudal generado y demandado
- Ubicación del equipo de tratamiento

⁷² SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.

⁷³ SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.

- Proceso de tratamiento

5.1.1 Descripción de la vivienda

En primer lugar, se realiza una clara descripción de las viviendas de estudio donde se realizará el tratamiento de aguas.

El motivo por el cual se ha decidido realizar el tratamiento de las aguas procedentes de las dos viviendas de manera conjunta es por intentar optimizar al máximo el espacio y poder reducir, en la medida de lo posible, los costes de excavación, tuberías, etc.

Estas se muestran en el plano (). Como se puede observar cada una de ellas cuenta con:

- 2 baños completos que incluyen:
 - Ducha
 - Lavamanos
- Cocina completa que incluye:
 - Fregadero
 - Lavadora
 - Lavavajillas

En cuanto a las dimensiones del jardín y cubierta:

- Superficie del conjunto de cubiertas: 280m²
- Área total de jardín que se debe regar: 242,9m²

Por último, se ha estimado que la capacidad máxima de personas es de 3 por vivienda.

5.1.2 Caudal generado y demandado

En segundo lugar, para poder plantear la reutilización del agua en el hogar y alargar su ciclo de vida es necesario conocer la cantidad de:

- Agua gris generada en cada tipo de consumo.
- Aguas pluviales recogidas en la cubierta.
- Cantidad de agua reutilizada necesaria para los usos nuevos a los que será destinada.

La realidad es, que conocer la cantidad de estas aguas resulta difícil ya que se necesitarán datos precisos sobre el consumo de cada uno de los puntos o aparatos del que consta la vivienda además de las características de la cubierta y su capacidad de recogida de aguas.⁷⁴ Para ello, se han realizado los cálculos necesarios teniendo en cuenta el tipo de vivienda, zona geográfica y número de personas que habitan en ella, entre otras cosas.

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

- **Caudal generado**
 - Agua gris generada en las viviendas: 254.770 L/año
 - Agua pluvial captada en la cubierta: 441.000 L/año

⁷⁴ PALMA CARAZO, I.J. (2003). *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. Navarra: editorial EUNSA.

En definitiva, el caudal de entrada al equipo de tratamiento es de 695.770 L/año

- **Caudal demandado**

Como ya ha sido mencionado anteriormente, la cantidad de agua gris y pluvial de la que se dispone, es captada para ser tratada y destinada para riego de jardines privados y recarga de inodoros.

El volumen de caudal demandado total será la suma de agua necesaria para la recarga de cisternas más la de riego de jardines.

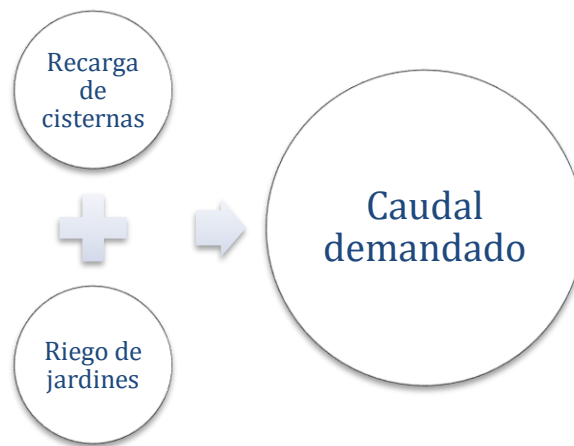


Figura 3. Caudal demandando. Fuente: Elaboración propia.

Realizando los cálculos correspondientes recogidos en el ANEJO 1 "Cálculo de caudales", se tiene que la cantidad de agua demandada es de:

477.785 L/año

O lo que es igual;

1.309 L/día

Por tanto, como el caudal generado es mayor que el demandado se confirma que será posible abastecer las necesidades de agua para los usos escogidos.

477.785 L/año < 695.770 L/año

En general, el aporte de aguas grises y pluviales y el consumo de las aguas una vez tratadas, son muy variables a lo largo del día. Por ello, es muy importante, a la hora de realizar su dimensionamiento, que éste se realice de la forma correcta de manera que pueda ser capaz de aprovechar al máximo las aguas y disponer de un volumen de almacenamiento suficiente para cubrir la demanda.⁷⁵

⁷⁵ "Balance hídrico" Guía Técnica de Aguas Grises. <<https://www.remosa.net/pdf/GUIA%20TECNICA%20ESPANOLA%20RECICLAJE%20AGUAS%20GRISES.PDF>> [Consulta: del 2019]

5.1.3 Ubicación del equipo de tratamiento

La ubicación de los depósitos de recogida de agua determina un aspecto crucial en el desarrollo del proyecto ya que permite determinar el recorrido que debe realizar la red de saneamiento y diseñar la instalación de recogida más directa y eficiente posible.

Se debe tener en cuenta que se trata de instalaciones que por su carácter acumulativo precisan unas dimensiones considerables y que plantear su implantación en la superficie del jardín o dentro de la propia vivienda privaría a sus usuarios de un espacio considerable de sus viviendas, por lo que se ha decidido que el equipo se encuentre enterrado. Además, esta disposición no aporta un peso extra en la estructura.

Con el fin de que la excavación no provoque fallos que puedan afectar a la estructura de la vivienda se ha optado enterrarlo en alguno de los jardines situados en sus alrededores.⁷⁶

Estos, se denominarán de la siguiente manera: el jardín de color azul será "jardín A" y el jardín de color rojo será "Jardín B".

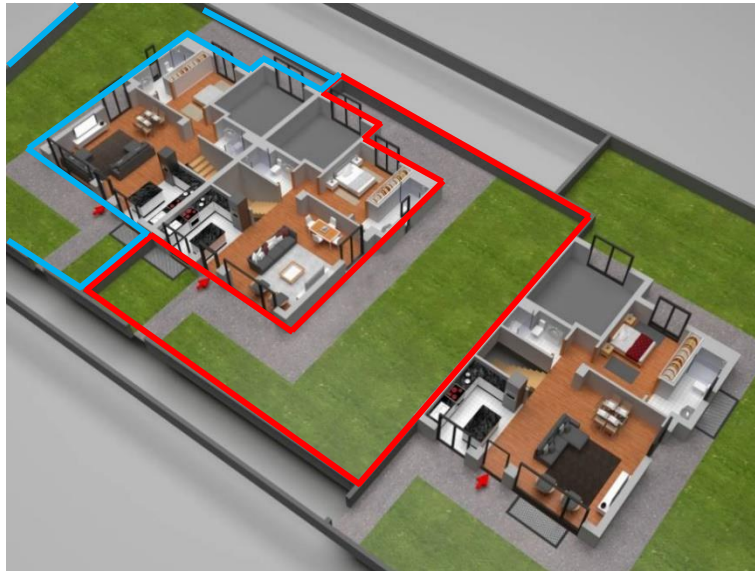


Imagen 17. Área de los jardines. Fuente: Pisos.com

El área de cada uno de ellos ha sido facilitada por la inmobiliaria y éstas son las siguientes:

- Jardín A: 124,65 m²
- Jardín B: 118,25 m²

⁷⁶ https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/58498/INSTALACION%20PARA%20LA%20RECUPERACION%20DE%20AGUA%20S%20PLUVIALES_14469146960435007725643192110490.pdf;sequence=3

Observando los planos, se ve la presencia de un aparcamiento subterráneo en el lateral de la vivienda B, tal y como muestra la siguiente imagen:

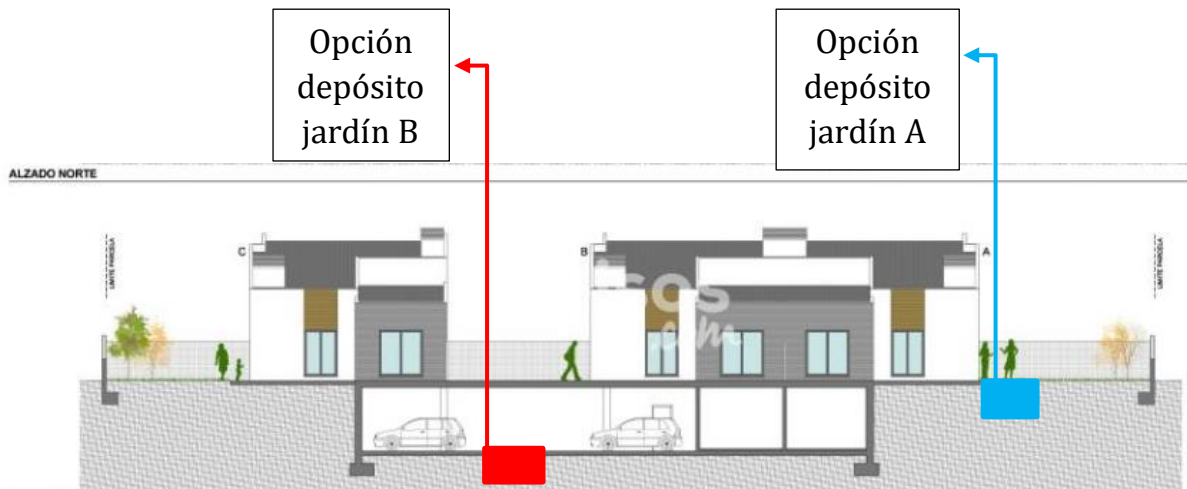


Imagen 18. Alzado norte. Vista del aparcamiento subterráneo. Fuente: Pisos.com

Implantarlo por debajo del aparcamiento puede afectar gravemente a la estabilidad de la estructura además de que, crearía la necesidad de instalar tramos de tuberías más largos para recoger a totalidad de aguas, sería necesaria una ejecución más especializada...y todo ello encarecería considerablemente el coste de la instalación.

Por estos motivos, queda finalmente decidido que la ubicación idónea para enterrar el equipo de tratamiento es el jardín A:



Imagen 19. Zona donde se implantará el equipo de tratamiento. Fuente: pisos.com

5.1.4 Proceso

Por último, se recuerda brevemente el proceso de funcionamiento del tratamiento escogido anteriormente en el apartado 4. El sistema implica 4 elementos fundamentales:

- Sistema de recogida.
- Sistema de tratamiento-depuración.
- Sistema de regulación de agua tratada-depurada.
- Sistema de impulsión (red de retorno)

En primer lugar, el agua es recogida mediante sus correspondientes sumideros, canalones colectores, bajantes, arquetas etc. Llega a un equipo de tratamiento enterrado donde será sometida a un tratamiento biológico de desinfección y se almacena en otro depósito especializado hasta que su uso lo requiera. Por último, a través de la red de retorno es enviada a los distintos puntos de uso que son.⁷⁷

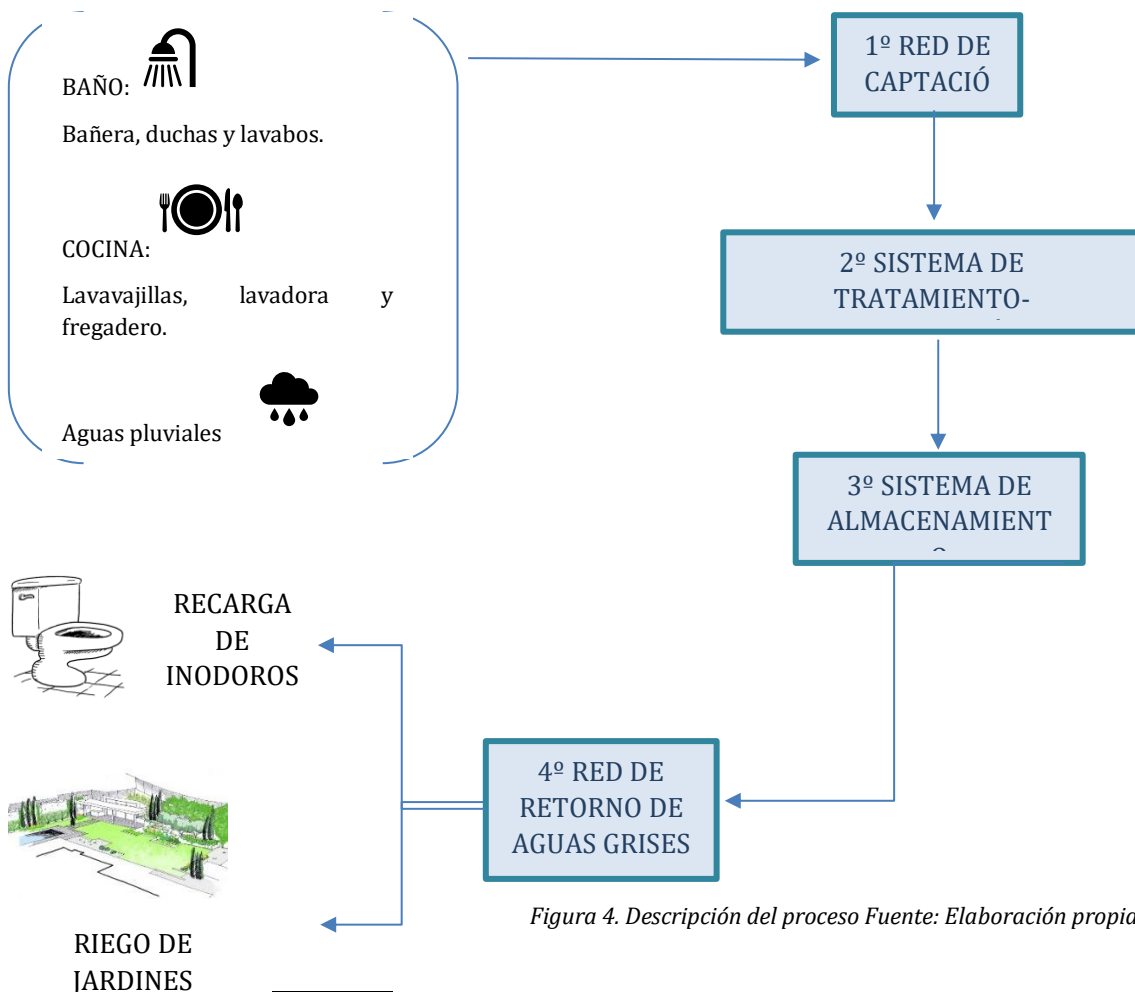


Figura 4. Descripción del proceso Fuente: Elaboración propia.

⁷⁷https://www.edificacion.upm.es/personales/santacruzold/Documentos/informeAGUAS_RESIDUALES.pdf

5.2 Instalación de la recogida de agua

A continuación, se realizará el diseño de la red de tuberías necesaria para la recogida del agua. Para ello, se tendrá en cuenta 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 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 dispondrán de sistemas de ventilación adecuados que permitan el funcionamiento de los cierres hidráulicos y la evacuación de gases meffíticos.
- 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

Las viviendas unifamiliares, deberán disponer de medios adecuados para recoger tanto las aguas grises como el caudal generado por las precipitaciones atmosféricas captadas en la cubierta.

