



**EVALUACION, FACTIBILIDAD E IMPLEMENTACION DEL RECICLAJE DE
AGUAS GRISES EN UNA EDIFICACION EN ALTURA**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Francisco Ibarra González

Profesor Guía:
Leonardo Álvarez Ramírez

Fecha:
26 Noviembre 2020
Santiago, Chile

DEDICATORIA

A Dios, mis padres,
Jovita y Francisco.

SOLO USO ACADÉMICO

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento muy especial a Celeste Madariaga una mujer del Norte de Chile, ella me dio a entender que podía ser mucho más de lo que era y así crecer profesionalmente y como persona y que debía ser constante, aunque tuvieras que dejar todo por un sueño personal. “Tanta capacidad y lo mal aprovechado que esta”, sus palabras me llegaron mucho y eso me dio mucha fuerza para iniciar este viaje y llegar a este momento. Dar la gracias a mi profesor guía Leonardo Álvarez Ramírez por la ayuda y tenerme paciencia durante toda esta tesis. A mi hermana que es un ejemplo para mí, con esa fuerza de lucha que me motiva siempre, a mis amigos, compañeros que estuvieron en las malas como en las buenas, a mis tíos, primos y todos los familiares que me apoyaron siempre, es por eso **“Gracias Totales”**.

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

El presente proyecto de título contempla abordar la reutilización de las aguas grises generados por los habitantes de un edificio. Dada la dinámica de los últimos años respecto de la sequía ya prolongada por un largo periodo, siendo además el año 2019 uno de los más secos de las últimas décadas, parece necesario ir evaluando alternativas a nuestra forma de utilizar nuestro recurso hídrico, por lo que dicho enfoque abordara las aguas grises, las que no contemplan desechos orgánicos y por ende son susceptibles de tratar y reciclar para su utilización en aguas de regadío entre otras por las mismas comunidades, evitando así utilizar agua potable ya escasa en dichas actividades. Tenemos un reglamento vigente del año 2018, que establece las condiciones sanitarias que deberán cumplir el diseño y la operación de los sistemas destinados a la reutilización de aguas grises, ya sea que éstos se ubiquen dentro o fuera de las áreas operacionales de las empresas sanitarias.

La primera etapa del proyecto contempla evaluar la normativa actual respecto de la factibilidad de implementar dicho sistema, analizar la experiencia mundial, evaluando sus ventajas, costos de implementación y funcionamiento de este.

Posteriormente diseñar el esquema de un proyecto local, acorde a los requisitos técnicos que debiera cumplir para dicho reciclaje de aguas grises, además de analizar posibles incentivos o subsidios para su implementación, así también la evaluación social respecto de dicho sistema.

Finalmente proponer un marco teórico que permita mejorar prácticas de funcionamiento de una instalación sanitaria en edificación en altura, de forma de promover el uso sustentable del agua por parte de las comunidades.

Palabras Claves: aguas grises, reutilización, alcantarillado, ley, normativa, sustentabilidad.

SUMMARY

This draft title envisages addressing the reuse of grey water generated by the inhabitants of a building. Given the dynamics of recent years with regard to drought that has been prolonged for a long period, with 2019 also being one of the driest of recent decades, it seems necessary to evaluate alternatives to how we use our water resource, so that this approach will address grey water, which do not cover organic waste and are therefore capable of treating and recycling for use in irrigated waters among others by the same avoiding the use of safe drinking water in such activities. We have a current regulation of the year 2018, which establishes the sanitary conditions that must comply with the design and operation of systems for the reuse of grey water, whether they are located within or outside the operational areas of healthcare companies.

The first stage of the project envisages assessing current regulations regarding the feasibility of implementing this system, analyzing global experience in this regard, assessing its advantages, implementation costs and operation of the system.

Subsequently design the scheme of a local project, in accordance with the technical requirements that it should meet for such greywater recycling, in addition to analyzing possible incentives or subsidies for its implementation, as well as the social evaluation with respect to that system.

Finally propose a theoretical framework that allows to improve practices of operation of a health facility in high-rise building, in order to promote the sustainable use of water by communities.

Keywords: *water, reuse, sewerage, law, regulations, sustainability.*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
CAPÍTULO I DEL PROYECTO DE TÍTULO.....	3
1.1 AGUAS SERVIDAS.....	3
1.2 DIFERENCIACION DE AGUAS	5
1.2.1 AGUAS GRISES	5
1.2.2 AGUAS NEGRAS	6
1.3 HISTORIA DEL ALCANTARILLADO EN EL MUNDO	7
1.3.1 CLOACA MÁXIMA.....	9
1.4 HISTORIA DEL ALCANTARILLADO EN EL MUNDO MODERNO.....	15
1.5 HISTORIA DEL ALCANTARILLADO EN CHILE.....	16
CAPÍTULO II DEL PROYECTO DE TÍTULO	20
2.1 NORMATIVA VIGENTE EN CHILE	20
2.2 DESCRIPCION DE LAS AGUAS SERVIDAS.....	27
2.2.1 AGUAS USADAS.....	27
2.2.2 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS SERVIDAS.....	27
2.2.3 CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS	28
2.2.4 INFLUENCIAS EN EL MEDIO RECEPTOR.....	28
2.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.....	29
2.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES	30
2.3.1 TIPOS DE TRATAMIENTOS	30
2.3.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTOS PRIMARIOS.....	31
2.3.2.1 LAGUNA DE SEDIMENTACION	31
2.3.2.2 ESTANQUE SEPTICO.....	31
2.3.2.3 ESTANQUES SEDIMENTEROS	31
2.3.3 SISTEMAS DE TRATAMIENTOS SECUNDARIOS	32
2.3.3.1 HUMEDALES Y BIO FILTROS	32
2.3.3.2 MEMBRANAS	32
2.3.3.3 LODOS ACTIVADOS	32

2.3.4 DESARROLLOS A NIVEL MUNDIAL	33
2.3.4.1 SUECIA. “WETPARK” PARQUE HUMEDO KALMAR	33
2.3.4.2 SINGAPUR. TESORO AZUL “NEWATER”	34
2.3.4.3 JORDANIA TRATAMIENTO TIPO “BARREL SISTEM” (IDRCY CBSE)	37
2.3.4.3.1 SISTEMA DE 2 BARRILES.....	38
2.3.4.3.2 SISTEMA DE 4 BARRILES.....	39
2.3.4.4 NORUEGA. TRATAMIENTO COMBINADO DE BIO-FILTRO Y HUMEDALES	41
2.4.2 INICIATIVA DE PROYECTOS DESARROLLADOS (CONAMA)	43
2.4.2.1 INICIATIVA DE CONAMA I REGION CON APORTE DE MINERAS ..	44
2.4.3 OTRAS INICIATIVAS EN ESCUELAS DEL PAIS.....	45
2.4.3.1 ESCUELA SAMO ALTO OVALLE 2019	45
2.4.3.2 LICEO POLITECNICO OVALLE 2019	46
2.4.3.3 ESCUELA DOCTOR TREVISO GIRARDI CERRO NAVIA 2019	49
2.4.3.4 ESCUELA EL PALQUI MONTE PATRIA COQUIMBO 2019.....	49
2.4.3.5 COLEGIO SAN NICOLAS CALAMA 2013	50
CAPITULO III DEL PROYECTO DE TITULO.....	51
3.1 TENDENCIA DE PRECIPITACIONES EN EL NORTE GRANDE DE CHILE	51
3.2 TRATAMIENTO TIPO EN CHILE PARA LA ZONA NORTE.....	52
3.2.1 IMPLEMENTAR EL SISTEMA 2 BARRILES EN EL NORTE DE CHILE	52
3.2.2 MEDIDOR DE NIVEL (Sensor).....	53
3.2.3 BOMBAS.....	54
3.2.4 CAÑERIAS Y FITTINGS DE PVC	55
3.2.5 BARRILES DE PLASTICO DE 160 O 200 LITROS.....	56
3.2.6 DATOS TECNICOS DE LOS BARRILES PLASTICOS	57
3.3.1 CONCEPTOS BASICO PARA MANEJO DE LAS AGUAS GRISES.....	58
3.3.2 JABON PRODUCTOS Y CUIDADOS	60
3.3.3 PLANTAS COMPATIBLES CON AGUAS GRISES	61
3.3.4 PLANTAS DE HUMEDAL	61
3.3.5 SISTEMA DE LA LAVADORA AL JARDIN (LAJ)	63
3.3.6 CONSTRUCCION DEL SISTEMA (LAJ)	65

3.3.7 SISTEMA DE BOMBEO	66
3.3.8 SISTEMA DE BOMBEO SIN FILTRACION	68
3.3.9 SISTEMA DE FLUJO SIN GRAVEDAD	68
3.3.10 MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUAS GRISES	69
CAPITULO IV DEL PROYECTO DE TITULO	71
4.1 FACTIBILIDAD DE RECICLAJE EN EDIFICIO EN ALTURA	71
4.1.1 CAMPUS BOUCHEF 851 FACULTAD DE INGENIERIA U. DE CHILE ...	71
4.1.2 PROYECTO PILOTO PARA CONDOMINIOS SOCIALES EN ALTURA HUECHURABA	73
4.2 IMPLEMENTACION DE RECICLAJE EN EDIFICIO EN ALTURA	75
4.2.1 SISTEMAS PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES	75
4.2.1.1 ECOSTEP PRO PLANTA DE REUTILIZACION DE AGUAS GRISES ..	75
4.2.1.2 PROCESO Y FUNCIONAMIENTO	76
4.2.1.3 DIMENSIONES DEL BASTIDOR INOXIDABLE	76
4.2.1.4 ESQUEMA DE PROCESO	76
4.2.1.5 VENTAJAS Y MANTENIMIENTO	78
4.2.2 MBR REUTILIZACION DE AGUAS GRISES	80
4.2.2.1 CARACTERISTICAS Y VENTAJAS	80
CONCLUSIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	84
ANEXO A: ALTERNATIVA COMPLEMENTARIA EN EL MERCADO NACIONAL DE REUTILIZACION DE AGUAS GRISES	84
A.1 ENERGIA	84
A.1.1 AGUAS GRISES-CONFIGURACIONES BASICAS	84
A.1.1.1 ETAPA 1	84
A.1.1.2 ETAPA 2	85
A.1.1.3 ETAPA 3	85
A1.2 EQUIPOS Y COMPONENTES	86
A1.2.1 EZ GREY	86
A1.2.2 GREY FLOW PS	86
A1.2.3 CLORO	86
A1.2.4 OZONO	86

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Planta de Tratamiento La Farfana Chile	4
Imagen N° 2: Saneamiento Mejorado La Farfana Chile 2015.....	4
Imagen N° 3: Fuentes de Aguas	5
Imagen N° 4: Descarga de Aguas negras	6
Imagen N° 5: Acueducto Romano	7
Imagen N° 6: Alcantarilla Romana en el Rio Tíber	8
Imagen N° 7: Cloaca Máxima de Roma.....	10
Imagen N° 8: Cloacas Romanas	11
Imagen N° 9: Diseño de Alcantarillado Romano	12
Imagen N° 10: Letrinas Romanas	13
Imagen N° 11: Letrinas Romanas en la actualidad	14
Imagen N° 12: Alcantarillados en la Actualidad	15
Imagen N° 13: Acceso al Alcantarillado en los Municipios del Gran Santiago 1982	17
Imagen N° 14: Acceso al Alcantarillado en los Municipios del Gran Santiago 1992	19
Imagen N° 15: Planta de tratamiento de aguas residuales de Múnich (Alemania)	30
Imagen N° 16: Proceso de Purificación Parque Húmedo. Kalmar	33
Imagen N° 17: Parque Húmedo. Kalmar	34
Imagen N° 18: Agua procesada por NeWater para Consumo Humano	36
Imagen N° 19: Planta de Tratamiento NeWater en Singapur	37
Imagen N° 20: Tratamiento de Aguas Grises Sistema de 2 Barriles	39
Imagen N° 21: Tratamiento de Aguas Grises Sistema de 4 Barriles	40

Imagen N° 22: Humedal con Bio-Filtro Integrado	41
Imagen N° 23: Prototipo de Filtrado de Aguas Grises.....	47
Imagen N° 24: Alumnos Cambian los Artefactos para el reciclaje las Aguas Grises.....	48
Imagen N° 25: Alumno Instala riego por Goteo para Aguas Grises.....	50
Imagen N° 26: Tendencia de precipitaciones en el Norte Grande.....	51
Imagen N° 27: Sistema dos barriles o “Barrel Sistem”	53
Imagen N° 28: Sensor de Boya.....	54
Imagen N° 29: Bomba Centrifuga	55
Imagen N° 30: Cañerías y fittings de PVC	56
Imagen N° 31: Barriles de Plástico de 200 litros	57
Imagen N° 32: Sistema Simple de Aguas Grises	60
Imagen N° 33: Colocación de Goteo para Árbol.....	62
Imagen N° 34: Identificación de Materiales para este Proyecto	64
Imagen N° 35: Esquema General del Sistema de la Lavadora al Jardín (LAJ)	66
Imagen N° 36: Sistema de Bombeo	67
Imagen N° 37: Sistema de Flujo por Gravedad.....	69
Imagen N° 38: Ejemplo de un Sistema de Lavadora Jardín.....	70
Imagen N° 39: Edificio Bouchef 851 Escuela De Ingeniería U. de Chile	73
Imagen N° 40: Proyecto Piloto de Vivienda Social de Reciclaje en Altura.....	74
Imagen N° 41: Esquema de Procesos	77
Imagen N° 42: Sistema Ecostep Pro	77
Imagen N° 43: Esquema de Reutilización de Aguas Grises en altura	79
Imagen N° 44: Equipo de Reutilización de Aguas Grises MBR.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Resultados Obtenidos con Tratamiento Combinado	43
Tabla N° 2: Costo de Proyecto Piloto Año 2006 CONAMA	45
Tabla N° 3: Consumo de Agua litros/día de Árboles y Césped	52
Tabla N° 4: Datos Técnicos de Barriles Plásticos	57
Tabla N° 5: Costo de Materiales Proyecto Piloto	58
Tabla N° 6: Materiales para este Proyecto.....	63
Tabla N° 7: Dimensiones de Equipos Ecosep.....	76

SOLO USO ACADÉMICO

INTRODUCCIÓN

Si bien en Chile tiene disponibilidad de agua a nivel global, se puede considerarse como un país privilegiado en materia de recursos hídricos. La escorrentía media total equivale a 51.281 m³ /persona/año (DGA, 2016), mayor a la media mundial de 6.600 m³ /persona/año, y muy superior al umbral para el desarrollo sostenible de 2.000 m³ /persona/año. Sin embargo, a lo largo del país el escenario hídrico varía significativamente. Desde la Región Metropolitana al norte prevalecen condiciones de escasez y la escorrentía per cápita está por debajo de los 500 m³ /persona/año; y desde la Región de O'Higgins hacia el sur se superan los 7.000 m³ /persona/año, llegando a un valor de 2.950.168 m³ /persona/año en la Región de Aysén (DGA, 2016). Esto no quiere decir que estemos ajenos del cambio climático, llevamos alrededor de 20 años con bajas precipitaciones, además el año 2019 se considera uno de los más secos de las últimas dos décadas.

Tenemos una legislación vigente que pasaremos a revisar, que establece las condiciones sanitarias que deberán cumplir el diseño y la operación de los sistemas destinados a la reutilización de aguas grises.

La pregunta fue como podemos aprovechar nuestros recursos hídricos del reciclaje de las aguas grises y no desperdiciarlos por el alcantarillado, tenemos agricultura, arborización, áreas verdes, piletas ornamentales y un fin de posibilidades de reutilizar estos recursos dentro del rubro de construcción. Para ello esta tesis se enfoca en sistemas de reciclaje de aguas grises con ejemplos a nivel mundial, que vienen con el concepto de la sustentabilidad hace mucho tiempo. También veremos algunas iniciativas a nivel nacional donde las condiciones climatológicas no son muy favorables, pero con empeño y un poco de tecnología se pueden sentar las bases para implantarlos a una escala mayor.

Las Regiones I y II son las con mayor déficit hídrico del país 10mm a 30mm (Pablo Sarricolea, 2017).