- **Recogida de aguas pluviales**

En este proyecto, se ha considerado la cubierta como único punto de recogida de aguas pluviales. Esta, presenta una inclinación determinada que permite la evacuación de las aguas hasta los sumideros correspondientes que se encuentran adecuadamente instalados en su superficie. *Dado que este elemento, según sus dimensiones, tiene una determinada capacidad de evacuación, deberán situarse tantos sumideros como sea necesario para cubrir toda la superficie potencialmente inundable por el agua.*

Después, el agua es enviada al canalón. Estos son unos conductos que están instalados en el borde de los aleros y, una vez que recibe las aguas pluviales las conduce a la red de recogida específica, compuesta por una serie de tuberías verticales llamadas bajantes. Son las encargadas

de evacuar el agua de los canalones y enviarlas a los colectores (tuberías horizontales) encargados de guiarlas hasta el equipo de tratamiento.⁷⁸

En este caso, se tratarán de colectores enterrados porque, como ya ha sido explicado, el sistema de tratamiento de aguas se encontrará bajo tierra. Estos llegarán hasta una arqueta destinada exclusivamente a recibir, enlazar y distribuir los conductos subterráneos de las aguas pluviales obtenidas en la cubierta de la vivienda.

Una idea de lo descrito hasta el momento se muestra en la siguiente imagen:

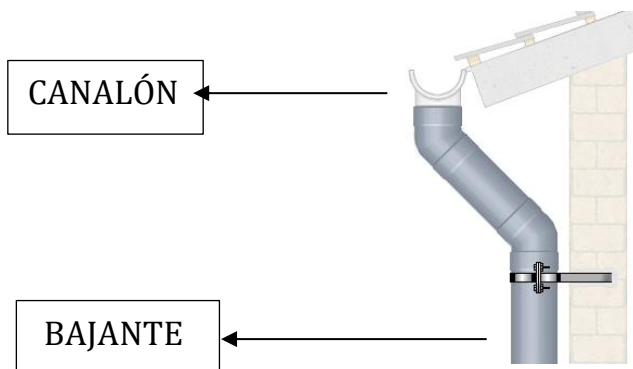


Imagen 20. Bajante. Recogida de aguas pluviales. Fuente: Generador de precios Cype.

Una vez realizado los cálculos correspondientes para el dimensionamiento de la red de aguas pluviales se ha obtenido la siguiente disposición mostrada a continuación:

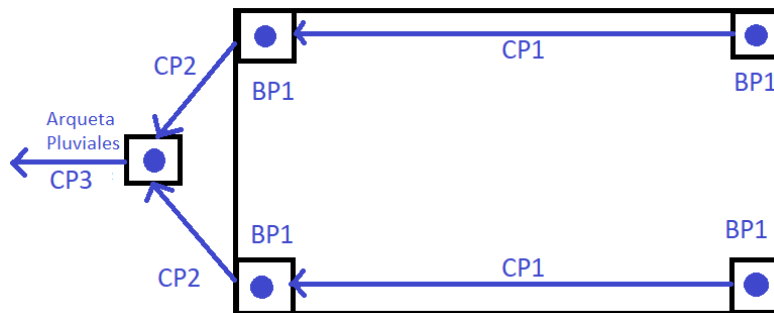


Imagen 21. Vista en planta de la red de aguas pluviales. Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos son los siguientes:

Sumideros	Canalón	Bajantes	Colectores	Arquetas
N.º=4	Pte. 2%	N.º=4	C1. D=110mm	L 50x50
	D=250 mm	D=75 mm	C2. D=110 mm	
			C3. D=125 mm	

Tabla 21. Características instalación aguas pluviales. Fuente: Elaboración propia.

⁷⁸ Sección HS5 Evacuación de aguas <<https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/normativa/saneamiento/DB-HS-2009.pdf>> [Consulta: de 2019]

- **Recogida de aguas grises**

Por otro lado, también se deben realizar los cálculos correspondientes para el dimensionamiento de la red de recogida de aguas grises. El sistema necesario requiere la conexión de los desagües de los lavabos, duchas, lavadora, lavavajillas y fregadero al equipo de tratamiento de manera que, se debe estudiar la forma más sencilla posible de realizarlo.

Las partes que componen la red interior de saneamiento de aguas grises son las siguientes:

Válvulas y sifones	La válvula de descarga, es el primer elemento que forma parte del sistema de evacuación, está situada en el propio aparato sanitario y enlaza a éste con el sistema de cierre hidráulico. Normalmente todos los aparatos sanitarios se suministran con dicha válvula de descarga, la cual hay que adaptar al punto de desagüe del aparato por su parte inferior o fondo.
	En cuanto a los cierres hidráulicos también denominados sifones, su principal objetivo es impedir la entrada de gases y olores hacia el interior de la instalación mediante la cámara hidráulica que se genera en cada uso del aparato. Por ello y gracias a esta cámara, se provoca el cierre hidráulico.
Colectores de derivación	Son las tuberías que enlazan los aparatos sanitarios con las bajantes, recogiendo las aguas grises de los desagües de cada aparato y conduciéndolas hacia las columnas del sistema de evacuación.
Bajantes	Son las tuberías verticales que recogen las aguas grises procedentes de las derivaciones y las conducen hacia los colectores o las arquetas.
Colectores generales interiores	También denominadas albañales, son tuberías horizontales situadas con un cierto desnivel o pendiente que recogen las aguas a pie de las bajantes. En este proyecto van enterrados ya que la red de saneamiento está por debajo de la planta más baja en la que hay que evacuar el agua.

Tabla 22. Partes de una red interior de saneamiento. Fuente: Evacuación de aguas residuales en edificios. SORIANO RULL, A (2007)

En este caso, las viviendas constan de una única planta. Las tuberías que recogen el agua de los desagües de cada una de ellas, se unirán (como se muestra en la siguiente figura) para finalmente

descargar mediante las bajantes y colectores correspondientes en una arqueta para este tipo de aguas y permitir su llegada al equipo de tratamiento.

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



Imagen 22. Vista en planta de la red de aguas grises. Fuente: Elaboración propia.

En este caso, Los diámetros y dimensiones de la arqueta son los siguientes:

Bajantes	Colectores	Arqueta
Diámetro (mm)	Diámetro (mm)	Dimensiones (cm)
BG1:50	CG1:50	50x50
BG2:50	CG2:50	
BG3:50	CG3:75	
BG4:75	CG4:75	

Tabla 23. Características instalación aguas grises. 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 por el interior de la red, que facilite la evacuación e impida el retorno de gases, olores e incluso reflujos de agua por la propia red hasta los usuarios, a través de los propios aparatos.⁷⁹

⁷⁹ SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.

5.2.2 Selección del tipo de red de saneamiento

En cuanto a la configuración de la red de saneamiento, existen varios tipos. Son los siguientes:



Figura 5. Tipos de configuración de la red de saneamiento. Fuente: Elaboración propia.

Se hará uso del primer tipo: Red unitaria. Los motivos son:

- Por un lado, como el agua va a ser tratada en un mismo equipo no tendría sentido separarlas antes de su tratamiento para ser posteriormente unidas de nuevo.
- Por otro, juntar el agua de origen pluvial con la de tipo gris mejora su calidad y por tanto las aguas requieren un menor tratamiento.
- Además, estas dos razones implican un menor coste en la instalación de la red de saneamiento, siendo al mismo tiempo una ventaja a tener en cuenta para dicha elección.

La decisión tomada implica que las aguas grises y pluviales sean vertidas en una misma red de saneamiento. Esto hace que se trate de un sistema económico y además tiene muy buen comportamiento en edificios de poca altura.

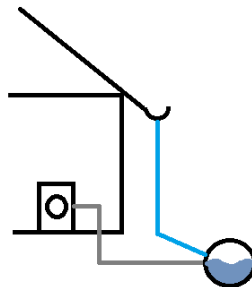


Imagen 23. Red unitaria. Fuente: Elaboración propia.

Para poder disponer de una red unitaria se hace necesaria la unión de la arqueta de aguas grises con la de pluviales en una que será denominada arqueta mixta. *Se tratará de un elemento de registro de la red de colectores, en las que se unen una tubería de saneamiento de aguas grises y otra de pluviales, normalmente tramos colectores, para realizar su evacuación por un solo conducto de salida.*

La unión tendrá la siguiente configuración:

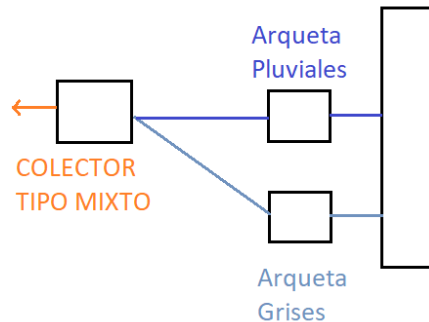


Imagen 24. Configuración de arquetas. Fuente: Elaboración propia.

Pero, se deberá tener en cuenta que puede tener lugar un régimen de precipitación extrema que provoque la obstrucción de la red de saneamiento impidiendo el tratamiento del agua almacenada y fracturando las tuberías que la componen.

La solución que se plantea a este problema es la colocación de un vertedero que garantice un buen comportamiento ante esta situación de riesgo situado en una de las paredes de las arquetas. De esta manera, los excesos de agua pluvial que puedan tener lugar serán evacuados hacia el exterior del vertedero precipitando, en cualquiera de los casos, al jardín de las viviendas.

Se han planteado las siguientes alternativas:

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

La primera queda directamente descartada. La ampliación del tamaño de la arqueta de aguas grises no solucionaría el problema ya que este reside concretamente en la cantidad de agua pluvial y no en la de aguas grises.

En cuanto a las otras dos alternativas, se tiene lo siguiente:

Por un lado, se debe tener en cuenta la calidad del agua que será precipitada al exterior y que queda en contacto con el jardín. Es evidente que la calidad de las aguas pluviales es superior a la de las aguas que residen en la arqueta mixta y que prácticamente no afectaría al jardín.

Por otro lado, también se debe tener en consideración las dimensiones de vertedero necesarias en cada arqueta. Estas, están directamente relacionadas con el coste total del proyecto. Para ello, se tiene en cuenta que el caudal recogido por las arquetas de aguas mixtas es mayor que el de la arqueta de aguas pluviales y por tanto sus dimensiones también lo serán.

Una vez conocido esto, se decide escoger la segunda alternativa consistente en colocar el vertedero en una de las paredes de la arqueta de aguas pluviales y que actúe de forma similar a un vertedero de manera que sea capaz de soportar el agua para regímenes extremos de precipitación y evacuar el caudal excedente sobre el jardín.

5.2.3 Arqueta de aguas pluviales

Para ello es necesario determinar la máxima precipitación que pueda darse. Su cálculo queda reflejado en el ANEJO 3 "Estudio pluviométrico" y su valor es:

Precipitación mensual máxima: 348 mm

A partir de este dato, se ha dimensionado la arqueta de aguas pluviales de forma que pueda ser capaz de soportar lluvias extremas.

Todos los cálculos necesarios para la obtención de las dimensiones de la arqueta, quedan recogidas en el ANEJO 4 "Dimensiones arqueta aguas pluviales" y estas son las siguientes:

En primer lugar, se muestra la forma inicial de la arqueta. Sus dimensiones han sido calculadas para que permita soportar el caudal habitual que recogerá. Este, tiene un valor de $0,05 \text{ m}^3/\text{hora}$.

Las dimensiones son las siguientes:

- Base: $0,5\text{m}\cdot 0,5\text{m}$
- Altura: $0,2 \text{ m}$

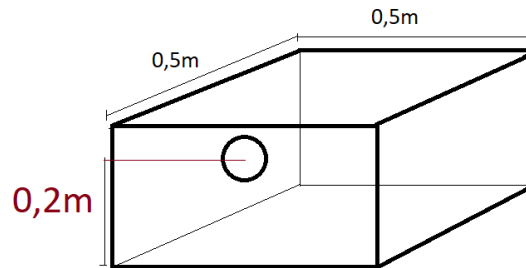


Imagen 25. Dimensiones arqueta pluviales. Fuente: Elaboración propia.

Vista la necesidad de colocación de un vertedero en una de las paredes y teniendo en cuenta que el caudal máximo que debe poder acoger en ella es $0,116 \text{ m}^3/\text{hora}$, queda se la siguiente manera:

Dimensiones de la pared del vertedero:

- Base: $0,5\text{m}\cdot 0,5\text{m}$
- Altura: $0,265 \text{ m}$

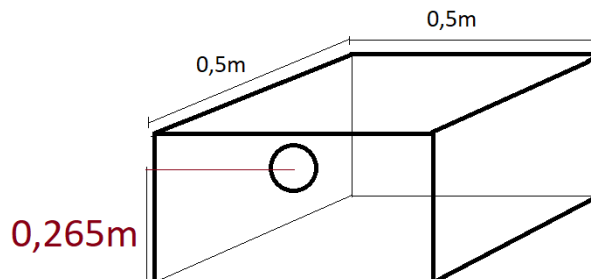


Imagen 26. Dimensiones arqueta pluviales. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Equipo para el tratamiento del agua

El equipo a utilizar en este proyecto realizará el tratamiento de aguas grises y pluviales en un mismo tanque, de manera que se ocupe el menor espacio posible y favorezca al máximo aprovechamiento del espacio de la vivienda.

Consistirá en un tratamiento físico-biológico en el cual se realizan una serie de etapas de filtración y digestión microbiana seguido de una de desinfección mediante hipoclorito sódico. Hasta obtener la calidad exigida para su reuso.

Se ha observado que existen numerosas empresas dedicadas a realizar equipos de este tipo, en los que, además, se hace uso de las mismas etapas de tratamiento escogidas anteriormente. Tras múltiples comparaciones, se ha decidido hacer uso del siguiente denominado GREM, comercializado por la empresa Remosa. Este se muestra en la siguiente imagen:



Imagen 27. Estación regeneradora GREM. Fuente: Remosa

GREM es una estación regeneradora compuesta por un conjunto de sistemas para el tratamiento de aguas grises y pluviales que permite la obtención de agua de gran calidad mediante la tecnología de membranas.⁸⁰

El sistema cumple los requisitos del Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de reutilización de las aguas depuradas.

La principal ventaja de este equipo es que se trata de un equipo compacto que permite el desbaste, oxidación, filtración por membranas, cloración y acumulación en un mismo equipo.

Además, también ofrece las siguientes ventajas:⁸¹

- Ahorro considerable de agua de consumo.
- Ayuda a la conservación del medio ambiente:

⁸⁰ GREM. Estación regeneradora de aguas grises.

<https://www.remosa.net/catalogos/catalogo_general_remosa/mobile/index.html#p=13> [Consulta: de 2019]

⁸¹ GREM. Estación regeneradora de aguas grises.

<https://www.remosa.net/catalogos/catalogo_general_remosa/mobile/index.html#p=13> [Consulta: de 2019]

- Alto rendimiento y fiabilidad de depuración obteniendo un agua con calidad de reutilización.
- El biorreactor de membranas es insensible a los problemas de sedimentación.
- La membrana actúa como una barrera física selectiva que bloquea el paso de materia en suspensión y microorganismos.

Su funcionamiento incluye las siguientes 4 etapas y se describen a continuación:



Figura 6. Etapas del funcionamiento. Fuente: Elaboración propia.

5.3.1 Descripción del tratamiento

En primer lugar, el agua procedente de la arqueta mixta entra en el equipo y se realiza un desbaste que consiste en la retirada de los sólidos que pueda arrastrar el agua, principalmente pelos procedentes de la ducha, que puedan dañar las membranas. Para ello, se utiliza un filtro con un paso de 1mm. Una vez realizado, se envía el agua al reactor biológico donde tiene lugar la descomposición biológica de la materia orgánica gracias a la aportación de aire y la generación de microorganismos aerobios (oxidación biológica).