En estas regiones la mayor demanda corresponde al sector minero, que no tiene reparos en su actividad que cada vez es mayor, este sector no tiene problema en pagar por este recurso, no así las personas ya que en estas regiones el m³ de agua vale casi 5 veces más que en resto del país. Las empresas mineras como Escondida tienen plantas para desalinizar para sus actividades de minería, no así el resto de la población. Es por esto que se plantea estudiar las posibilidades de sistemas de reutilización de aguas grises a nivel global, con el fin de utilizarlo en regadío de áreas verdes. Para conocer e implementar en un edificio en altura, como también a menor escala en el norte grande del país. Como ejemplo hemos tomado la experiencia del edificio Bouchef 81 del campus de Ingeniería de la Universidad de Chile, que está enfocado en la sustentabilidad, que es el futuro de la construcción. Este proyecto es lo más cercano que tenemos para analizar. Estamos al

principio de cambio con estas nuevas tecnologías que a la larga puede ser un buen nicho de negocio.

OBJETIVO GENERAL

Analizar la evaluación, factibilidad e implementación del reciclaje de aguas grises en una edificación en altura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Describir la diferenciación entre los distintos tipos de aguas que se pueden reutilizar.
- ✓ Identificar las acciones del gobierno con la normativa vigente.
- ✓ Conocer los distintos tipos de sistemas de reutilización de aguas grises a nivel mundial y local.
- ✓ Evaluar la factibilidad de reciclaje en edificio en altura a nivel nacional.

CAPÍTULO I DEL PROYECTO DE TÍTULO

1.1 AGUAS SERVIDAS

Son las aguas residuales domésticas y que son el resultado de las actividades cotidianas de las personas. Por ejemplo, la que eliminamos a través de los lavaplatos, artefactos sanitarios, etc. Estas aguas contienen gran cantidad de gérmenes lo que obliga a evacuarlas de forma segura, tanto para las personas, como para el medio ambiente.

La recolección se inicia a través del Sistema de Alcantarillado Público, que se compone de uniones domiciliarias y cañerías de desagüe las que desembocan en los colectores, los que están instalados a mayor profundidad en el suelo. Los residuos que son recolectados y que se descargan en los colectores de grandes diámetros, son los que conducen sus aguas hacia las estaciones elevadoras y a las Plantas de Tratamiento. Las estaciones elevadoras sirven para facilitar la conducción de las Aguas Servidas de manera gravitacional hasta los lugares donde serán tratadas para luego ser depositadas en el medio ambiente. Estos sistemas de alcantarillado están diseñados para recolectar sólo aguas servidas domésticas. El Tratamiento de las aguas Servidas recolectadas deben limpiarse antes de ser devueltas al medio ambiente, para no dañar la flora y fauna. Existen diferentes tipos de tratamiento de acuerdo al lugar donde se devolverán las aguas:

Plantas de Tratamiento Preliminar con Emisario, que se disponen al mar. Plantas de Tratamiento Biológico que se disponen las aguas en cauces naturales como ríos y esteros: Lagunas de Estabilización (para localidades pequeñas) Sistema de Lodos Activados. Del Proceso de Tratamiento se extraen sólidos en la forma de basura, los cuales son sacados mediante camiones y transportados a lugares especialmente habilitados, que han sido aprobados por las autoridades municipales, de salud y medio ambiente.

La Disposición final es el proceso en el cual las aguas ya tratadas en las plantas de tratamiento, son devueltas limpias a los cauces naturales como esteros, río y mar.

En las zonas del interior, los líquidos previamente tratados y desinfectados, son descargados a los ríos y esteros, y pueden ser utilizados de manera segura para las labores de riego. En las zonas costeras, estos líquidos tratados, se internan mar adentro a grandes profundidades, en la cual se diluyen naturalmente y con la salinidad del mar se completa el proceso de reciclaje de las aguas residuales.

Imagen N° 1: Planta de Tratamiento La Farfana Chile



Fuente: Imágenes Google

Imagen N° 2: Saneamiento Mejorado La Farfana Chile 2015

País	Cobertura de saneamiento mejorada (% de población)		
	Urbana	Rural	Total
Chile	100	91	99
Argentina	96	98	96
Uruguay	97	93	96
Costa Rica	95	92	95
Venezuela	97	70	94
Cuba	94	89	93
Paraguay	95	78	89
México	88	74	85
Ecuador	87	81	85
Rep. Dominicana	86	76	84
Brasil	88	52	83
Honduras	87	78	83
Colombia	85	68	81
Perú	82	53	76
Panamá	84	58	75
El Salvador	82	60	75
Nicaragua	76	56	68
Guatemala	78	49	64
Bolivia	61	28	50
Haití	34	19	28
ALC	88	64	83

Fuente: OMS-UNICEF (2015)

1.2 DIFERENCIACION DE AGUAS

1.2.1 AGUAS GRISES

Las aguas son un recurso que, una vez recicladas, puede sustituir el agua de consumo humano en algunos usos comunes como: recarga de cisternas de WC, riego de jardines, limpieza y baldeo de pavimentos etc., en construcciones como: viviendas, hoteles, polideportivos, edificios Industriales, etc. Se definen como aguas grises, las aguas residuales que proceden de duchas y lavamanos, éstas presentan un bajo contenido en materia fecal. Si bien las aguas de cocinas y lavadoras también son aguas grises, éstas, generalmente, no se reciclan debido a la elevada contaminación que contienen. Las aguas grises están compuestas por materia orgánica e inorgánica y microorganismos. A diferencia de las aguas negras domésticas, éstas presentan una baja carga orgánica y una contaminación microbiológica sustancialmente menor.

Imagen N° 3: Fuentes de Aguas



Fuente: energía on.com

1.2.2 AGUAS NEGRAS

Las aguas negras son líquidos contaminados, requieren de sistemas de canalización de alcantarillado y el tratamiento debido en cumplimiento con las normativas vigentes. También se las denomina Aguas Residuales, Aguas Servidas o Aguas de alcantarillado. Las aguas negras discurren por el sistema de alcantarillado. Las sustancias residuales que aparecen formando parte de los líquidos cloacales pueden estar presentes como disueltos, suspendidos o en estado intermedio denominado coloidal. La presencia de organismos patógenos, provenientes en su mayoría del tracto intestinal, hace que estas aguas sean consideradas como extremadamente peligrosas, sobre todo al ser descargadas en la superficie de la tierra, subsuelo, o en cuerpos de agua. Es el caso con la presencia de bacterias del grupo entérico que producen enfermedades de origen hídrico como: fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, cólera entre otras. Entre las principales enfermedades causadas por virus presentes en las aguas negras tenemos: poliomielitis, hepatitis infecciosa, entre otras, y la presencia de microorganismos producen enfermedades como: disentería amebiana, etc.

Imagen N° 4: Descarga de Aguas negras



Fuente: imágenes Google

1.3 HISTORIA DEL ALCANTARILLADO EN EL MUNDO

Las primeras civilizaciones, ya se preguntaban cómo solucionar el tema sanitario de las aguas negras de sus ayuntamientos. Es así como el primer alcantarillado construido por el hombre, hace referencia a la ciudad de Nippur (Irak), alrededor del 3750 AC. Transcurrida la historia del hombre, se utilizan conductos de alfarería en asentamientos poblados de Asia menor y oriente. En la ciudad de Creta, 1700 AC, en Atenas y Corinto en la antigua Grecia, estos implementaron sistemas complejos de alcantarillado. Estos alcantarillados eran de forma rectangular cubiertos con una atarjea, que era una especie de losa de ladrillo que cubría este, así formaban los pavimentos de las calles que cubrían la ciudad y dichas atarjeas se unían con conductos secundarios y formaban una gran red de alcantarillado. Se conocen varias historias de alcantarillados de la antigüedad quizás las más conocidas e importantes fueron las del imperio romano. Este imperio tenía un sistema de abastecimiento que desarrolló esta sociedad para tener agua corriente en sus viviendas y también en las calles con un suministro no de muy buena calidad. Esta precariedad mundial se dio hasta bien avanzado el siglo XIX y en muchas situaciones, se tuvo que esperar hasta la primera mitad del siglo XX. Pero la importancia tenía que ver como abastecer de agua a las ciudades y redistribuirla, no tan así era la evacuación del agua negras o servidas. Esta costumbre de evacuar las aguas de las ciudades, los romanos la tomaron de los etruscos. Al principio su idea era de canalizar y evacuar las aguas, de alguna forma fue para de desecar zonas pantanosas para incrementar los suelos fértiles y habitables en los pantanos que rodeaban las colinas de Roma, así de esta forma también contribuían a reducían enfermedades como el paludismo y las fiebres.

Imagen N° 5: Acueducto Romano

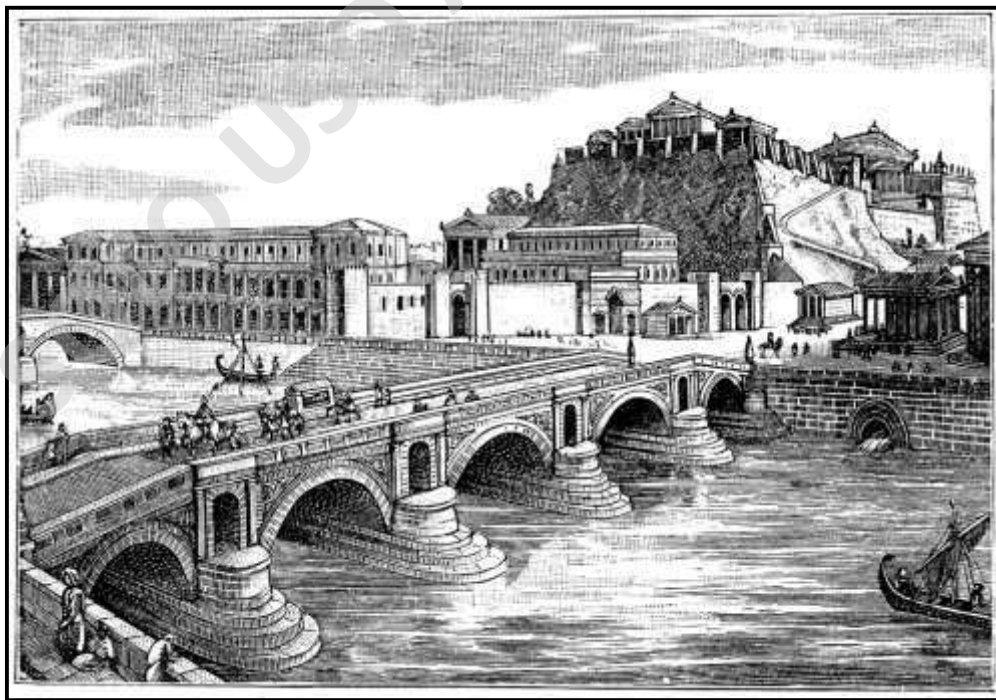


Fuente: imágenes Google

Unos de los métodos más comunes para ese entonces, era el de evacuar el agua por las calles. De ahí que existieran las veredas para garantizar que los laterales de las vías estuvieran secos (una especie de losa elevada en la calzada). Las aguas residuales caían, incluida las letrinas, mediante pendiente, la cual llegaba a las afueras de la ciudad. Lo cual, en este caso, predominaba un olor a pestilencia en las ciudades que usaban este sistema.

En primera instancia utilizaron canales al aire libre y pozos, pero después utilizaron *cuniculi*, galerías muy parecidas, como las que construyen los conejos. Imitándolas tenían que excavar galerías a distintos niveles de cuales retiraban los escombros y a la postre les servían como cámaras o registros de limpieza y ventilación, creando laberintos únicos, que habitualmente se iniciaban desde una colina y con ligera pendiente terminaban en un valle o bien en un río cercano. Este sistema arcaico, pero muy útil sistema de canalización no era muy eficaz, ya que se llenaba con demasiada cantidad de residuos, incluso en años posteriores, tenía muchos problemas que se generaban para trasladar toda el agua utilizada en la ciudad, además, contaba con una cantidad mínima de alcantarillas que llegasen al sistema central de evacuación, por lo llegaban a pozos negros de los que finalmente salían gases como metano o el sulfuro de hidrógeno que creaba un mal olor y explosiones. Finalmente, con la crecida del río Tíber tenía demasiados problemas, estos alcantarillados no tenían la capacidad de desaguar las aguas residuales, sino por contrario, el agua del río podía entrar y llegar a rebalsar todo este sistema de alcantarillado.

Imagen N° 6: Alcantarilla Romana en el Rio Tíber



Fuente: arquitecturaea.blogspot.com

La primera gran cloaca romana, se le imputa a Tarquinio el Antiguo (Lucio Tarquinio Prisco), parece que sirvió más para desaguar las tierras que para higienizar la ciudad, ya que en ese entonces era un canal a tajo abierto que, en el siglo II a. C. aún seguía sin ser cubierto, este cruzaba varios barrios de la ciudad. En el 520 a. C. Tarquinio el Soberbio renovó este canal, se construyó subterráneamente y recubrió con bóvedas. Esta obra fue de mucha importancia para la época, ya que recolectaba el agua de las crecidas del río y de los torrentes de lluvia, al mismo tiempo evacuaba las inmundicias de esa parte de la ciudad. A tener consideración que para evacuar las aguas era necesario tener una corriente de agua continua que empujara estas aguas residuales, esta situación se mantuvo hasta que se construyeron los acueductos en Roma, esta evacuación de aguas residuales dependía de las aguas lluvia y las fuentes, lo cual en muchas ocasiones el sistema se veía interrumpido.

1.3.1 CLOACA MÁXIMA

Fue una reconstrucción de un laberinto de desagües y galerías para ayudar a una creciente ciudad. La construcción de la Cloaca Máxima para la época fue de tan esplendor que quedó en el imaginario colectivo romano como algo grandioso y fabuloso. Cuando los galos arrasaron la ciudad en el 390 a. C. esta cloaca permaneció sin problemas, pero cuando quisieron reconstruir la ciudad cambiaron el trazado de algunas casas y calles, de tal manera que las cloacas que quedaron debajo de las calles y también debajo de las casas. Durante dos siglos posteriores a la construcción de la cloaca parece ser que sólo hubo trabajos de mantenimiento y limpieza, no obstante, con la construcción de futuros acueductos, que aumentaron la cantidad de agua que llegaba a la ciudad, que en un principio mejoraron el traslado de las aguas residuales, fue inevitable una remodelación total del alcantarillado romano, pues no daba el suministro necesario para la evacuación de toda el agua. Así, desde el imperio de Augusto, Roma contó con tres redes de alcantarillas, la Cloaca Máxima para el Foro y sus alrededores, un ramal al norte de ésta que cubría el Aventino y el Palatino, y una tercera red iba al sur del puente Ratto higienizaba el Campo de Marte. Las tres tenían un colector central del que salían galerías cada vez más pequeñas.

Imagen N° 7: Cloaca Máxima de Roma



Fuente: franciscojaviertostado.com

A pesar de todos estos avances para la época, igual tenían muchas condicionantes las ciudades del imperio romano tales como, problemas de hundimiento por peso de las edificaciones, calzadas, vehículos, deslizamiento de terrenos, terremotos, como también en algunos barrios no llegaban estos suministros básicos de alcantarillados. De esta forma muchos ciudadanos romanos se veían obligados a recoger sus inmundicias, juntarlas y relativamente las arrojaban por las ventanas a la calle, esto se realizaba generalmente por las noches y en casos excepcionales se ofrecían servicios donde recogían dichas inmundicias y las llevaban a depósitos o para venderlas como abono.

Imagen N° 8: Cloacas Romanas



Fuente: arquitecturaea.blogspot.com

A lo largo del siglo I a. C. era unimaginable que las ciudades no tuvieran una red de alcantarillado que las saneara. Estas cloacas fueron introducidas en todas las ciudades del imperio, ya sea ciudad mediana o de gran magnitud. El sistema de alcantarillado era tan complejo que comprendía el diseño de las calles en conjunto con este, ya que iba de la mano con el de alcantarillado y las cloacas. Como ya sabemos la función de este sistema

subterráneo era de evacuar las aguas servidas y pluviales para conducir las al exterior de las ciudades, ya fuese a un campo, río o al mar. Este sistema de alcantarillado tenía conectado al igual que en la era moderna cañerías, pero en este caso eran de cerámica, en los edificios públicos y la de las casas de los *patricios*, que eran los nobles de la época. Estos tenían agua corriente y salas de baño. Las *latrinae*, retretes, eran lugares públicos y estaban asentadas sobre una cloaca, esta permitía una evacuación continua y rápida de muy buenas condiciones higiénicas, lo cual estos no tenían los malos olores, además se convirtieron en lugares de encuentro social y cultural.