El uso de esta tecnología permite obtener un permeado con una turbidez por debajo de 2 NTU y un contenido en Escherichia Coli no detectable. Después debido a la necesidad de separación de sólidos y líquidos se lleva a cabo una filtración mediante tecnología de membranas. Un sistema de succión ejerce una presión de vacío en las membranas creándose un flujo fuera -dentro de modo que el agua penetra a través de las membranas quedando los sólidos y las bacterias en la pared exterior, las cuales pueden ser cambiadas a lo largo de su vida útil. Los difusores crean un flujo de aire ascendente que permite limpiar la superficie de la pared exterior de las membranas y aseguran condiciones aerobias para la degradación de la materia orgánica.

Una vez tratada el agua, es clorada mediante la dosificación de hipoclorito sódico permitiendo conservar las propiedades sanitarias del efluente asegurando la reutilización de las aguas y posteriormente se almacena en el compartimento de acumulación. Por último, las aguas son bombeadas al punto de aplicación a través de un grupo de presión.⁸²

⁸²Remosa. Catálogo general 2019. <<https://gduran.com/tarifas/fontaneria/depuradoras-catalogo-fontaneria-REMOSA.pdf>> [Consulta: Julio 2019]

Las partes del equipo se muestran en las siguientes imágenes:

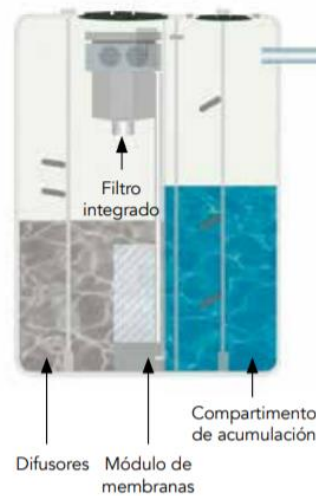


Imagen 28. Estación regeneradora GREM. Fuente: Remosa catálogo general 2019

La siguiente imagen muestra el equipo con sus partes divididas:

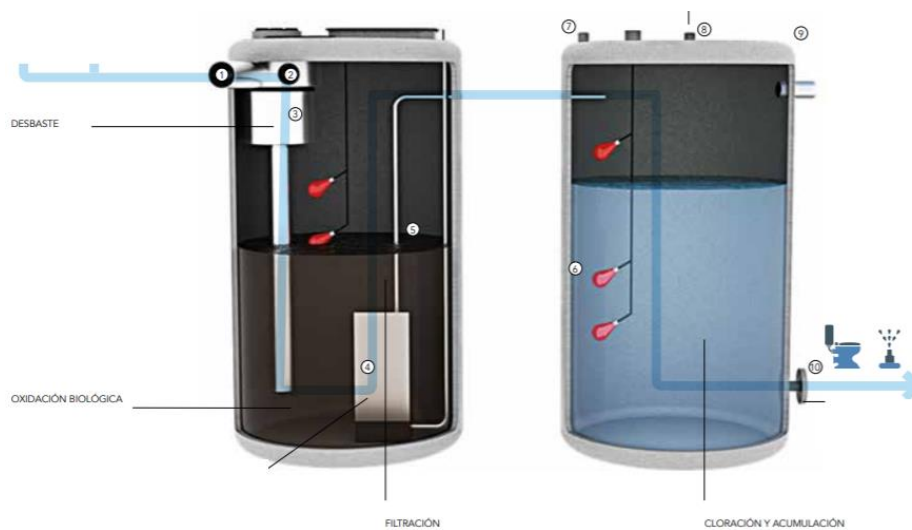


Imagen 29. Estación regeneradora GREM. Fuente: Remosa catálogo general 2019.

Éste incluye los siguientes accesorios:

- ✓ Soplante de membrana, el cual ejerce estas tres funciones:
 - Aportar oxígeno para que los microorganismos puedan degradar la materia orgánica.
 - Crear una agitación suficiente para mantener en suspensión los microorganismos.

- Crear un flujo de burbujas ascendente para el arrastre de materia depositada en la superficie de las membranas produciéndose un efecto de limpieza.
- ✓ Bomba de extracción de permeado.
- ✓ Sistema de cloración.
- ✓ Cuadro eléctrico de protección y maniobra monofásico.

En la siguiente imagen se puede observar como el agua gris procedente de la ducha y lavabo (falta lavadora, lavavajillas y fregadero) entran en el equipo, y salen ya tratadas directamente al riego del jardín y al inodoro.

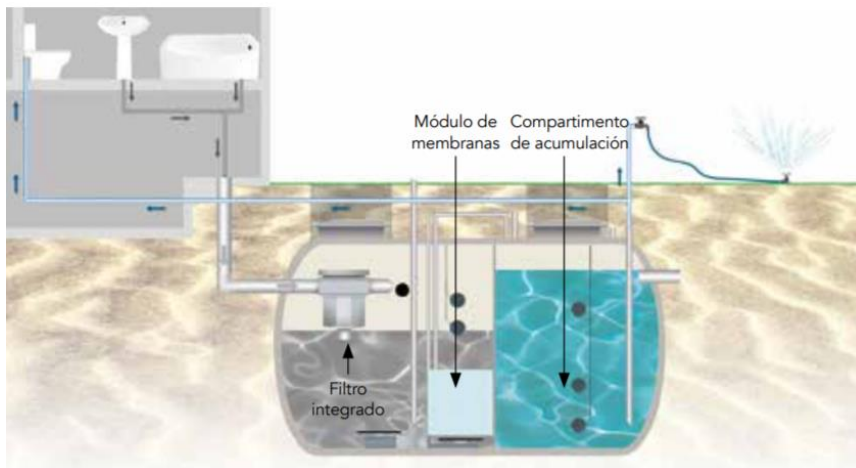


Imagen 30. Estación regeneradora GREM. Fuente: Remosa catálogo general 2019.

5.3.2 Disposición del equipo

Otra cuestión a tener en cuenta es el formato de equipo a escoger. Para ello, se ha consultado el catálogo donde se muestran aquellos disponibles. Concretamente, existen 3 y son:

- Disposición vertical en superficie
- Disposición vertical enterrada
- Disposición horizontal enterrada

Como ya se ha decidido anteriormente, el depósito debe estar enterrado así que, la primera disposición queda directamente descartada.

En cuanto a la elección entre las otras dos, el factor determinante ha sido el caudal que cada uno de ellos puede almacenar.

El equipo debe ser capaz de regenerar 695.770 L/año; 1.906,22 L/día.

Tras compararlos mediante el catálogo, se ha observado que la segunda opción únicamente puede soportar un volumen de 500 L/día lo cual sería insuficiente para este proyecto, mientras que la tercera opción permite desde 2.500 l/día hasta 10.000 L/día y resulta idóneo para el caudal de tratamiento.

Por tanto, la disposición finalmente adoptada es horizontal y enterrada. Dentro de esta, existen varios tipos en función del caudal cuyas dimensiones se muestran en la siguiente tabla:

REFERENCIA	AGUA REGENERADA (L/día)	D (mm)	L (mm)
GREM 2500	2.500	1.600	2.900
GREM 3500	3.500	1.600	3.900
GREM 5000	5.000	1.600	5.900
GREM 10000	10.000	2.000	7.300

Tabla 24. Dimensiones equipo de tratamiento. Fuente Remosa catálogo general 2019.

Teniendo en cuenta que el caudal que se tiene es de 1.906,22 L/día, el formato escogido será.

GREM 2500	2.500	1.600	2.900
------------------	--------------	--------------	--------------

Tabla 25. Dimensiones escogidas para el equipo de tratamiento. Fuente: Remosa catálogo general 2019.

Como se puede observar, el volumen de agua que es capaz de tratar está casi 500 L/día por encima de lo que realmente necesita, asegurando su tratamiento en caso de que surgiera de manera puntual un exceso de caudal.

5.4 Instalación de retorno

Una vez tratada el agua, debe ser enviada de nuevo a los usos a los que será destinado. Esto requiere el diseño de una red de retorno. El recorrido de la instalación encargada de enviar de nuevo el agua tratada a la vivienda tiene origen en el equipo de tratamiento. Como éste se encuentra enterrado, a la salida se dispondrán dos bombas de impulsión dispuestas en paralelo. Estas bombas, son las encargadas de impulsar el agua a través de una tubería de PVC de 16 mm de diámetro interior calculado en el Anejo 5 “*Dimensionado del equipo de evacuación forzada*”.

5.4.1 Sistema de bombeo y elevación

Para garantizar que el agua recuperada, tratada y almacenada pueda estar disponible de nuevo en los suministros de la instalación de la vivienda, existirá un sistema que permita la impulsión del agua desde su lugar de almacenamiento hasta los puntos de consumo. Este sistema está compuesto por un equipo de bombeo y elevación y sus accesorios y equipos de control y regulación.⁸³

Las bombas deben disponer de una protección adecuada contra las materias sólidas en suspensión y deben instalarse al menos dos, con el fin de garantizar el servicio de forma permanente en casos de avería, reparaciones o sustituciones. Además, estará alojado en una zanja que disponga fácil acceso para su registro y mantenimiento.⁸⁴

Las bombas hidráulicas utilizadas en la evacuación de aguas grises son de forma usual, las llamadas bombas centrífugas. Este tipo de máquinas hidráulicas utiliza el movimiento rotativo del impulsor o turbina para entregar energía al fluido en forma de energía cinética que posteriormente se transformará parcialmente en presión.⁸⁵

Para que la bomba se accione cuando se pulse el botón de recarga de la cisterna o se abra el grifo para el riego del jardín se utilizará un instrumento denominado presostato. Irá colocado a la salida de las bombas y será el encargado de abrir o cerrar el circuito eléctrico dependiendo de la lectura de la presión del agua.

Esto es posible porque el fluido ejerce una presión sobre un pistón interno provocando su movimiento hasta la unión de dos contactos. Cuando la presión baja, un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan. De esta manera se acciona y para la bomba.

⁸³ Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales

⁸⁴ Sección HS5 Evacuación de aguas <<https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/normativa/saneamiento/DB-HS-2009.pdf>> [Consulta: de 2019]

⁸⁵ SORIANO RULL, A. (2008). Evacuación de aguas residuales en edificios. Editorial: Marcombo.

5.4.2 Elección de la bomba

Según los parámetros de bomba obtenidos en el ANEJO 5 “*Dimensionado del equipo de evacuación forzada*” la bomba de la que se dispondrá es la siguiente:



Imagen 31. Bomba para retorno de agua tratada. Fuente: Grundfos.

Se trata del modelo TP 25-50/2 A-O-A BQQE.

Es una bomba de una etapa, acoplamiento cerrado y voluta con puertos de aspiración y descarga en línea de idéntico diámetro. El diseño de la bomba incluye un sistema de extracción superior que facilita el desmontaje del cabezal motor (el motor, el cabezal de la bomba y el impulsor) con fines de mantenimiento o reparación sin necesidad de desconectar las tuberías de la carcasa de la bomba.

La bomba está equipada con un cierre de fuelle de caucho no equilibrado. El cierre mecánico satisface los requisitos establecidos por la norma EN 12756. La conexión de las tuberías se lleva a cabo por medio de conexiones de unión de PN 10 (norma ISO 228-1).⁸⁶

⁸⁶ Grundfos <<https://es.grundfos.com/>> [Consulta: Julio 2019]

6. PLAN DE OBRA

Este apartado tiene como fin la descripción de las actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto, establecer las prioridades entre estas y permitir su correcta organización.

6.1. Actividades

El proyecto contempla las siguientes actividades:

- Desbroce y limpieza del terreno
- Ejecución de zanjas
- Construcción de arquetas
- Instalación de la red de saneamiento y equipos
 - Colectores
 - Bajantes
 - Canalones
 - Colocación del equipo de tratamiento y sistema de bombeo
- Relleno de las zanjas
- Acabado superficial
- Seguridad y salud

En cuanto al desbroce y limpieza del terreno se puede definir como los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la instalación de la red de saneamiento: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm. Ésta, se realizará con medios mecánicos y posteriormente serán cargadas en camión destinado para ello. Las dimensiones de jardín que necesitan de este desbroce y limpieza son: 30m·1,5m, siendo un total de 45 m².

El proceso se inicia con un replanteo en el terreno seguido de una remoción mecánica de los materiales de desbroce, retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce y por último carga a camión. La superficie del terreno quedará limpia y en condiciones adecuadas para poder realizar el replanteo definitivo de la obra.

- Ejecución de zanjas

Consiste en la excavación de zanjas para instalaciones en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, y carga a camión.

Estas serán de paredes verticales y su anchura es del diámetro del tubo (variable en cada zona) más 500mm y como mínimo de 0,60 m. La profundidad mínima debe ser de 80 cm y la máxima es de 5 metros tal y como muestra en los planos.

Las tuberías de PVC se apoyan en toda su longitud sobre un lecho de grava. Posteriormente, se compactarán los laterales y se dejan al descubierto las uniones hasta que se finalicen las pruebas

de estanqueidad. El relleno se realiza por capas de 10 cm, compactando, hasta 30 cm del nivel superior en que se realiza un último vertido y la compactación final.

El proceso comienza con un replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia seguido de la colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Más tarde se excava en sucesivas franjas horizontales y se realiza la extracción de tierras.

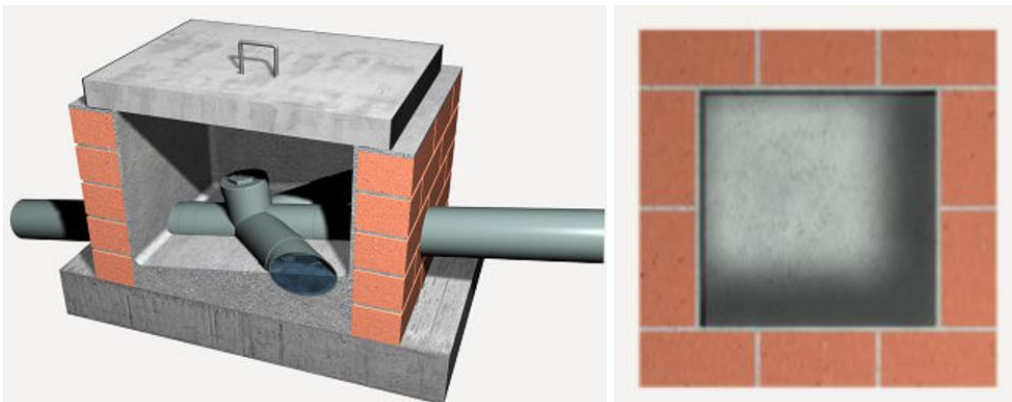
Las excavaciones quedarán protegidas frente a filtraciones y acciones de erosión o desmoronamiento por parte de las aguas de escorrentía. Se tomarán las medidas oportunas para asegurar que sus características geométricas permanecen inamovibles. Mientras se efectúe la consolidación definitiva de las paredes y fondo de las excavaciones se conservarán las entibaciones realizadas, que sólo podrán quitarse, total o parcialmente, previa comprobación del director de la ejecución de la obra, y en la forma y plazos que éste dictamine. Dimensiones: $45\text{m} \cdot 4\text{m} = 180\text{m}^3$



Imagen 32. Zanjas. Fuente: Generador de precios Cype.

Una vez ejecutadas las zanjas, se procede a la construcción de las arquetas.

- Construcción de arquetas:



Imágenes 33 y 34. Arqueta. Fuente: Generador de precios Cype.