Imagen N° 9: Diseño de Alcantarillado Romano



Fuente: romainssagulla.blogspot.com

En la civilización romana las necesidades fisiológicas constituían una actividad social como cualquier otra. La cultura romana es conocida por su afición a las termas y baños públicos, Estos lugares eran de los más comunes lugares de encuentro para gran parte de la población del imperio. Su preocupación por la higiene era tan grande, que Roma se convirtió en la primera ciudad del mundo en poseer agua corriente y un sistema de alcantarillado, así muchas otras ciudades de esta civilización tenían los famosos aseos públicos.

Sin embargo, la diferencia con los baños públicos actuales, en lo que culturalmente nos atañe es la intimidad, en la Roma de antaño, sus instalaciones hacían honor al título de públicas. Así, su entrada no solo estaba abierta a cualquier ciudadano, sino que una vez dentro del recinto, las necesidades fisiológicas se hacían a la vista de todos los presentes, sin pudor alguno, ya que no existía ningún tipo de separación o mampara que dividiese el espacio entre los distintos excusados.

Imagen N° 10: Letrinas Romanas



Fuente: romalessocess.blogspot.com

Así, los aseos públicos combinaban su función de alivio fisiológico con la de ser una actividad social más de entre las muchas que cultivaban los miembros de la sociedad romana. Habían establecido una serie de baños públicos, letrinas y una línea de alcantarillado interconectada que los unía a todos en un complejo. Con una proeza eficiente de ingeniería romana.

Imagen N° 11: Letrinas Romanas en la Actualidad



Fuente: roma lesocess.blogspot.com

El imperio romano, domino el recurso del agua como nunca se había visto en otra civilización, desde básicos procedimientos para extraer y almacenar dicho elemento vital, hasta mega construcciones para la época. Estas se abastecían por las calles con una distribución eficiente y como también la evacuación de estas. El abastecimiento de la población de estas ciudades, es de suma importancia como también la evacuación de las aguas residuales generadas. Muchas civilizaciones antiguas nos han dejado un gran legado, una de ella es la romana con una ingeniería maravillosa para no olvidar.

1.4 HISTORIA DEL ALCANTARILLADO EN EL MUNDO MODERNO

En Paris y Londres ciudades importantes de Europa, así como en Norte América las alcantarillas estaban construidas básicamente para la recolección de aguas lluvia. Las aguas residuales de las personas solo empezaron a ser conectadas en alcantarillados en Londres en el año 1815. Luego lo sigue Boston en 1833 y posteriormente Paris alrededor del año 1880.

El primer tipo de alcantarillado moderno se diseñó en Hamburgo en 1842, se utilizaron técnicas modernas de la época, teniendo en cuenta teorías, condiciones topográficas y las necesidades reales de los habitantes. Esto significó un avance y modernismo dentro de esta área para la época, considerando así los fundamentos básicos para este proyecto. La idea de este proyecto no se extendió hasta inicios de los 1900, y siguen vigentes en la actualidad.

Imagen N° 12: Alcantarillados en la Actualidad



Fuente: gscservicios.es

1.5 HISTORIA DEL ALCANTARILLADO EN CHILE

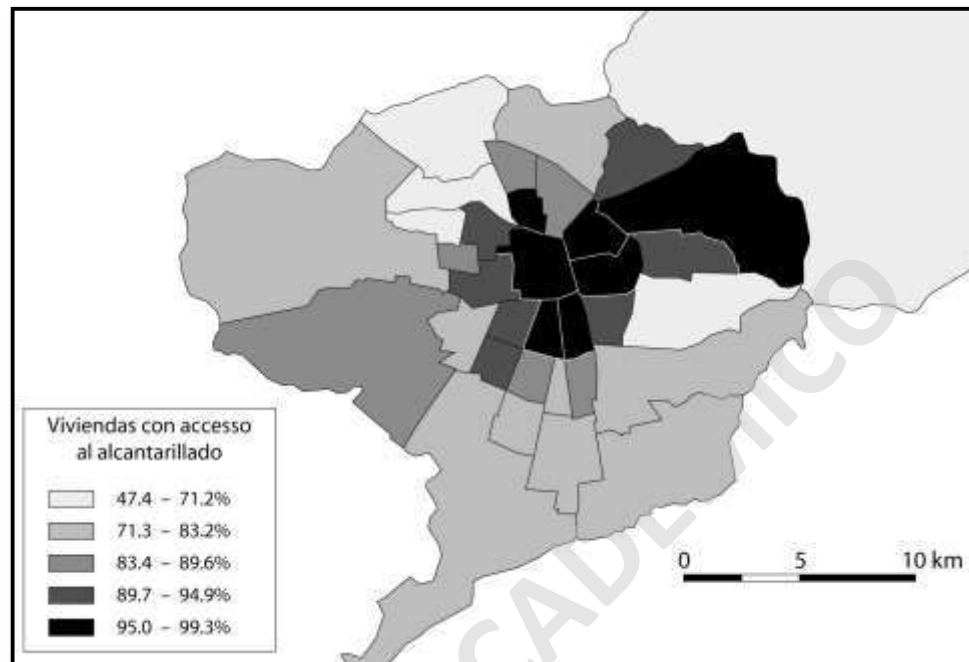
Mientras que los servicios urbanos de las ciudades europeas o norteamericanas se han universalizado desde finales de los años 1930 (Tarr y Dupuy, 1988), las ciudades de los países en desarrollo se enfrentan a un deplorable equipamiento en redes domiciliarias en relación a los estándares de los países del primer mundo. Estos países ya contaban con esta infraestructura a partir de la segunda mitad del siglo XX, un ideal moderno de integración territorial a través de las redes, promovido por servicios integrados, monopolísticos y de propiedad pública (Graham y Marvin, 2001). Por otra parte, este un gran problema en países en vía de desarrollo, quedándose lejos del modernismo de las grandes urbes, ya que no contaban con eficientes métodos de gestión, problemas para financiar los proyectos, y además no controlar el crecimiento urbano de la época.

De acuerdo al censo de 1982 el acceso al agua potable y alcantarillado, se mejoró mucho entre los años 1970 y 1982, tras una tasa de no acceso al agua potable la que mejoro del 16,9 % a 2,5 % y de viviendas sin alcantarillado ni fosas sépticas de 25,5 % a 14,5 %, teniendo en cuenta que las viviendas aumentaron de 615.962 a 869.323 (INE, 1970 y 1982).

Entre los años 1970 y 1982 150.000 viviendas públicas fueron construidas, por ende, la cantidad de viviendas sin acceso al agua de Gran Santiago paso de 96.000 a 21.000, en el año 1982 había 128.000 viviendas sin suministros de alcantarillados (INE, 1970 y 1982).

Durante el año 1982 luego de la reactivación de políticas en cuanto a viviendas sociales la distribución de los municipios por el acceso del agua y saneamiento tiende a una desigualdad geográfica en términos de cobertura, esta desigualdad se refleja en la renta entre urbanizaciones recientes y las antiguas. Los municipios del centro y los más acomodados del sector oriente poseen tasas superiores al 97 % (INE, 1982). Los únicos municipios que se distinguen en 1982 por tasas de acceso al agua potable más bajas son los municipios del cuadrante sureste (La Florida, Peñalolén, San Bernardo, Pudahuel, Quilicura).

Imagen N° 13: Acceso al Alcantarillado en los Municipios del Gran Santiago 1982



Fuente: scielo.conicyt.cl

La primer gran reforma del sector agua-saneamiento data de 1977 con la creación del SENDOS (Servicio Nacional de Obras Sanitarias), reagrupando el conjunto de servicios del sector, hasta entonces dispersos en varios ministerios, bajo la tutela reforzada del Ministerio de Obras Públicas (MOP). Así, entre 1977 y 1989, el SENDOS es encargado de la administración y explotación de las redes de agua potable y de saneamiento en todo el país, a través de once direcciones regionales. Solo las regiones de Santiago y de Valparaíso permanecen gestionadas por empresas autónomas de derecho público (EMOS y ESVAL). Para ambos casos, el SENDOS actúa como ente regulador, definiendo las estructuras tarifarias, estableciendo las normas, controlando los presupuestos y los resultados (Aguas Andinas, 2000).