Se comienza con un replanteo. Una vez realizado, se vierte y compacta el hormigón en formación de solera. Después se forma la obra de fábrica con ladrillos, previamente humedecidos, colocados con mortero. Más tarde, se realiza el conexionado de los colectores a la arqueta y se procede al relleno de hormigón para formación de pendientes, se realiza el enfoscado y bruñido

con mortero, redondeando los ángulos del fondo y de las paredes interiores de la arqueta, se coloca el codo de PVC en el dado de hormigón, se realiza el cierre hermético y se coloca la tapa y los accesorios. Se deberá comprobar su correcto funcionamiento y realizar las pruebas de servicio. Se protegerá frente a golpes y obturaciones. Se taparán todas las arquetas para evitar accidentes. La arqueta quedará totalmente estanca.

En cuanto a la arqueta: se trata de una arqueta registrable, enterrada, construida con fábrica de ladrillo cerámico macizo, de 1/2 pie de espesor, recibido con mortero de cemento, industrial, M-5, de dimensiones interiores variables, sobre solera de hormigón en masa HM-30/B/20/I+Qb de 15 cm de espesor, formación de pendiente mínima del 2%, con el mismo tipo de hormigón, enfoscada y bruñida interiormente con mortero de cemento, industrial, con aditivo hidrófugo, M-15 formando aristas y esquinas a media caña, cerrada superiormente con tapa prefabricada de hormigón armado con cierre hermético al paso de los olores meffíticos; previa excavación con medios manuales y posterior relleno del trasdós con material granular. Incluso mortero para sellado de juntas y colector de conexión de PVC, de tres entradas y una salida, con tapa de registro, para encuentros.

En este proyecto se distinguen 3 tipos de arqueta en función del tipo de agua que las atraviesa. Estas son: arqueta de aguas grises, pluviales y mixtas. Sus dimensiones varían y son las siguientes:

- ❖ Arqueta aguas grises: 0,5m·0,5m·0,5m
- ❖ Arqueta aguas pluviales: 0,5m·0,5m·0,65m
- ❖ Arqueta aguas mixtas: 0,7m·0,7m·0,5m

El proceso comienza con un replanteo. Seguido de vertido y compactación del hormigón para la formación de solera. Después, se forma la obra de fábrica con ladrillos, previamente humedecidos, colocados con mortero. Más tarde se realiza el conexionado de los colectores a la arqueta, relleno de hormigón para formación de pendiente y enfoscado y bruñido con mortero, redondeando los ángulos del fondo y de las paredes interiores de la arqueta.

Una vez realizado todo lo anterior, se coloca el codo de PVC en el dado de hormigón y se realiza el cierre hermético y colocación de la tapa y los accesorios. Se protegerá frente a golpes y obturaciones. Se taparán todas las arquetas para evitar accidentes.

Una vez realizadas las arquetas, se comienza con la colocación de la red de saneamiento, equipo de tratamiento y grupo de presión.

- Colocación de equipos e instalación de red de saneamiento
- Colocación de equipo de tratamiento y sistema de bombeo

Continua el proyecto con la colocación del equipo de tratamiento y sistema de bombeo cuyas dimensiones se muestran en el apartado anterior *-Descripción del proyecto-*.

- Colectores enterrados

Se colocan colectores enterrados con una pendiente mínima del 2%, para la evacuación de aguas grises y pluviales, formado por tubo de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m²,

pegado mediante adhesivo, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 30 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso líquido limpiador y adhesivo para tubos y accesorios de PVC. El precio no incluye las arquetas, la excavación ni el relleno principal.

Comienza con un replanteo y trazado del conducto en planta y pendientes, presentación en seco de tubos y piezas especiales, vertido de la arena en el fondo de la zanja y descenso y colocación de los colectores en el fondo de la zanja. Mas tarde se realiza el montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. La red permanecerá cerrada hasta su puesta en servicio, no presentará problemas en la circulación y tendrá una evacuación rápida.

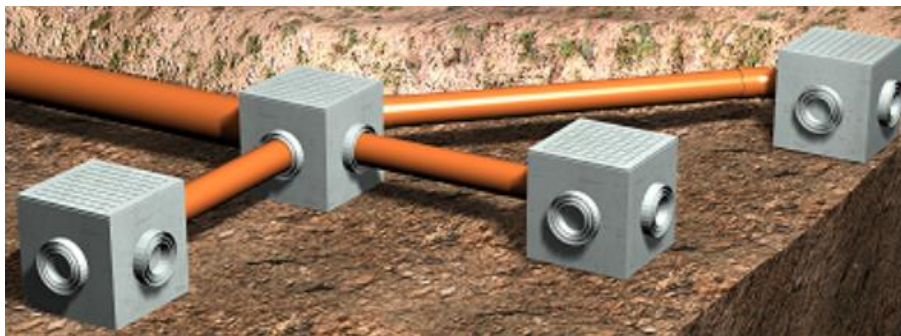


Imagen 35. Colectores enterrados. Fuente: Generador de precios Cype.

- Bajantes

Como en el caso anterior, se hará distinción entre las bajantes de aguas pluviales que irán por el exterior de la vivienda y las bajantes e las aguas grises que por lo contrario irán por el interior.

- ❖ Pluviales

Bajante exterior de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm 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.

- ❖ Grises

Bajante interior de la red de evacuación de aguas residuales, formada por tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm 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.

- ❖ Ventilación primaria

Tubería para ventilación primaria de la red de evacuación de aguas, formada por tubo de PVC, de 90 mm de diámetro y 1,2 mm 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.

En este proyecto únicamente se ejecuta la ventilación primaria. Esta, irá provista del correspondiente accesorio estándar que garantice la estanqueidad permanente del remate entre impermeabilizante y tubería

El proceso de ejecución es similar en los tres casos y es el siguientes:

Replanteo del recorrido de la bajante y de la situación de los elementos de sujeción. Presentación en seco de los tubos. Fijación del material auxiliar para montaje y sujeción a la obra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio. La bajante no presentará fugas y tendrá libre desplazamiento respecto a los movimientos de la estructura. Se protegerá frente a golpes.

A continuación, se procede a la excavación de las zanjas.

Estas se ejecutarán en función de las características del terreno y de los materiales de las canalizaciones a enterrar.

Estas serán de paredes verticales y su anchura es del diámetro del tubo (variable en cada zona) más 500mm y como mínimo de 0,60 m.

La profundidad mínima debe ser de 80 cm y la máxima es de 5 metros tal y como muestra en los planos.

Las tuberías de PVC se apoyan en toda su longitud sobre un lecho de grava. Posteriormente, se compactarán los laterales y se dejan al descubierto las uniones hasta que se finalicen las pruebas de estanqueidad. El relleno se realiza por capas de 10 cm, compactando, hasta 30 cm del nivel superior en que se realiza un último vertido y la compactación final.

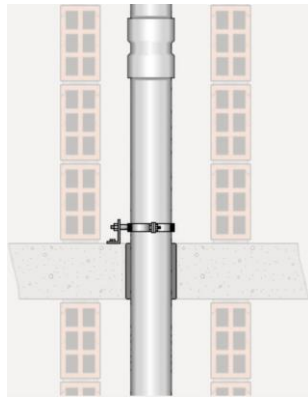


Imagen 36. Bajante en el interior del edificio para aguas grises. Fuente: Generador de precios Cype



Imagen 37. Bajante en el exterior del edificio para aguas pluviales. Fuente: Generador de precios Cype

- Canalones



Imagen 35. Canalón circular. Fuente: Generador de precios Cype

Canalón circular de PVC con óxido de titanio, de desarrollo 250 mm, color gris claro.

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. El agua circulará correctamente. Se protegerá frente a golpes.

- Tubería de PVC de diámetro interior de 16 mm para tubería de impulsión
- Relleno de zanjas

Relleno envolvente y principal de zanjas para instalaciones, con arena de 0 a 5 mm de diámetro y compactación en tongadas sucesivas de 20 cm de espesor máximo con pisón vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado.

Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Colocación de cinta o distintivo indicador de la instalación. Compactación.

Las tierras o áridos de relleno habrán alcanzado el grado de compactación adecuado.

Las tierras o áridos utilizados como material de relleno quedarán protegidos de la posible contaminación por materiales extraños o por agua de lluvia, así como del paso de vehículos.

- Gestión de residuos

Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.

Transporte de tierras a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, con protección de las mismas mediante su cubrición con lonas o toldos. Las vías de circulación utilizadas durante el transporte quedarán completamente limpias de cualquier tipo de restos.

- Seguridad y salud

6.2 Planificación de las actividades. Diagrama de Gantt.

Se pretende obtener un diagrama que permita la correcta organización de los trabajos, el establecimiento de prioridades entre unos y otros y la duración de las obras contenidas en el presente proyecto.

El periodo para ejecutar y finalizar las obras es de 3 semanas. Una vez finalizado los propietarios de las viviendas podrán empezar a explotar las instalaciones. Para entonces, el sistema ha sido probado anteriormente y se debe haber obtenido la confirmación de que el estado es correcto y no sufre ningún tipo de restricción.

N.º	DESCRIPCIÓN TAREA	DURACIÓN	FECHA INICIO	FECHA FIN	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	V	S	D
1	DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO	3 días	02/09/2019	04/09/2019	█	█	█				█							█										█
2	EJECUCIÓN DE ZANJAS	7 días	04/09/2019	11/09/2019			█	█	█	█	█	█	█	█				█										█
3	CONSTRUCCIÓN DE ARQUETAS	3 días	10/09/2019	12/09/2019							█	█	█					█										█
4	INSTALACIÓN DE EQUIPO DE TRATAMIENTO	1 día	13/09/2019	13/09/2019							█							█										█
5	INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO	1 día	13/09/2019	13/09/2019							█							█										█
6	INSTALACIÓN DE LA RED DE SANEAMIENTO	5 días	13/09/2019	18/09/2019							█							█	█	█								█
7	RELLENO DE ZANJAS	5 días	17/09/2019	21/09/2019							█							█	█	█	█	█						█
8	GESTIÓN DE RESIDUOS	18 días	02/09/2019	21/09/2019	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
9	SEGURIDAD Y SALUD	18 días	02/09/2019	21/09/2019	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
NOTA: Domingos festivo																												

Tabla 26. Diagrama de Gantt. Fuente: Elaboración propia

7. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

ACCIONES PREVIAS	0,06%	17,25
EJECUCIÓN DE ZANJAS	5,91%	1.767,81
RED DE SANEAMIENTO	8,48%	2.533,54
EQUIPO DE TRATAMIENTO	48,54%	14.509,39
EQUIPO DE BOMBEO	24,24%	7.246,31
SEGURIDAD Y SALUD	6,41%	1.917,20
GESTIÓN DE RESIDUOS	3,51%	1.050,30
CONTROL DE CALIDAD	2,84%	850,00

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

Gastos generales	13,00%	3.885,93
Beneficio industrial	6,00%	1.793,51
Suma		35.571,24

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

35.571,24

HONORARIOS PROYECTO	5,00%	1.494,59
Deducciones o incrementos (obra oficial, reforma, etc)	0,00%	0,00
Suma		1.494,59

1.494,59

HONORARIOS DIRECCIÓN DE OBRA	5,00%	1.494,59
Deducciones o incrementos (obra oficial, reforma, etc)		
Suma		1.494,59

1.494,59

HONORARIOS DE PROYECTO Y DIRECCIÓN

2.989,18

DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN	5,00%	1.494,59
Deducciones o incrementos (obra oficial, reforma, etc)		
Suma		1.494,59

0,00%

0,00

HONORARIOS DE DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN

1.494,59

HONORARIOS

4.483,77

PRESUPUESTO LÍQUIDO

40.055,01

El presupuesto de Ejecución Material del proyecto asciende a la cantidad de;
CUARENTA MIL CINCUENTA Y CINCO EUROS CON UN CÉNTIMO.

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 PAÍS VASCO:**

DECRETO 215/2012, de 16 de octubre, por el que se designan Zonas Especiales de Conservación catorce ríos y estuarios de la región biogeográfica atlántica y se aprueban sus medidas de conservación.

- **NORMATIVA ESPECÍFICA (UNE, ASTM, GUÍAS, INSTRUCCIONES TÉCNICAS...)**

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.

8. BIBLIOGRAFÍA

[1] " El agua un recurso escaso e irregularmente distribuido" <http://www.lacerca.com/noticias/medio_ambiente/el-agua-recurso-escaso-22973-1.html> [Consulta:17 de diciembre de 2018]

[2] EUSTON. *Recursos hídricos*. <<https://www.euston96.com/recursos-hidricos/>> [Consulta:17 de diciembre de 2018]

[3] USGS "La ciencia del agua para las escuelas" <<https://water.usgs.gov/gotita/earthhowmuch.html>> [Consulta:17 de diciembre de 2018]

[4] "2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro" <<https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>> [Consulta:13 de enero de 2019]

[5] Waterforlife. <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml>

[6] ONU (2015). "Objetivos de desarrollo sostenible" <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>> [Consulta:13 de enero de 2019]

[7] AECID <<http://www.aecid.es/ES/Paginas/Sala%20de%20Prensa/ODS/01-ODS.aspx>> [Consulta: 21 de febrero de 2019]

[8] Cumbre pueblos (2017). "Calentamiento global: Qué es, causas, consecuencias y soluciones" <<https://cumbrepuebloscop20.org/medio-ambiente/calentamiento-global/>> [Consulta: 20 de enero de 2019]

[9] Fayanás Escuer. E (2011)

[10] Martín García. I (2014) " La reutilización planificada del agua empezó en 1912 en Estados Unidos" en *iagua* <<https://www.iagua.es/noticias/espana/redaccion-iagua/14/11/28/iaguadyr-isabel-martin-tecnico-proyectos-tratamiento-y>> [Consulta: 10 de febrero del 2019]

[11] (2016) "El ciclo urbano del agua" < <https://aguaecosocial.com/ciclo-urbano-del-agua/>> [Consulta: 21 de febrero del 2019]

[12] Los beneficios del reúso del agua" *iagua* <<https://www.iagua.es/noticias/aneas/beneficios-reuso-agua>> [Consulta: 8 de febrero del 2019]

[13] Anexo I.A del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Utilización de las Aguas Depuradas

[14] Guía para la Aplicación del R.D 1620/2007

[15] PALMA CARAZO, I.J. (2003). *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. Navarra: editorial EUNSA

[16] UNIVERSIDAD DE CORUÑA. *Reciclaje de aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua*. <file:///C:/Users/ANA/Desktop/RECURSOS%20COMPLEMENTARIOS%20-%20AGUAS%20GRISES%20-%20GAA%20-%202012-2013.pdf> [Consulta: 7 de marzo de 2019]

[17] FUNDESYRAM. *Aguas grises y negras*. <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=484> [Consulta: 21 febrero de 2019]

[18] Tratamiento de reciclado de aguas grises y pluviales <http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Tratamiento-de-reciclado-de-aguas-grises-y-pluviales-62659.html> [Consulta: febrero de 2019]

[19] “Aguas grises: origen, composición y tecnologías para su reciclaje” <https://www.aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_08-Grises_origen.pdf> [Consulta: 21 febrero de 2019]

[20] AGUA ESPAÑA. Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en España <https://www.aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/2016.Guia_tecnica.pluviales.pdf> [Consulta: 22 de febrero de 2019]

[21] SOLICLIMA ENERGIA SOLAR. *Captación de aguas pluviales*. <<https://www.soliclima.es/aguas-pluviales>> [Consulta: 22 de febrero de 2019]

[22] *Tratamiento de las aguas* <https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf> [Consulta: 4 de marzo de 2019]

[23] Dr. Alejandro Mariñelarena. *Manual de autoconstrucción de sistemas de tratamientos de aguas residuales domiciliarias*. <<https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/manual-de-autoconstruccion-de-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-domiciliarias>> [Consulta: 5 marzo de 2019]

[24] SINC. *El fósforo ha pasado de ser un nutriente a ser un contaminante global* <<https://www.agenciasinc.es/Noticias/El-fosforo-ha-pasado-de-ser-un-nutriente-a-ser-un-contaminante-global>> [Consulta: 5 marzo de 2019]

[25] *El reciclaje de las aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural* <https://www.researchgate.net/publication/324039859_El_reciclaje_de_aguas_grises_como_complemento_a_las_estrategias_de_gestion_sostenible_del_agua_en_el_medio_rural> [Consulta: 5 marzo de 2019]

[26] CRANFIELD UNIVERSITY. *Desinfection of grey water*. <<https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/handle/1826/2894/Gideon%20P%20Winward.pdf;jsessionid=5AE0C01DD3D4B5867411C2B290DB570A?sequence=1>> [Consulta: 5 marzo de 2019]

[27] *El reciclaje de las aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural*
<https://www.researchgate.net/publication/324039859_El_reciclaje_de_aguas_grises_como_complemento_a_las_estrategias_de_gestion_sostenible_del_agua_en_el_medio_rural> [Consulta: 5 marzo de 2019]

[28] Hidritec. *Agua de calidad*. < <http://www.hidritec.com/hidritec/agua-de-calidad>> [Consulta: 25 de febrero de 2019]

[29] THE UNIVERSITY OF ARIZONA. *La calidad del agua, E. coli y su salud*. <<https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>> [Consulta: 26 de febrero de 2019]

[30] WATERLOGIC. *¿Qué factores determinan la calidad del agua?*
<<https://www.waterlogic.es/blog/que-factores-determinan-la-calidad-del-agua/>> [Consulta: 25 de febrero de 2019]

[31] REVISTA COSTARRIQUENSE DE SALUD PÚBLICA. *Nematodos en las plantas de tratamiento de agua para consumo humano en Costa Rica*
<http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-1429200000200006> [Consulta: 26 de febrero de 2019]

[32] SINC. *Investigan nuevos nematodos presentes en aguas depuradas*. <<https://www.agenciasinc.es/Noticias/Investigan-nuevos-nematodos-presentes-en-aguas-depuradas>> [Consulta: 16 de febrero de 2019]

[33] Universidad de A coruña. "Reciclaje aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua." [Consulta: febrero 2019]

[34] *El reciclaje de las aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural*
<https://www.researchgate.net/publication/324039859_El_reciclaje_de_aguas_grises_como_complemento_a_las_estrategias_de_gestion_sostenible_del_agua_en_el_medio_rural> [Consulta: marzo de 2019]

[35] INGEEXPERT. *Tratamientos físicos en las tecnologías de depuración de aguas*. <<https://ingeoexpert.com/articulo/tratamientos-fisicos-las-tecnologias-depuracion-aguas-residuales/?v=04c19fa1e772>> [Consulta: marzo de 2019]

<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1545/0de3JABRcap1acap3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[36] <<https://www.iagua.es/blogs/cristina-assenjo-lopez/tratamiento-aguas-griseS>> [Consulta: de marzo 2019] 1 Dim Water Solutions. *Biorreactores de membranas*. <<http://www.dimasagrupo.com/wp-content/uploads/2018/05/Presentación-MBR-OK.pdf>> [Consulta: de 2019]

[37] *Fundación para el conocimiento de Madrid. MBR. Una alternativa de tratamiento para la reutilización del agua* <<http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2007/04/12/63351>> [Consulta: junio de 2019]

[38] *Tratamiento físico-químico compacto de aguas residuales industriales* <<https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/9137-Tratamiento-fisico-quimico-compacto-de-aguas-residuales-industriales.html>> [Consulta: junio de 2019]

[39] *Separadores de grasas para aguas residuales.* <<http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Separadores-de-grasas-62664.html>> [Consulta: junio de 2019]

[40] *Sección HS5 Evacuación de aguas* <<https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/normativa/saneamiento/DB-HS-2009.pdf>> [Consulta: de 2019]

[41] *GREM. Estación regeneradora de aguas grises.* <https://www.remosa.net/catalogos/catalogo_general_remosa/mobile/index.html#p=13> [Consulta: de 2019]

[42] *SORIANO RULL, A. (2008). Evacuación de aguas residuales en edificios. Editorial: Marcombo.*

ANEJO 1: CÁLCULO DE CAUDALES

ÍNDICE ANEJO 1

ANEJO 1: CÁLCULO DE CAUDALES	105
1.1 CAUDAL GENERADO.....	105
1.2 CAUDAL DEMANDADO.....	109

ANEJO 1: CÁLCULO DE CAUDALES

1.1 CAUDAL GENERADO

Aguas grises

Como ya ha sido comentado, para realizar un correcto diseño de la red de abastecimiento con aguas regeneradas, grises o de origen pluvial, se necesitarán datos precisos sobre el consumo de cada uno de los puntos o aparatos de los cuales consta el edificio.⁸⁷

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

- En el baño: duchas y lavabos.
- En la cocina: Lavavajillas, lavadoras y fregaderos.

Se procederá a calcular la cantidad utilizada en cada uno de ellos para poder así conocer el caudal de aguas grises que posteriormente necesitará tratamiento.

Baño Lavabo: En condiciones normales de uso, 10 litros/ habitante·día.

Ducha: Si se utiliza unos 2-5 minutos por persona y día (15-25 litros/min), cinco o seis veces por semana, su demanda es de 22-107 litros/ hab.día.

⁸⁷ PALMA CARAZO, I.J. (2003). *Las aguas residuales en la arquitectura sostenible*. Navarra: editorial EUNSA.

Cocina

Fregadero: Requiere 0-6 litros/ hab·día (elaboración de comidas)

Lavavajillas: Se consideran 2 hipótesis:

1º Efectuarlo a mano: Consume 4 litros por persona y comida, por lo que la demanda total sería de 8-12 litros/hab.día

2º Uso de lavavajillas: Consume entre 25 y 50 litros por ciclo. En una familia de 3 miembros, utilizandolo 1 vez al día la demanda sería de 6-12 litros/ hab. día.

Lavadora: Se considera que el lavado de ropa se hace con lavadora. El consumo de esta es de unos 100-200 litros. Las familias españolas realizan una media de 21 coladas al mes, considerando una unidad de 5-6 miembros, el consumo sería de 18-34 litros/hab·día.

Ignacio Javier Palma Carazo, Las aguas residuales en la arquitectura sostenible. Medidas preventivas y técnicas de reciclaje pág. 74

Resumiendo, los datos en una tabla cuyas unidades son litros/habitante·Día:

	USO	MÍNIMO	MEDIO	MÁXIMO	COMENTARIOS
BAÑO	Lavabo	8	10	12	-
	Ducha	22	65	107	-
	Fregadero	6	6	6	-
COCINA	Lavavajillas	6	9	12	<i>Media entre lavavajillas y lavado a mano</i>
	Colada	18	26	34	<i>Utilizando lavadora</i>

Tabla 1. Consumo de agua en una vivienda española. Fuente:

Suponiendo que se hace uso de lavavajillas y realizando la suma de todos ellos se obtiene que el consumo diario de agua gris de un habitante en una vivienda de este tipo es de 116 litros/habitante/día.

Como el tratamiento de aguas será realizado conjuntamente para las dos viviendas unifamiliares adosadas, y se estima que en cada una de ellas vivirían 3 personas, se genera una cantidad de aguas grises de 698 litros/día.;254.770 litros/año.

Aguas pluviales

Por otro lado, hay que tener en cuenta que, a esta cantidad, se le debe sumar el volumen de aguas pluviales recogido en la cubierta. La superficie de captación es la total existente de manera que permita contar con un mayor caudal disponible y poder cubrir las necesidades de abastecimiento de ambas viviendas.

Para calcular el caudal captado anualmente se hace uso de la siguiente fórmula:

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

Donde:

- 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)
-

Teniendo en cuenta el siguiente mapa:

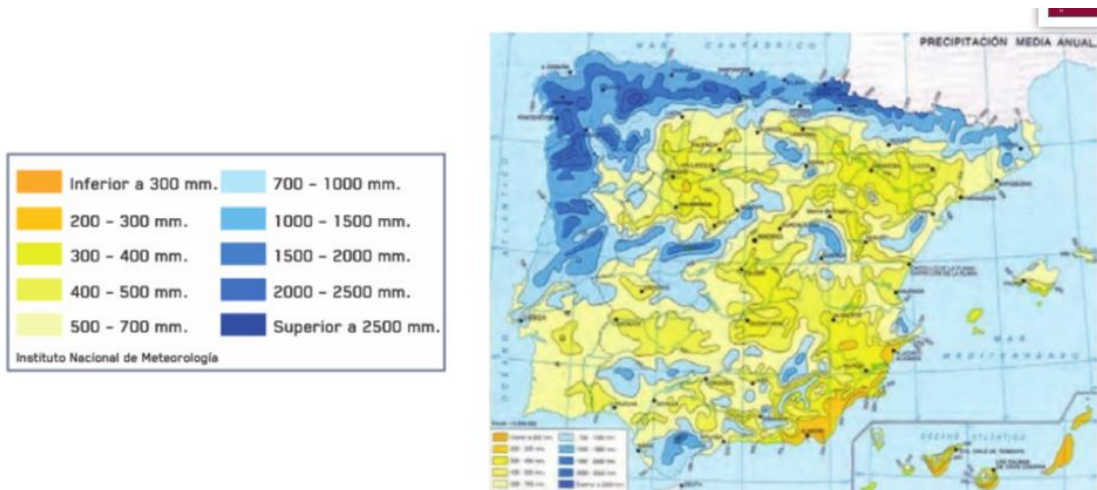


Imagen 1. Fuente:

- Precipitación media anual= 1750 L/m²·año
- Superficie de recogida=140m² + 140m² = 280 m²
- F₁= 0,9

$$C = 1750 \frac{L}{m^2 \cdot año} \cdot 280m^2 \cdot 0,9 = 441.000 \frac{L}{año}$$

Total, de pluviales más grises:



1.2 CAUDAL DEMANDADO

Para poder dimensionar la instalación necesaria de manera que estas aguas puedan ser reutilizadas y se pueda hacer uso de ellas cuando se requiera también es necesario saber qué cantidad de agua es necesaria para cada uno de estos usos. Tras consultar la Guía Técnica de Aguas Grises, las cantidades correspondientes a cada tipo de uso son las siguientes⁸⁸:

APLICACIÓN	DEMANDA ESTIMADA
Recarga de cisternas de inodoro	18-45 litros/persona/día
Riego de jardines	2-6 litros/m ² /día

Tabla 2. Fuente: Guía Técnica de Aguas Grises.

Para el cálculo total se hará uso de la siguiente fórmula.

$$D = W + R$$

Donde:

- W= Caudal de recarga de sanitarios.
 - Media= 31,5 litros/persona·día
 - 3 personas por vivienda
 - 2 viviendas
 -

$$W = 2 \text{ viviendas} \cdot 31,5 \frac{L}{\text{persona} \cdot \text{día}} \cdot 3 \frac{\text{persona}}{\text{vivienda}} = 189 \frac{L}{\text{día}}$$

⁸⁸ GUÍA TÉCNICA DE RECICLAJE DE AGUAS GRISAS. <<https://www.remosa.net/pdf/GUIA%20TECNICA%20ESPANOLA%20RECICLAJE%20AGUAS%20GRISAS.PDF>> [Consulta: junio 2019]

- R= Riego de jardines
 - Media= 4 litros/m²·día
 - Superficie= 280 m²

$$R = 4 \frac{L}{m^2 \cdot día} \cdot 280m^2 = 1.120 \frac{L}{día}$$

Por tanto:

$$D = W + R = 1.309 \frac{L}{día}$$

ANEJO 2: DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE RECOGIDA DE AGUA

ANEJO 2: DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE RECOGIDA DE AGUA

ANEJO 2: DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE RECOGIDA DE AGUA	113
2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	113
2.2 DIMENSIONADO	113
2.2.1 Aguas pluviales.....	113
2.2.2 Aguas grises.....	119
2.3 DIMENSIONADO DEL COLECTOR DE TIPO MIXTO.....	126

ANEJO 2: DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE RECOGIDA DE AGUA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de salubridad. Las secciones de este DB se corresponden con las exigencias básicas HS 1 a HS 5. En este caso se tendrá en cuenta todo lo indicado en la sección HS-5 el cual corresponde a la Evacuación de aguas.

La correcta aplicación de cada sección supone el cumplimiento de la exigencia básica correspondiente. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico "Higiene, salud y protección del medio ambiente".⁸⁹

2.2 DIMENSIONADO

2.2.1 Aguas pluviales

Para abarcar el dimensionado de la evacuación de aguas pluviales, se deben considerar datos previos referentes a la climatología del lugar.

Para ello se presenta a continuación el mapa pluviométrico de España.

⁸⁹ Documento Básico Hs. Salubridad.
<http://www.afme.es/phocadownload/Codigo_Tecnico_de_la_Edificacion/DB-HS.pdf> [Consulta: julio 2019]

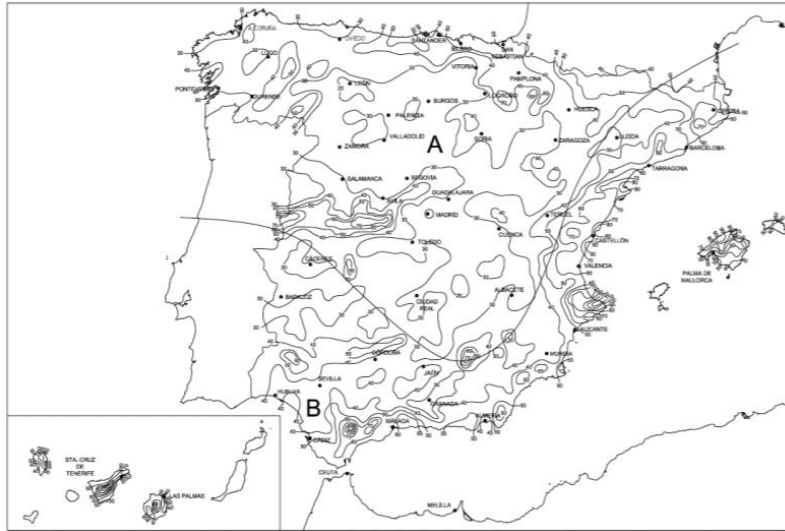


Imagen 1. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

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 1. Intensidad pluviométrica i mm/h

Teniendo en cuenta que las viviendas están situadas en Vizcaya, se tienen los siguientes datos de partida:

- Zona A
- Isoyeta 50
- Curva de intensidad pluviométrica $i = 155$ mm/h
- **Método de dimensionado:**

El método de dimensionado utilizado por el HS se basa en cálculos tabulados bajo un régimen medio de pluviometría de 100 mm/h, como no todas las zonas geográficas comparten este valor se deberá aplicar un factor de corrección coherente con la pluviometría media de la zona donde se ejecute el proyecto e instalación y poder así utilizar de manera correcta las tablas de cálculo.

Este factor de corrección incidirá directamente sobre la superficie encargada de recoger las aguas de precipitación, viéndose incrementada en zonas con alta pluviometría o por el contrario disminuida en zonas con pluviometría menor a dicho valor medio de 100 mm/h.