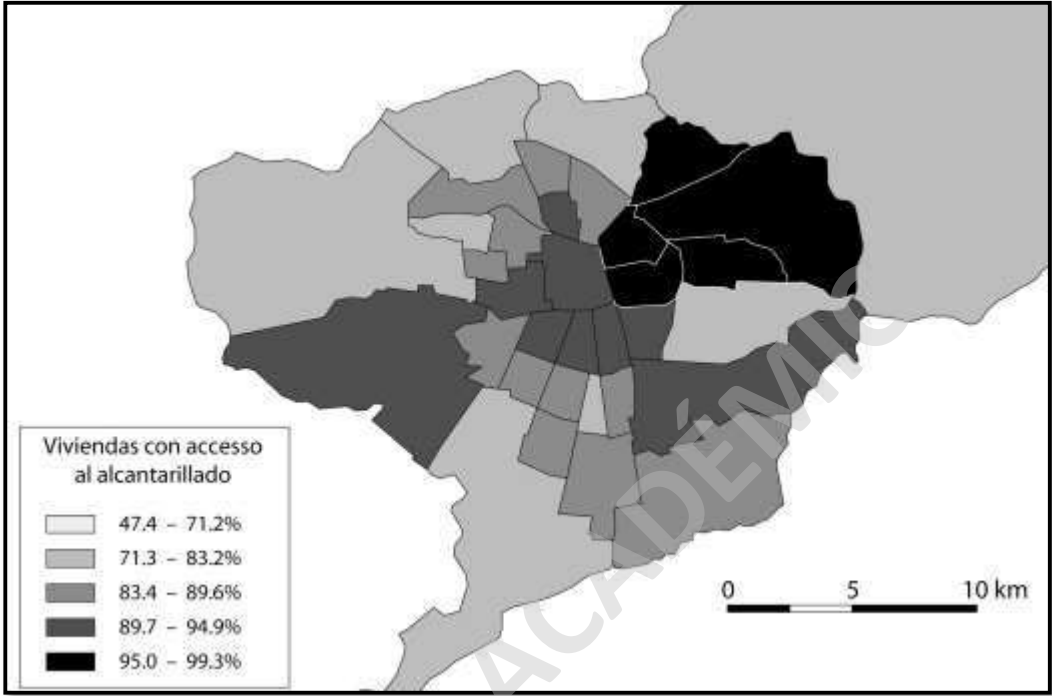
Transcurría el año 1989 y una reforma de gestión privada de capitales, donde el banco mundial proveía un préstamo, que en primer lugar privatizaría EMOS, la cual tenía restricciones de financiamiento, de rentabilidad y una eficacia como la de los proveedores privados. Los primeros efectos de la reforma de 1989 tienen como efecto el término de la universalización de la red de alcantarillado. Bajo el efecto de las subidas de precio y del

segundo préstamo del Banco Mundial, y gracias a nuevas inversiones, las desigualdades de acceso al saneamiento, aún observables en 1992, entre municipios más acomodados y municipios centrales, por un lado, y municipios de renta baja, por el otro, fueron rápidamente resueltas. La tasa de acceso a alcantarillado correspondiente a un 98% fue así alcanzada en 1996. Las viviendas sin conexión a principios de los noventa fueron a menudo construidas por los propios habitantes y no respetaban las obligaciones de conexión a las redes de base, incluidas en la Ley de Urbanismo y construcción. En ese caso, la ley prevé que los municipios deben paliar la falta de redes de distribución realizando los trabajos necesarios. Sin embargo, los municipios pobres, donde estaban localizadas estas viviendas informales, no disponían de medios financieros suficientes como para realizar las conexiones. EMOS creó, entonces, una unidad especial para completar los eslabones que faltaban a la red. Esta política se apoyó en el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) así como en fondos procedentes del segundo préstamo del Banco Mundial. En ese caso, el municipio y EMOS financiaban cada uno un tercio de las obras, siendo el último tercio pagado por los consumidores involucrados. EMOS estima que cerca de 10.000 familias (alrededor de 50.000 personas) se beneficiaron del acceso al agua potable y al saneamiento gracias a esas iniciativas. Estas últimas medidas permitieron resolver en parte el 3% de déficit en conexiones que presentaba la ciudad, logrando cubrir al total de la población desde 1994 (Alfaro, 1996, p. 8).

En 1995, al final del periodo estudiado, Santiago de Chile dispone de un servicio de distribución de agua y de saneamiento eficaz y universalmente accesible.

La primera conclusión, es que la universalización del agua potable en Santiago fue producto de las políticas de la vivienda emprendidas por el Estado, y no de una política de servicio público llevada a cabo por las empresas públicas de redes. Si podemos hablar de modern infrastructure ideal (Graham y Marvin, 2001), en Santiago no fue la consecuencia de una supuesta época dorada de los servicios públicos, sino más bien de una política de vivienda. De esta manera, una modern infrastructure. “Puede ser también promovida por políticas urbanas y sociales, es decir, por la voluntad del Estado de universalizar el servicio, más que por una política de red o de servicio público en el sentido más estricto”. (Geraldine Pflieger/Revista Eure, 2008)

Imagen N° 14: Acceso al Alcantarillado en los Municipios del Gran Santiago 1992



Fuente: scielo.conicyt.cl

CAPÍTULO II DEL PROYECTO DE TÍTULO

2.1 NORMATIVA VIGENTE EN CHILE

Según la Ley 21075, la cual regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises, del Ministerio De Obras Públicas. Con fecha de publicación 15 de febrero 2018 y cuya promulgación 01 de febrero 2018. Dada la aprobación del Congreso Nacional, bajo la moción de los honorables senadores señoras Adriana Muñoz D'Albora e Isabel Allende Bussi y señores Alejandro Guillier Álvarez, Antonio Horvath Kiss y Baldo Prokurica Procurita.

Esta ley contempla 14 artículos y un artículo transitorio los cuales se resumen en lo siguiente:

Artículo 1.- La presente ley regula y establece la reutilización de aguas grises en áreas urbanas como rurales.

Artículo 2.- Para los efectos de lo provisto en esta ley se entenderá por:

- ✓ **a) Aguas grises:** aguas servidas domésticas que vienen del baño, duchas, lavaderos, lavamanos y otros. Excluyendo a las aguas negras (W.C.).
- ✓ **b) Aguas grises tratadas:** Corresponden a aquellas que se han sometido a procesos de tratamiento para un uso previsto.
- ✓ **c) Aguas negras:** aguas residuales que contienen excrementos.
- ✓ **d) Aguas residuales:** son las que se descargan después de ser utilizadas en algún proceso o producidas para este y no tienen ningún valor para dicho proceso.
- ✓ **e) Aguas servidas domésticas:** aguas residuales que contienen desechos de una edificación, la cual se compone por aguas grises y aguas negras.
- ✓ **f) Aportante:** edificación la cual provienen aguas grises para su eventual tratamiento y uso.
- ✓ **g) Instalación domiciliaria de alcantarillado de aguas grises:** obras para evacuar las eventuales aguas grises del inmueble, como tinajas de baño, duchas, lavaderos, lavatorios, hasta la planta domiciliaria de tratamiento de aguas grises o hasta la última cámara del sistema de recolección domiciliario de aguas grises. Si estas cuentan con alcantarillado a red pública, se entiende que pertenece a las instalaciones de alcantarillado de aguas servidas, sin que afecte al descuento de lo establecido en el artículo N° 13. *“Deberá considerarse el menor costo que exista*

en cada etapa producto de la recolección, tratamiento y disposición separada de las aguas grises, para lo cual los procesos de fijación de tarifas deberán determinar un factor de descuento que dé cuenta del menor uso de las redes y sistemas de recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas”.