Para aplicar este factor y una vez localizada la zona geográfica de trabajo se procederá como sigue:

1. Se determinará la intensidad pluviométrica según el mapa de isoyetas-zonas pluviométricas y la tabla de intensidades pluviométricas, reflejada en el apartado anterior.

2. Se aplicará el factor de corrección (f), sustituyendo el valor dado en la tabla, por el factor “i” (intensidad pluviométrica que se quiere considerar) reflejado en la fórmula:

$$f = \frac{i}{100}$$

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

3. Se aplicará por último el producto entre la superficie real de recogida de pluviales por el valor resultante de factor de corrección (f), obteniendo así la superficie de recogida o de cálculo.

$$S_c = S_r \times f$$

$$S_c = 280 \times 1,55$$

$$S_c = 434\text{m}^2$$

- Siendo:

Sc: Superficie de cálculo.

Sr: La superficie real.

F: El factor de corrección.

La obtención de esta superficie de cálculo, resultará esencial para una correcta selección del diámetro/s correspondiente a la red de pluviales.

El sistema se realiza mediante una cubierta plana, que evacúa las aguas hasta un canalón perimetral. Las bajantes correspondientes a cada tramo se alojarán en sitios que permitan su posible revisión en caso de avería.

2.2.1.1 Red de pequeña evacuación de aguas pluviales

La mayoría del agua precipitada sobre una cubierta plana deberá ser absorbida por los llamados sumideros de suelo y/o calderetas, debiendo colocar tantos, como extensa sea la superficie de vertido. Estos elementos se conectarán a la red de evacuación de pluviales.

En base a esto, se dimensionarán según la tabla 4.6 adjunta, perteneciente al apartado 4.2.1 del HSC-CTE.⁹⁰

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 2. Número de sumideros en función de la superficie de cubierta

Sabiendo que S_c tiene 434 m², se sabe que:

$$N^{\circ} \text{ Sumideros necesarios} = 4$$

2.2.1.2 Canalones

El dimensionado del canalón necesario para recoger y canalizar las aguas de cubiertas y tejados seguirá las pautas marcadas para el resto de tramos de la red de pluviales, por ello se determinarán las dimensiones de los mismos en función de:

- La proyección horizontal de la superficie de cubierta en m² que vierte a un mismo tramo de canalón, comprendido entre su bajante y su línea divisoria de aguas.
- La pendiente asignada para cada uno de los tramos, permitiéndose en este el caso de pendientes mínimas del 0,5%.
- La zona pluviométrica en la que se encuentre la edificación, determinada por las coordenadas geográficas del emplazamiento.⁹¹

El diámetro nominal del canalón de evacuación de aguas pluviales de sección semicircular para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h se obtiene en la tabla 4.7 en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve.

La superficie de cálculo en la tabla, estará condicionada al valor de pluviometría estimado para la zona en estudio, debiendo aplicarse, de ser necesario, el factor de corrección apropiado en cada caso.⁹²

⁹⁰ SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.

⁹¹ SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.

⁹² SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
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 3. Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Sabiendo que S_c tiene 434 m² y considerando una pendiente del canalón del 2% se tiene que:

$$\varnothing_{\text{Nominal del canalón}} = 250 \text{ mm}$$

2.2.1.3 Bajantes

Son las tuberías verticales que recogen las aguas provenientes de las derivaciones y las conducen hacia los colectores.

El diámetro de las bajantes depende de:

- La proyección horizontal de la superficie de cubierta cuyas aguas recoge.
- Del índice pluviométrico propio de las zonas de estudio.

En la tabla 4.8 (HS5-CTE) se recoge la máxima superficie proyectada, expresada en m², que puede servir una bajante de aguas pluviales en función de su diámetro y para una intensidad pluviométrica dada de $i=100$ mm/h.

En caso de que el edificio esté situado en una zona con diferente régimen pluviométrico, es necesario modificar esta tabla multiplicando la columna de superficies de cubierta por el factor de corrección f .⁹³

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 4. Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Para el cálculo del diámetro nominal de la bajante se tiene en cuenta:

$$S = \frac{434 \text{ m}^2}{4 \text{ sumideros}} = \frac{108,5 \text{ m}^2}{\text{sumidero}}$$

⁹³ SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.

Por lo que, observando la tabla se tiene que:

$$\varnothing_{\text{Nominal de la bajante}} = 63 \text{ mm}$$

Pero, según la normativa, el diámetro nominal de la bajante mínima debe ser de 75mm. Por lo que:

$$\varnothing_{\text{Nominal de la bajante}} = 75 \text{ mm}$$

2.2.1.4 Colectores

Los colectores de aguas pluviales se dimensionarán a sección llena y en función de:

- La superficie de cubierta que ha de recoger aguas pluviales para ser evacuadas.
- La pendiente asignada al colector.

Igualmente se recuerda que la tabla de consulta referida a este tramo de la instalación, está diseñada para un régimen pluviométrico de 100 mm/h, por lo que se aplicará el factor de corrección apropiado a la zona donde se halle ubicada la instalación. Se procederá a la consulta con la tabla 4.9 del apartado 4.2.9 del HSC-CTE, reproducida a continuación. ⁹⁴

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 5. Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Hay tres colectores cuyos diámetros son los siguientes:

Colector pluvial 1	S= 108,5 m²	Pte.=2%	D=90 mm
Colector pluvial 2	S= 108,5 m ² + 108,5 m ² =217m ²	Pte.=2%	D=110mm
Colector pluvial 3	S=217 m ² + 217 m ² =434 m ²	Pte.=2%	D=125 mm

Tabla 6. Colectores Fuente: Elaboración propia

2.2.1.5 Arqueta pluviales

La tabla 4.13 proporciona las dimensiones mínimas en longitud y anchura, en función del diámetro de colector de salida que acomete.

⁹⁴ SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.

Tabla 4.13 Dimensiones de las arquetas

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 7. Dimensiones de las arquetas

Como el diámetro del colector de salida es de 125 mm las dimensiones de las arquetas son de 50mm x 50mm.

A modo resumen, se muestran los datos obtenidos en la siguiente tabla:

Sumideros	Canalón	Bajantes	Colectores	Arquetas
N.º=4	Pte. 2%	N.º=4	C1. D=110mm	L 50x50
	D=250 mm	D=63 mm	C2. D=110 mm	
			C3. D=125 mm	

Tabla 8. Aguas pluviales. Fuente: Elaboración propia

Su vista en planta es la siguiente:

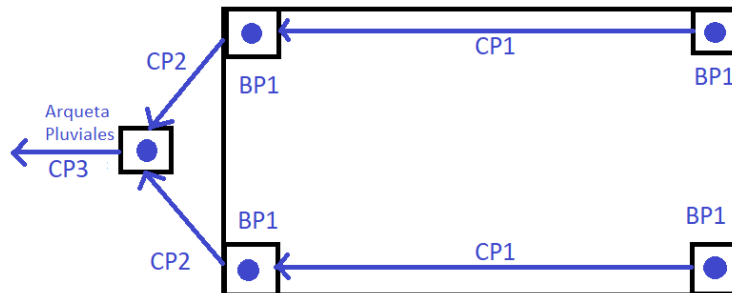


Imagen 2. Esquema aguas pluviales Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Aguas grises

Los principales parámetros que se deben conocer son:

- Tipología del edificio: El edificio está destinado a vivienda por lo que se considera al conjunto como de uso privado.
- Número de plantas de la edificación: planta única
- Pendiente de los colectores: 2%⁹⁵

⁹⁵ SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.



2.2.2.1 Determinación del caudal de descarga

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	5	100
	Con fluxómetro	8	10	100
Urinario	Pedestal	-	4	50
	Suspendido	-	2	40
	En batería	-	3.5	-
Fregadero	De cocina	3	6	40
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	40
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 9. UDs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios

Para determinar el caudal de cálculo se sumarán las unidades de descarga correspondientes a cada cuarto húmedo, teniendo en cuenta que generalmente una bajante recogerá las aguas procedentes de los cuartos húmedos situados en una misma zona del edificio para cada una de las plantas del mismo.⁹⁶

Cada vivienda consta de:

-  2 baños completos que incluyen:
 - Ducha: 2UD
 - Lavamanos: 1UD
-  Cocina completa que incluye:
 - Fregadero: 3UD
 - Lavadora: 3UD
 - Lavavajillas: 3UD

⁹⁶ SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.

Visto en planta, se observa que las viviendas dispondrán de las bajantes de la siguiente manera:

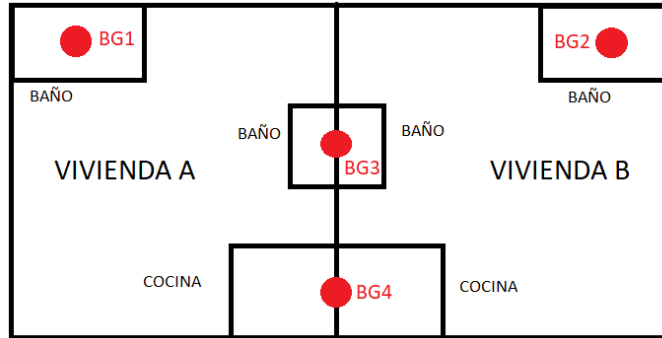
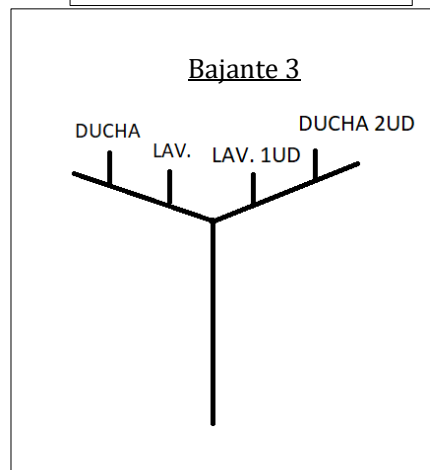
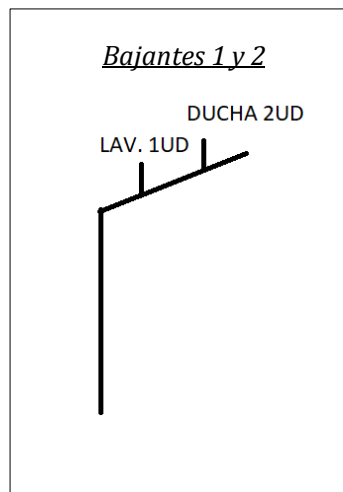
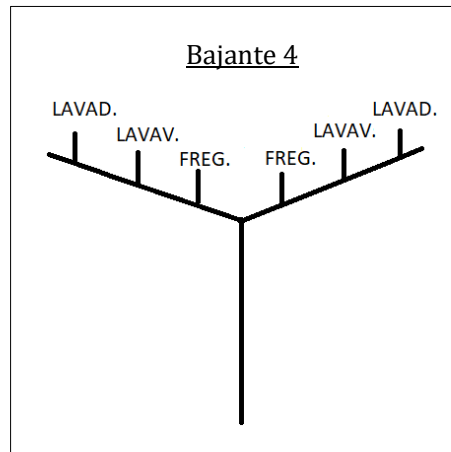


Imagen 3. Esquema aguas grises. Fuente: Elaboración propia





<i>Bajante</i>	<i>N.º de unidades</i>
Bajante Grises 1 y 2	3UD
Bajante Grises 3	6UD
Bajante Grises 4	18UD

Tabla 10. Bajantes. Fuente: Elaboración propia

Además, la tabla 4.1 indica el diámetro mínimo de sifón y derivación individual que debe tener cada aparato sanitario en mm. Estos son:

	Aparto sanitario	Diámetro mínimo (mm)
BAÑO	Lavabo	32
	Ducha	40
	Fregadero	40
COCINA	Lavavajillas	40
	Lavadora	40

Tabla 11. Aparatos sanitarios. Fuente: Elaboración propia

2.2.2.2 Cálculo de los bajantes

El diámetro de las bajantes se obtiene en la tabla 4.4 como el mayor de los valores obtenidos considerando el máximo número de UD en la bajante y el máximo número de UD en cada ramal en función del número de plantas.

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 12. Diámetros de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD

Teniendo en cuenta que la vivienda tiene una única planta:

Bajante	Diámetro
Bajante Grises 1 y 2	50 mm
Bajante Grises 3	50 mm
Bajante Grises 4	75 mm (la más restrictiva)

Tabla 14. Bajantes. Fuente: Elaboración propia

Todos cumplen el diámetro mínimo.

2.2.2.3 Cálculo de los colectores

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 15. Diámetros de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada

Se tiene una pendiente del 2% y el diámetro de cada colector en función del máximo nº de UD será:

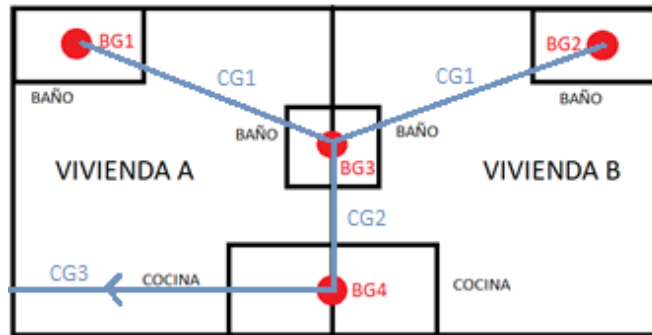


Imagen 4. Esquema aguas grises Fuente: Elaboración propia

	Máximo nº de unidades	Diámetro (mm)
CG1	3	50
CG2	12	50
CG3	30	75
CG4	30	75

Tabla 16. Colectores. Fuente: Elaboración propia

2.2.2.4 Cálculo de las arquetas

En la tabla 4.13 se obtienen las dimensiones mínimas necesarias (longitud L y anchura A mínimas) de una arqueta en función del diámetro del colector de salida de ésta.

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 17. Dimensiones de las arquetas

Como el colector de salida tiene un diámetro de 75 mm, las dimensiones de la arqueta de aguas grises son de 40 cm x 40 cm.

A modo resumen, se muestran los datos obtenidos en la siguiente tabla:

Bajantes	Colectores	Arqueta
Diámetro (mm)	Diámetro (mm)	Dimensiones (cm)
BG1:50	CG1:50	40x40
BG2:50	CG2:50	
BG3:50	CG3:75	
BG4:75	CG4:75	

Tabla 18. Dimensiones. Fuente: Elaboración propia

Su vista en planta es la siguiente:



Imagen 19. Esquema aguas grises. Fuente: Elaboración propia

2.2.2.5 Dimensionado de la red de ventilación

El principal objetivo de la red de ventilación es procurar una circulación de aire mínima por el interior de la red, que facilite la evacuación e impida el retorno de gases, olores e incluso reflujos de agua por la propia red hasta los usuarios, a través de los propios aparatos.⁹⁷

- **Ventilación primaria**⁹⁸

Necesidad de que cada bajante o columna del sistema de evacuación se prolongue por encima del tejado del edificio y, por tanto, de los locales habitados. Esta prolongación es lo que forma la llamada ventilación primaria.⁹⁹

Tal y como se indica en el Código Técnico de la Edificación, un sistema de ventilación primaria de las bajantes de aguas grises será suficiente como único sistema de ventilación en edificios con menos de 7 plantas.