- ✓ **h) Planta de tratamiento de aguas grises:** instalación y equipos destinados al tratamiento de estas aguas y su objetivo es alcanzar los estándares necesarios para su reutilización.
- ✓ **i) Red pública de recolección de aguas grises:** instalaciones operadas y administradas por servicio de recolección de aguas grises, las que tienen un empalme a instalaciones domiciliarias de aguas grises.
- ✓ **j) Redes privadas de recolección de aguas grises:** Es aquella parte de la instalación domiciliar de alcantarillado de aguas grises que se encuentra aguas arriba de la planta de tratamiento de aguas grises, como también la última cámara de la red domiciliario de alcantarillado de aguas grises, según corresponda y que sirve a más de una edificación.
- ✓ **k) Reutilización de aguas grises:** son aquellas que se han sometido al tratamiento exigido para el uso autorizado.
- ✓ **l) Sistemas de interés público:** son aquellos cuyo interés es abastecer el riego de las áreas verdes, parques, centros deportivos públicos, admitidos en la planificación territorial y en su caso por el proyecto de urbanización, este debe ser propiedad o administración municipal, del Servicio de Vivienda y Urbanismo o de cualquier organismo de administración del estado.

También serán de interés público aquellos que su fin sea la recolección, tratamiento y reutilización de aguas grises utilizadas por establecimientos educacionales públicos, en que estas aguas grises se utilicen para riego u otro destino autorizado en establecimientos de educación pública. Así como también sistemas de interés público a aquellos organismos competentes en la preservación o conservación de áreas protegidas, con el objetivo de conservar el patrimonio ambiental y asegurar la diversidad biológica. De esta forma igual el interés público, en sistemas de recolección, tratamiento y realización de aguas grises, sin que necesariamente este destinado a área protegida específica, igualmente constituye a la conservación y sustentabilidad ambiental, dispuesto en el artículo N° 8 numeral 5. ***“Ambientales. Incluye el riego de especies reforestadas, la mantención de humedales y todo otro uso que contribuya a la conservación y sustentabilidad ambiental”.***

Según el artículo N° 3 numeral 6. ***“La acreditación del hecho de contar con conexión a la red pública de alcantarillado, cuando éste exista, o con un sistema particular de aguas servidas, sea este individual o colectivo”.*** Bueno los concesionarios de servicios sanitarios de recolección de aguas servidas estarán obligados a prestar estos servicios

públicos dentro de su territorio operacional cuando sea solicitado. Estos servicios de recolección son parte de la Ley General de Servicios Sanitarios, contenida en el decreto con fuerza de ley N° 382, del Ministerio de Obras Públicas de 1988, la ley N° 18.902 y demás normas relacionadas con los servicios sanitarios. Los inmuebles que servirán como afluentes de un sistema de tratamiento de aguas grises de interés público estarán definidos en el proyecto de urbanización que servirá de base a la licitación pública que contempla el artículo N° 5.

- ✓ **m) Sistema de reutilización de aguas grises:** las instalaciones destinadas para la recolección, tratamiento y reutilización y conducción de aguas grises, para su alternativa utilización que se proyecte, incluye instalaciones para el afluente que se trate, debe cumplir con la calidad según la reglamentación provista. Las plantas de tratamiento de aguas grises. Las plantas de tratamiento de aguas grises deben tener aprobado el uso de suelo, según lo establece la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.
- ✓ **n) Sistemas de reutilización de aguas grises domiciliarios:** los cuales se aprovechan las aguas al interior del inmueble que se producen y tratan, para los fines que se autorizan.
- ✓ **ñ) Sistemas de reutilización de aguas grises domiciliarios colectivos:** son aquellos en que se aprovechan estas aguas que se producen y tratan al interior de un edificio o conjunto de edificaciones que conforman un condominio o comunidad.
- ✓ **o) Superintendencia:** Superintendencia de Servicios Sanitarios.
- ✓ **p) Titular de la autorización:** persona natural o jurídica que obtiene de la autoridad sanitaria la autorización necesaria para la instalación de un sistema de reutilización de aguas grises y se hace responsable ante ella de su funcionamiento, según los fines autorizados.
- ✓ **q) Usuario del agua gris tratada:** persona natural o jurídica que utiliza el agua gris tratada para el uso previsto.

Artículo 3.- Los sistemas de reutilización de aguas grises deberán contar con aprobación de proyecto y autorización de funcionamiento de la autoridad sanitaria regional respectiva. Esta solicitud de aprobación de proyecto deberá contener, a lo menos, los siguientes antecedentes:

- ✓ 1.- La identificación del peticionario.
- ✓ 2.- La individualización precisa del lugar, área o áreas donde tendrá lugar la reutilización.
- ✓ 3.- El nombre o identificación del operador si fuera un sistema de tratamiento - domiciliario.
- ✓ 4.- La indicación clara y precisa de los fines que se dará a las aguas grises tratadas.
- ✓ 5.- El sistema de tratamiento a emplear.

- ✓ 6.- La acreditación del hecho de contar con conexión a la red pública de alcantarillado, cuando éste exista, o con un sistema particular de aguas servidas, sea este individual o colectivo.

El Ministerio de Salud dictará un reglamento que contendrá las condiciones sanitarias que deberán cumplir los sistemas de reutilización de aguas grises, el que establecerá los requisitos o antecedentes adicionales que se deberán acompañar a las solicitudes de aprobación del proyecto y autorización de funcionamiento, según corresponda, tomando en especial consideración su aplicación tanto para área urbana como rural.

Respecto de las solicitudes la autoridad se pronunciará a lo establecido en el artículo N° 7 del código sanitario.

Artículo 4.- La resolución que autorice el sistema de reutilización de aguas grises considerará, entre otros, los siguientes aspectos:

- ✓ 1.- La identificación del titular a cargo del sistema.
- ✓ 2.- La individualización precisa del lugar, área o áreas donde tendrá lugar la reutilización.
- ✓ 3.- El sistema de tratamiento a emplear.
- ✓ 4.- El plazo por el cual se otorga la autorización, de conformidad a lo dispuesto en el artículo 7° del Código Sanitario.
- ✓ 5.- La identificación de los fines a los que se podrán destinar las aguas grises tratadas y los estándares que se deberán cumplir, según esos mismos fines.
- ✓ 6.- La identificación de la concesionaria de servicios sanitarios o el sistema particular de aguas servidas con el que se mantendrá la conexión a la red de alcantarillado, cuando éste exista, o con un sistema particular de aguas servidas, sea éste individual o colectivo.
- ✓ 7.- Su aplicación en área urbana o rural.

Según la resolución de la autoridad sanitaria que otorgue la autorización de funcionamiento deberá ser publicada por el titular en extracto en un diario de circulación regional o comunal, correspondiente al lugar donde se encuentre el inmueble o área verde, parque, centro deportivo o recreativo en que opera, dentro de los 15 días siguientes a su notificación. Además, dentro de 30 días contados desde la fecha de dicha publicación, el titular deberá inscribir la resolución en un registro que, para tal efecto, llevará la Superintendencia. Con todo, la autoridad sanitaria, en el caso de pequeños volúmenes de agua tratada, podrá eximir al titular del requisito de publicación mencionado en el inciso precedente. La autorización de funcionamiento para los sistemas domiciliarios tendrá la duración a que se refiere el artículo 7° del Código Sanitario, sin perjuicio de que se disponga la clausura del respectivo sistema por la autoridad sanitaria en caso de incumplimiento de la autorización y sus fines.

Artículo 5.- Los sistemas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas grises para fines de interés público que excedan el ámbito domiciliario podrán ser de iniciativa municipal, del Servicio de Vivienda y Urbanización o de otro órgano de la Administración del Estado con competencia sobre el territorio, los establecimientos o respecto de las

materias en que incida la declaración. Estas entidades podrán licitar directamente o solicitar a la superintendencia para que realice una licitación pública, para la recolección, tratamiento y reutilización de aguas grises, estas tendrán un plazo determinado, interés público y la inversión según estas bases. Adjudicada la licitación, tendrá que tener la autorización y aprobación de la autoridad sanitaria competente.