Según la norma, las bajantes de aguas residuales deben prolongarse al menos 1,30 m por encima de la cubierta del edificio. La prolongación debe ser de al menos 2,00 m sobre el pavimento de la misma (tanto si la cubierta no es transitable como si lo es). Además, la salida de la ventilación primaria para este tipo de edificaciones debe estar situada a más de 6 m de cualquier toma de aire exterior para climatización o ventilación y debe sobrepasarla en altura.

⁹⁷ SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.

⁹⁸ CTE ventilación de bajantes: ventilación primaria, secundaria y terciaria. <<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/cte-ventilacion-bajantes/>> [Consulta: julio 2019]

⁹⁹ SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.

2.3 Dimensionado del colector de tipo mixto

La disposición de la arqueta de tipo mixta es el más comúnmente utilizado.

Para dimensionar los colectores de tipo mixto deben transformarse las unidades de desagüe correspondientes a las aguas grises en superficies equivalentes de recogida de aguas, y sumarse a las correspondientes a las aguas pluviales. El diámetro de los colectores se obtiene como se haría en el caso de considerar una red de colectores únicamente de pluviales es decir a partir de la tabla 9 anterior, en función también de su pendiente y de la superficie así obtenida.

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

- para un número de UD menor o igual que 250 la superficie equivalente es de 90 m²;
- para un número de UD mayor que 250 la superficie equivalente es de 0,36 x n^º UD m².

Si el régimen pluviométrico es diferente al valor estándar de 100 mm/h, deben multiplicarse los valores de las superficies equivalentes obtenidas como acabamos de ver por el factor f de corrección indicado en apartados anteriores.

Como el número máximo de UD es 30, es menor que 250 por lo que la superficie equivalente es de 90m², teniendo en cuenta i , 139,5 m².

Con esta superficie y teniendo en cuenta que la pendiente es igual a 2% se tiene un diámetro nominal de tubería de 90mm.

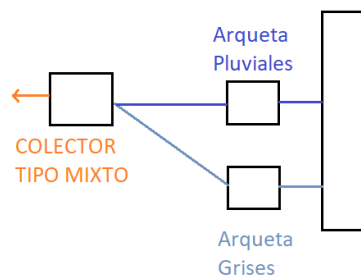


Imagen 5. Colector mixto. Fuente: Elaboración propia

ANEJO 3: ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

ANEJO 3. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

El objetivo del presente anejo es la determinación del régimen extremo de lluvias en la cuenca de estudio de manera que se puedan obtener las precipitaciones máximas diarias. El motivo por el cual es necesario este dato es para el correcto dimensionamiento de la arqueta de aguas pluviales.

No se puede considerar que la precipitación se reparte de una manera uniforme todos los días del año. Si fuera así, no se estaría considerando la posibilidad de que un día tenga lugar una precipitación mayor a la habitual y eso, puede provocar el colapso de la arqueta de aguas pluviales (al no estar preparada para ello) y al mismo tiempo puede generar la obstrucción del sistema de tratamiento.

Por ello, en este anejo se estudia la precipitación máxima que podría darse en la zona de estudio. Este dato, será la base para la obtención del caudal máximo para el diseño de la arqueta.

Para poder calcular los valores de precipitaciones máximas diarias, se realiza una recopilación y análisis de los datos pluviométricos de los últimos años. Los últimos datos del Instituto Nacional de Estadística:

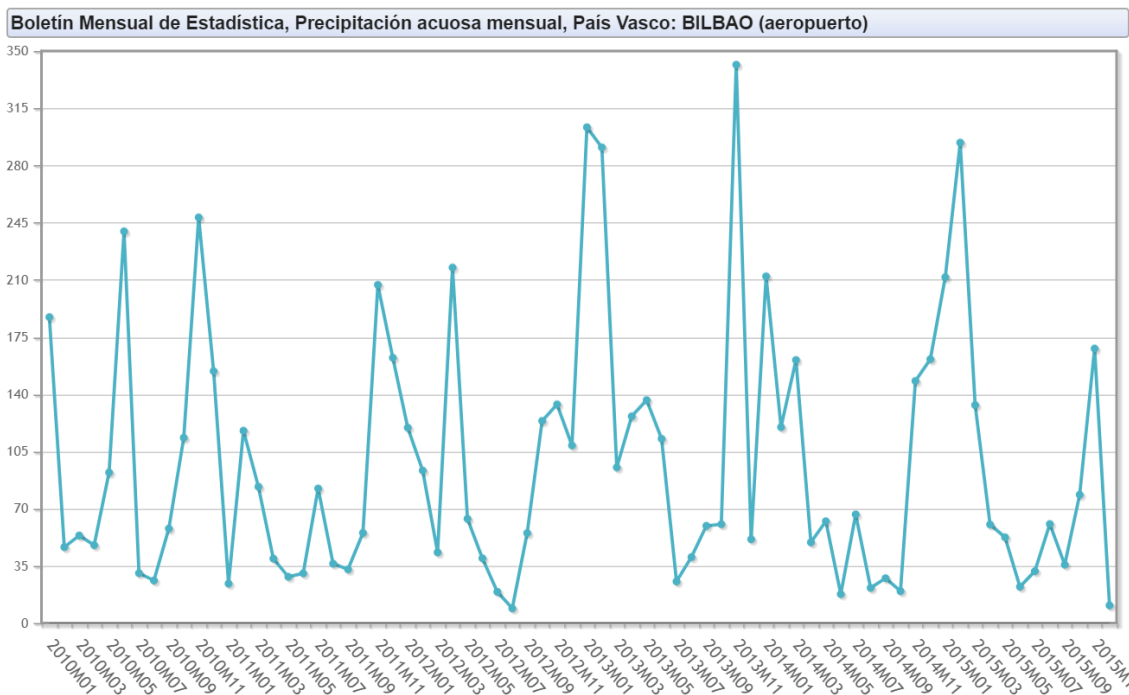


Imagen1. Precipitación acuosa mensual. Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Según esta gráfica que muestra los valores de precipitación mensual comprendida entre los años 2010 y 2015, el valor máximo se alcanza en noviembre del 2013 siendo este de 348 mm/mes.

Por otro lado, se recogen en la siguiente tabla los valores de precipitación mensual del año 2016.

Región	Estación	2015	2016	2016 por meses											
				Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Noroeste	Coruña, A	770,1	1.234,1	292,0	201,6	196,5	122,4	89,8	53,8	0,7	10,4	83,6	45,4	114,7	23,2
	Lugo (Las Rozas)	752,2	1.157,6	264,6	206,4	112,9	147,5	103,4	40,0	3,3	11,5	58,9	49,8	135,3	24,0
	Ourense	495,6	934,2	213,6	161,8	104,4	107,2	94,2	22,0	0,0	19,2	42,2	45,8	94,0	29,8
	Pontevedra	1.057,4	1.596,7	283,2	260,8	157,2	186,8	172,4	58,2	6,4	35,2	108,6	103,6	168,9	55,4
Cantábrica	Bilbao (Aeropuerto)	1.163,6	1.240,1	111,4	345,0	214,5	49,8	51,2	57,1	68,9	8,0	82,0	15,0	198,3	38,9
	Oviedo	1.021,6	1.143,4	134,3	232,9	193,0	89,0	91,6	55,2	20,7	39,1	87,6	27,2	151,1	21,7
	San Sebastián (Igueldo)	1.437,1	1.586,1	143,5	323,0	204,7	62,8	93,3	60,8	85,1	64,4	118,5	109,2	299,9	20,9
	Santander (Parayas)	1.095,6	..	104,1	245,3	163,0	69,0	46,1	61,4	24,8	18,2	82,6	28,5	223,4	..

Imagen 2. Precipitación acuosa mensual. Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Se observa que la precipitación mensual máxima del 2016 se da en febrero y su valor es de:

Precipitación mensual máxima: 345 mm

Por lo que el dato de partida necesario para poder estimar el caudal punta para el dimensionamiento del vertedero será¹⁰⁰:

Precipitación mensual máxima definitiva: 348 mm

ANEJO 4. DIMENSIONES ARQUETA DE AGUAS PLUVIALES

ANEJO 4. DIMENSIONES ARQUETA DE AGUAS PLUVIALES

Este Anejo tiene como fin el cálculo de unas dimensiones de la arqueta de aguas pluviales que permitan un buen comportamiento frente precipitaciones extremas que puedan afectarle a lo largo de su vida útil.

Con el fin de evitar los problemas descritos, se decide situar un aliviadero en una de las paredes de la arqueta de aguas pluviales, de manera que sea capaz de enviar los excedentes para el riego del jardín y evite el colapso del equipo de tratamiento.

Debido a la sencillez del trazado y al pequeño volumen de agua a tratar de ha decidido hacer uso de un vertedero rectangular de pared delgada con vertido de lámina libre como el que se muestra a continuación.¹⁰¹

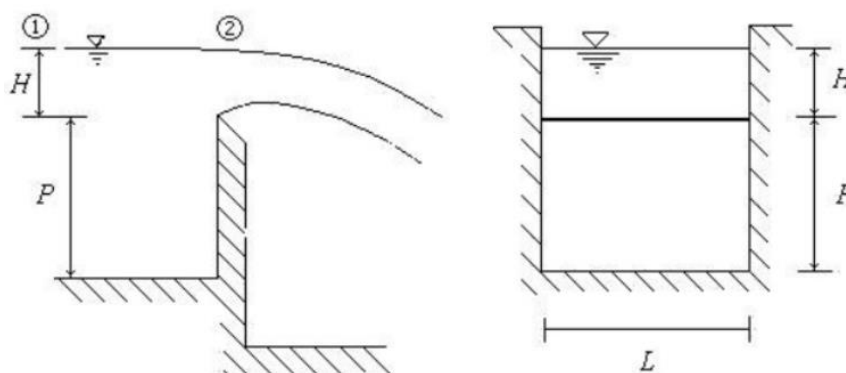


Imagen 1. Vertedero tipo. Fuente: Vertedero de cresta delgada.

Donde:

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

Para poder comenzar con el dimensionamiento, se necesita conocer el valor del caudal medio y el caudal punta.

Para ello se hace uso de la siguiente fórmula:

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

Donde:

- C= Caudal de captación anual (L/año)
- P=Pluviometría anual (L/m²·año)

¹⁰¹ Estudio y patronamiento de vertederos. <<https://www.slideshare.net/jorgebenifloresrodriguez/2-vertederos>> [Consulta: Julio 2019]

- S=Superficie de recogida (m² de tejado)
- F₁= Factor de esorrentía (0,9 para tejados convencionales)

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

$$C = 1750 \frac{L}{m^2 \cdot \text{año}} \cdot 280m^2 \cdot 0,9 = 441.000 \frac{L}{\text{año}}$$

Teniendo en cuenta que un año se compone de 12 meses:

Caudal normal (Q_{normal}), 1.208,22 l/día

Para el caudal punta, se utiliza el dato calculado en el ANEJO 4. Precipitación mes de noviembre de 2013 cuyo valor es 348 mm. Teniendo en cuenta que el mes de febrero tiene 28 días:

$$C = 348 \frac{L}{m^2 \cdot \text{mes}} \cdot \frac{1 \text{ mes}}{31 \text{ días}} 280m^2 \cdot 0,9 = 2.804,5 \frac{L}{\text{día}}$$

Caudal punta (Q_{punta}), 2.804,5 l/día

El vertedero entrará en acción cuando el caudal sobrepase, 1.208,22 L/día.

Tal y como se ha obtenido en el dimensionamiento de la red de saneamiento, las dimensiones de la base de la arqueta deben ser de 50 cm x50 cm.

La arqueta debe tener unas dimensiones que permitan alojar

- 1.208,22 litros/día; Para un TRH (Tiempo de Retención Hidráulica) de 1 hora

Teniendo en cuenta que (1.208,22litros= 1,208 m³)

Se tiene entonces:

- 1,208 m³/día

Par cada hora;

- 0,05 m³

Sabiendo que tiene que soportar 1.208,22 l/día o lo que es igual 1,208 m³ /día, su altura será de:

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

Donde:

- L: Longitud
- A: Anchura
- H: Altura

$$0,05m^3 = 0,5m \cdot 0,5m \cdot H$$

$$H = 0,2m$$

Para el caudal punta y un TRH de 1 hora:

Se tiene entonces:

- 2,805 m³/día

Par cada hora;

- 0,116 m³

$$0,116 m^3 = 0,5m \cdot 0,5m \cdot (0,2 + H)$$

$$H = 0,264m$$

El caudal vertido por el aliviadero viene expresado por la siguiente fórmula:

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

Para la máxima altura será:

$$0,128 \frac{m^3}{s}$$

ANEJO 5: DIMENSIONADO DEL EQUIPO DE EVACUACION FORZADA

ÍNDICE ANEJO 5

ANEJO 5: DIMENSIONADO DEL EQUIPO DE EVACUACION FORZADA.....	136
5.1 INTRODUCCIÓN-PARÁMETROS INICIALES.	136
5.2 CAUDAL DE LA BOMBA	136
5.3 DIÁMETRO DE LAS CONDUCCIONES DE IMPULSIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.4 PRESIONES DE ACTUACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.5 VOLUMEN DEL POZO O DEPÓSITO DE VERTIDO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.6 POTENCIA ELÉCTRICA DE LA BOMBA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ANEJO 5: DIMENSIONADO DEL EQUIPO DE EVACUACION FORZADA

5.1 Introducción-parámetros iniciales.

Los factores de los que depende el tipo y dimensiones del grupo de presión a instalar son los siguientes:

- Tipo de edificio o número de plantas por debajo de la red de saneamiento.
- Tipo de aguas a evacuar: pluviales y grises
- 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.

5.2 Caudal de la bomba

Para el cálculo del caudal de la bomba será necesario conocer la cantidad de agua que debe ser impulsada.

Para cada uso, se necesitarán las siguientes cantidades:

Recarga de cisternas:

Se debe tener en cuenta que por mucho que la capacidad máxima de personas que admite el conjunto de las viviendas es de 6 personas, estas no podrán hacer uso de la cisterna a la vez ya que únicamente se dispone de un total de 4 en ellas.

El caudal instantáneo que necesita la cisterna para llenarse es de 0,6 L/s, por lo que, si las 4 lo utilizarán a la vez, este asciende a 0,24 L/s. Como esta situación es poco probable que tenga lugar, tener en cuenta los cálculos con este dato estaría sobredimensionando el caudal necesario por lo que se multiplica por un coeficiente de 0,5 de manera que el caudal total a tener en cuenta para la recarga de cisternas es de 0,12 L/s.

Por otro lado, sí que es posible que el uso de la cisterna se dé al mismo tiempo que se riega la totalidad del jardín. El caudal necesario para ello se ha calculado de la siguiente manera:

$$\text{Caudal necesario para el riego} = \frac{4 L}{m^2 \cdot \text{día}}$$

La superficie total de riego es de 242,9 m², de manera que el caudal necesario para el riego es:

$$\text{Caudal necesario para el riego} = 0,0112 L/s$$

Una vez obtenidos estos datos se sabe que el caudal de la bomba es de:

$$\text{Caudal de la bomba} = 0,12 \frac{L}{s} + 0,0112 \frac{L}{s} = 0,1312 \frac{L}{s}$$

Este valor se multiplica por 1,1:

$$\text{Caudal de la bomba} = 0,1312 \frac{L}{s} \cdot 1,1 = 0,1443 \frac{L}{s}$$

Expresado en m³/h:

$$\text{Caudal de la bomba} = 0,52 \frac{m^3}{h}$$

5.3 Diámetro de las conducciones de impulsión

Para poder determinar el diámetro de las tuberías situadas a la salida de las bombas encargadas de elevar el caudal hasta los puntos de consumo, se utilizará la siguiente fórmula:

$$Q = v \cdot S$$

Donde:

- Q= Caudal transportado m³/s.
- V=velocidad del agua m/s.
- S= Sección de tubería en mm.

Como ya ha sido comentado al principio del apartado 5, la velocidad media mínima es de 0,6 m/s, mientras que la máxima es de 2 m/s. Se calculará el rango de diámetros entre los que debe situarse el de la conducción de impulsión.¹⁰²

Antes de comenzar con los cálculos, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El diámetro de tubería de conducción se supondrá constante a lo largo de toda la red de saneamiento, debido a que se tratará de un trazado sencillo y de pequeña longitud en el que no se requiere cambios de sección considerables y en cambio suponen una facilidad de cálculo y ejecución.
- El caudal tiene un valor de 0,52 m³/h; 0,00014 m³/s.

Por un lado, para una velocidad de: v=0,6 m/s

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

$$S = \frac{0,00014 \text{ m}^3/\text{s}}{0,6 \text{ m/s}} = 0,00023 \text{ m}^2; 233,33 \text{ mm}^2$$

¹⁰² SORIANO RULL, A. (2008). *Evacuación de aguas residuales en edificios*. Editorial: Marcombo.

$$S = 3,1416 \cdot r^2$$

$$r = 8,62 \text{ mm}$$

$$D = 17,23 \text{ mm}$$

Para $v=2,5 \text{ m/s}$

$$S = \frac{0,00014 \text{ m}^3/\text{s}}{2,5 \text{ m/s}} = 0,000056 \text{ m}^2; 56 \text{ mm}^2$$

$$S = 3,1416 \cdot r^2$$

$$r = 4,22 \text{ mm}$$

$$D = 8,44 \text{ mm}$$

El diámetro de la tubería debe estar entre:

$$17,23 \text{ mm} > \text{Diámetro tubería} > 8,44 \text{ mm}$$

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 recalcula de nuevo la velocidad:

Esta será:

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

$$v = \frac{0,00014 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{3,1416 \cdot (0,008^2) \text{ m}^2} = \frac{0,696 \text{ m}}{\text{s}}$$

5.4 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 resumirá este concepto es la siguiente:

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

Donde:

H_{MT}: Altura manométrica total (m.c.a o su valor eq. En bar o kPa)

H_{TA}: Altura total de aspiración (m.c.a o su valor eq. En bar o Kpa)

H_{TI}: Altura total de impulsión (m.c.a o su valor eq. En bar o Kpa)

At: Pérdida de carga total en el tramo

- En las bombas sumergibles, la altura de aspiración podrá ser considerada 0.
- Si la bomba que provoca la aspiración no fuera de tipo sumergible se deberá contabilizar el tramo de tubería y accesorios situados en la aspiración de la misma, así como prevenir posibles efectos de cavitación o torbellinos en la actuación de la misma.
- La altura total de impulsión deberá recoger las pérdidas por rozamiento de la tubería y elementos interpuestos en el circuito de impulsión como longitud equivalente en m.c.a.

Tras realizar los cálculos oportunos, se ha concluido que tanto las pérdidas de carga continuas a lo largo de la tubería como las perdidas localizadas son despreciables.

Por ello, únicamente se tiene en cuenta la presión manométrica de la bomba que tiene un valor igual a la altura que esta debe vencer hasta llegar al sistema de riego y las cisternas. Este valor es de 4 m.c.a.

Por tanto, se tiene que:

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

1.1 Elección de la bomba

- Imagen de la bomba



Imagen 1. Bomba TP. Fuente: Grundfos

- Curva de rendimiento

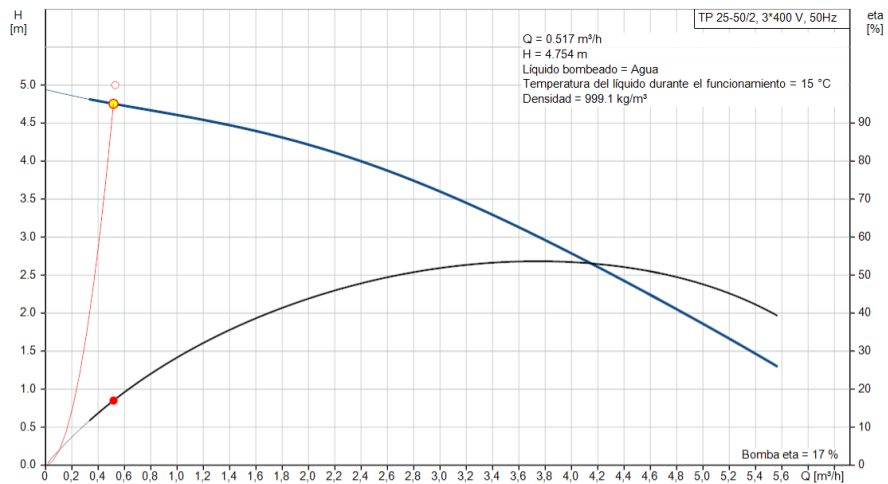


Imagen 2. Curva de rendimiento. Fuente: Grundfos

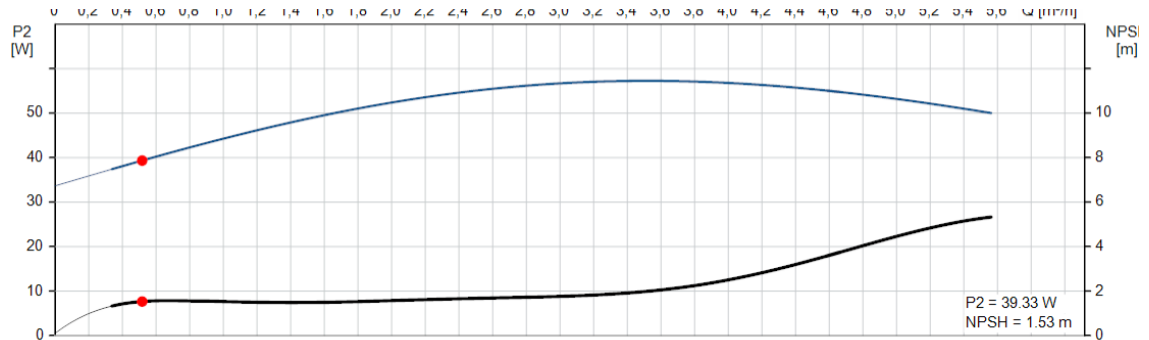


Imagen 3. Curva de potencia. Fuente: Grundfos

- Esquema eléctrico

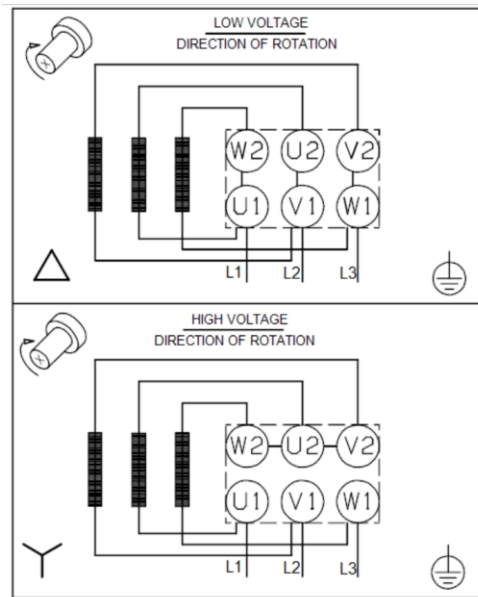


Imagen 4. Esquema eléctrico Fuente: Grundfos

5.5 Volumen del pozo o depósito de vertido

El pozo de bombeo debe tener un tamaño suficiente para el volumen útil y para que la bomba/s funcione sin perturbaciones hidráulicas, según el apartado 4.6.1 del HS5, el dimensionado de dicho depósito se hará de forma que se limite el número de arranques y paradas de las bombas, para preservar la vida útil del equipo de elevación, considerándose para ello aceptable un número máximo de 12 arranques/paradas a la hora, siendo coherente la elección de valores comprendidos entre 5 y 9 arranques hora.

Esta capacidad se calcula mediante la expresión:

$$V_u = 0,3 \cdot Q_T$$

Donde:

Vu: Volumen útil del pozo-depósito (litros)

Qt: Caudal total de impulsión (litros/segundo)

Esta fórmula resulta incompleta, se deben introducir el número máximo de arranques hora, como divisor de dicha expresión, siendo de forma real:

$$V_u(l) = \frac{0,3 \cdot Q_T \left(\frac{L}{h}\right)}{N}$$

Donde:

N: Número de arranques hora escogidos.

Se adjunta un gráfico en el que puede establecerse de forma directa la capacidad o volumen de depósito en función del caudal de impulsión de la bomba.

Adoptando N igual a 7 tenemos:

$$V_u(l) = \frac{0,3 \cdot 520}{7} = 22,28 L$$

ANEJO 6: MANTENIMIENTO Y CONTROL DE LAS INSTALACIONES

ANEJO 6: MANTENIMIENTO Y CONTROL DE LAS INSTALACIONES

6.1 Mantenimiento y control de las instalaciones

Este apartado pretende indicar, de forma general, las actuaciones a realizar para garantizar el buen funcionamiento de la instalación, incluyendo las actuaciones para asegurar el estado de los componentes de la misma.

6.1.1 Comprobación de las instalaciones

En cuanto a la instalación se deberá comprobar el trazado y las secciones tipo, así como la ejecución de uniones e instalación de las conducciones. Dichas comprobaciones deberán incidir en los siguientes puntos. Para el control del trazado y secciones tipo se verificarán las alineaciones y rasantes para que estas sean conformes a lo establecido en el proyecto correspondiente. Asimismo, se efectuará la comprobación dimensional de las secciones tipo de zanjas definidas para cada tramo de la red de reutilización. Para el control de la instalación de las conducciones y ejecución de uniones, se comprobará que la conducción está convenientemente colocada sobre el lecho de asiento, que no ha sufrido ningún desperfecto durante la manipulación y que las uniones cumplen lo especificado por las normas UNE-EN 681, para el caso de juntas elastoméricas, y UNE-EN 1.092, UNE-EN 1.514, UNE-EN 1.515, UNE-EN 1.591 y UNE-EN 12.560, para uniones con bridas, independientemente de los componentes a unir.

Durante la explotación hay que controlar periódicamente que no existen fugas o roturas a lo largo de toda la instalación y que todas las válvulas y piezas especiales funcionan correctamente.

Asimismo, se deberán realizar limpiezas periódicas de la red de captación y distribución aportando el agua necesaria. Para ello hay que disponer de una conexión con la red de abastecimiento de agua potable a la salida de la estación regeneradora y en los depósitos de cabecera, efectuando la acometida siempre por encima del máximo nivel del mismo. Esta tarea supone un riesgo de contaminación por entrada del agua regenerada en las conducciones de la potable como consecuencia del refluo, explicado en el apartado 4.2.7, por lo que se deberán adoptar las medidas de seguridad para evitar estos incidentes.

Finalmente, deberán ser inspeccionados regularmente todos los elementos de las instalaciones de agua regenerada, a fin de cumplir las exigencias del Real Decreto 865/03, sobre criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.¹⁰³

¹⁰³ R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Utilización de las Aguas Depuradas.

ANEJO 7: GESTIÓN DE RESIDUOS

ANEJO 7: GESTIÓN DE RESIDUOS

El diseño del presente proyecto, así como su posterior ejecución se basan en el principio de “Desarrollo Sostenible”, con el fin de integrarlo de la forma más compatible posible en el medio ambiente que le rodea. A continuación, se exponen las inspecciones a llevar a cabo durante la ejecución de las obras con objeto de evitar impactos negativos en el entorno. Principalmente los residuos generados en este proyecto serán tierras procedentes de las actividades de excavación.

7.1 Control de los residuos:

- Residuos inertes: se trata de escombros, maderas, plásticos..., todos ellos inertes cuyo almacenamiento se realiza mediante contenedores metálicos que, una vez llenos se envían a Planta de Tratamiento de inertes con objeto de fomentar su reutilización.
- Residuos peligrosos: se dispondrá en obra de una “zona de acopio” de residuos, caracterizada por ser impermeable, estar protegida del sol y lo más lejana posible del lugar de trabajo. En ella se almacenarán los siguientes tipos de residuos:
 - Envases metálicos contaminados
 - Envases de plástico 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 supuesto que la gestión de los residuos supondrá un 3,5% del coste total del proyecto.

ANEJO 8: CONTROL DE CALIDAD

ÍNDICE ANEJO 8

ANEJO 8: CONTROL DE CALIDAD	136
8.1 CONTROL DE LA RECEPCIÓN DE LOS PRODUCTOS	136
8.2 CONTROL DE EJECUCIÓN	136

ANEJO 8: CONTROL DE CALIDAD

Se redacta el presente Anejo de Control de Calidad como anejo del proyecto reseñado con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el RD 314/2006, de 17 de marzo de 2006 por el que se aprueba el CTE.

El control de calidad de las obras incluye:

- El control de recepción de productos
- El control de la ejecución

8.1 Control de la recepción de los productos

El control de recepción tiene por objeto comprobar las características técnicas mínimas exigidas que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen de forma permanente en el edificio proyectado, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción.

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

8.1.1. Control de la documentación de los suministros

Los suministradores entregarán al constructor, quien los facilitará al director de la ejecución de la obra, los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- Los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
- El certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física.
- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al mercado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.

8.1.2. Control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad

El suministrador proporcionará la documentación precisa sobre:

- Los distintivos de calidad que ostenten los productos, equipos o sistemas suministrados, que aseguren las características técnicas de los mismos exigidas en el proyecto y documentará, en su caso, el reconocimiento oficial del distintivo de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.3 del capítulo 2 del CTE.

- Las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.5 del capítulo 2 del CTE, y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas.

El director de la ejecución de las Obras verificará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos, equipos y sistemas amparados por ella.

8.1.3. Control mediante ensayos

Para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto u ordenados por la dirección facultativa.

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

- **Hormigón estructural**

El control se hará conforme lo establecido en el capítulo 16 de la Instrucción EHE-08.

Las condiciones o características de calidad exigidas al hormigón se especifican indicando las referentes a su resistencia a compresión, su consistencia, tamaño máximo del árido, el tipo de ambiente a que va a estar expuesto.

- Control de la resistencia del hormigón
- Control de la docilidad del hormigón

- **Estructuras de fábrica:**

En el caso de que las piezas no tuvieran un valor de resistencia a compresión en la dirección del esfuerzo, se tomarán muestras según UNE EN771 y se ensayarán según EN 772-1:2002, aplicando el esfuerzo en la dirección correspondiente. El valor medio obtenido se multiplicará por el valor δ de la tabla 8.1 del DB SE-F, no superior a 1,00 y se comprobará que el resultado obtenido es mayor o igual que el valor de la resistencia normalizada especificada en el proyecto. En cualquier caso, o cuando se haya especificado directamente la resistencia de la fábrica, podrá acudirse a determinar directamente esa variable a través de la EN 1052-1.

8.2 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, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, así como las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la Dirección Facultativa. En la recepción de las Obras ejecutada pueden tenerse en cuenta las certificaciones de conformidad que ostenten los agentes que intervienen, así como las verificaciones que, en su caso, 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.

En cuanto al coste que implica el control y calidad del proyecto, se ha supuesto que supondrá un alrededor de un 3% del coste total.