La autorización de funcionamiento de los sistemas de interés público quedará sometida a los artículos 7° bis, 9°, 9° bis, 40, 42, 43, 44, 45 y 46 de la Ley General de Servicios Sanitarios, contenida en el decreto con fuerza de ley N° 382, del Ministerio de Obras Públicas, promulgado el año 1988 y publicado el año 1989, para lo cual la Superintendencia tendrá las atribuciones fiscalizadoras, interpretativas y demás que le confiere el decreto con fuerza de ley N° 382, ya referido, la ley N° 18.902 y demás normas relacionadas con los servicios sanitarios, velando por que se cumpla con los parámetros exigidos y autorizados por la autoridad sanitaria, según sus fines. Podrá ser considerado como un criterio de adjudicación el precio a cobrar a los usuarios del agua gris tratada que define esta ley. El adjudicatario de la recolección, tratamiento y reutilización de las aguas grises deberá convenir con los usuarios los términos y condiciones bajo los cuales se proveerá el servicio según sus fines autorizados, lo que será informado a la Superintendencia, al igual que toda modificación que se realice al mencionado convenio. Los términos de este convenio deberán, en todo caso, ceñirse a las condiciones consideradas para el cálculo del precio. Si alguno de los órganos del Estado mencionados en el inciso primero decide realizar directamente la licitación del sistema, podrá ser asesorado o coadyuvado por la Superintendencia en dicho procedimiento.

Artículo 6.- Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo anterior, las autoridades propenderán, en el ámbito de sus competencias, al desarrollo de estudios de factibilidad de implementación de sistemas de recolección y disposición de aguas grises en los instrumentos de planificación territorial. En especial, se promoverá la implementación de sistemas de recolección, tratamiento y reutilización de aguas grises en la habilitación de servicios públicos, construcción de establecimientos educacionales, proyectos de conjuntos de viviendas, terminales de buses urbanos, rurales y suburbanos.

Artículo 7.- Las aguas grises deberán conducirse indigentemente de las aguas negras, para tratarse y reutilizarse. Estas aguas grises podrán ser tratadas y reutilizadas dentro de la vivienda establecimiento o inmueble del proveedor o también descargadas a la red de recolección del sistema colectivo o de interés público. Este sistema de reutilización de aguas grises y debe mantener operativa una conexión a un servicio público de recolección de aguas servidas, para permitir evacuar si esta falla u otra situación en que no se requiera para su reutilización.

Artículo 8.- El reglamento establecerá el destino que podrá darse a las aguas grises tratadas, los que podrán ser:

- ✓ **1.- Urbanos.** En esta categoría se incluyen el riego de jardines o descarga de aparatos sanitarios.
- ✓ **2.- Recreativos.** Esta categoría incluye el riego de áreas verdes públicas, campos deportivos u otros con libre acceso al público.

- ✓ **3.- Ornamentales.** En esta categoría se incluyen las áreas verdes y jardines ornamentales sin acceso al público.
- ✓ **4.- Industriales.** Incluye el uso en todo tipo de procesos industriales no destinados a productos alimenticios y fines de refrigeración no evaporativos.
- ✓ **5.- Ambientales.** Incluye el riego de especies reforestadas, la mantención de humedales y todo otro uso que contribuya a la conservación y sustentabilidad ambiental.

Artículo 9.- Se prohíbe la reutilización de aguas grises tratadas para los siguientes usos:

- ✓ 1.- Consumo humano y en general servicios de provisión de agua potable, así como riego de frutas y hortalizas que crecen a ras de suelo y suelen ser consumidas crudas por las personas, o que sirvan de alimento a animales que pueden transmitir afecciones a la salud humana.
- ✓ 2.- Procesos productivos de la industria alimenticia.
- ✓ 3.- Uso en establecimientos de salud en general.
- ✓ 4.- Cultivo acuícola de moluscos filtradores.
- ✓ 5.- Uso en piletas, piscinas y balnearios.
- ✓ 6.- Uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos.
- ✓ 7.- Uso en fuentes o piletas ornamentales en que exista riesgo de contacto del agua con las personas.
- ✓ 8.- Cualquier otro uso que la autoridad sanitaria considere riesgoso para la salud.

Artículo 10.- El reglamento establecerá los requisitos que deberá cumplir el sistema de reutilización de aguas grises para cada uso autorizado, así como las calidades específicas del efluente tratado y las exigencias de control de su funcionamiento. El agua gris tratada que se destine a varios usos autorizados deberá cumplir los requisitos para el uso más exigente de éstos. Asimismo, el reglamento podrá establecer las protecciones y señalética a utilizar, tanto en los espacios destinados al tratamiento de las aguas como en los sitios o artefactos donde éstas se utilicen, advirtiendo su condición.

Artículo 11.- Las autoridades competentes podrán elaborar programas educativos y de capacitación sobre el sistema de reutilización de aguas grises, así como diseñar e implementar estrategias de comunicación y sensibilización en la materia.

Artículo 12.- El titular de la autorización de funcionamiento del sistema de reutilización de aguas grises será responsable de la calidad del agua tratada y de su control desde la separación y hasta su reutilización para los usos autorizados, así como también de la operación y mantención del sistema de tratamiento y de reutilización de las aguas grises tratadas. En caso de incumplimiento de esta ley o de la Ley General de Servicios Sanitarios, contenida en el decreto con fuerza de ley N° 382, del Ministerio de Obras Públicas, promulgado el año 1988 y publicado el año 1989, según corresponda, se aplicarán las sanciones administrativas que este cuerpo legal o el Libro X del Código Sanitario contemplen, sin perjuicio de la responsabilidad civil y Ley 21075 Biblioteca del Congreso Nacional de Chile - www.leychile.cl - documento generado el 31-Jul-2020 página 6 de 6 penal a que haya lugar por los daños de cualquier naturaleza provocados por el sistema de reutilización de aguas grises. También Corresponderá a la autoridad sanitaria

y a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, dentro de sus respectivas competencias, la fiscalización de las disposiciones que comprende la presente ley. La autoridad sanitaria podrá cancelar la autorización de funcionamiento de los sistemas de interés público cuando los titulares no se ajusten a sus términos, conforme a lo dispuesto en el artículo 174 del Código Sanitario. El que descargue sustancias químicas o cualquier otra que ponga en peligro la salud de las personas o afecte gravemente el funcionamiento de sistemas de recolección y tratamiento de las aguas grises, sea este domiciliario o público, o que afecte su destino autorizado, será penado en conformidad con el inciso primero del artículo 315 del Código Penal. En el caso de viviendas nuevas que cuenten con un sistema de reutilización de aguas grises, será aplicable lo dispuesto en el artículo 18 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, contenida en el decreto con fuerza de ley N° 458, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, promulgado el año 1975 y publicado el año 1976.

Artículo 13.- Incorporase en el inciso segundo del artículo 6° del decreto con fuerza de ley N° 70, del Ministerio De Obras Públicas, promulgado y publicado el año 1988, que contiene la Ley de Tarifas de los Servicios Sanitarios, la siguiente oración final: “Deberá considerarse el menor costo que exista en cada etapa producto de la recolección, tratamiento y disposición separada de las aguas grises, para lo cual los procesos de fijación de tarifas deberán determinar un factor de descuento que dé cuenta del menor uso de las redes y sistemas de recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas”.

Artículo 14.- La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones establecerá las edificaciones en que será obligatorio contar con sistemas de reutilización de aguas grises. Dicha determinación tendrá por finalidad asegurar la utilización eficiente de los recursos hídricos en estos proyectos y se hará en consideración a la ubicación geográfica, déficit de recursos hídricos, carga de ocupación o uso potencial de agua.

Artículo transitorio. - Las modificaciones a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones a que se refiere esta ley deberán hacerse en el plazo de un año contado desde su publicación en el Diario Oficial y no podrá exceptuarse a las unidades no habitacionales de cinco mil metros cuadrados o más. Y por cuanto he tenido a bien aprobarlo y sancionarlo; por tanto, promúlguese y llévese a efecto como Ley de la República. Santiago, 1 de febrero de 2018.

- Michelle Bachelet Jeria, Presidenta de la República.
- Alberto Undurraga Vicuña, Ministro de Obras Públicas.
- Mario Fernández Baeza, Ministro del Interior y Seguridad Pública.
- Carmen Castillo Taucher, Ministra de Salud.
- Paulina Saball Astaburuaga, Ministra de Vivienda y Urbanismo.

2.2 DESCRIPCION DE LAS AGUAS SERVIDAS

Las aguas servidas son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia humana sobre el medio ambiente, a esto se le llama impacto ambiental. Debido a que todas las acciones del hombre tienen consecuencias de alguna manera en el medio ambiente. Las aguas servidas incluyen las aguas usadas domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales). Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y evacuación. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación. Estas aguas servidas generalmente se canalizan y son tratadas en plantas de tratamiento para su limpieza antes de enviarlas a afluentes de regadío agrícola, es así que no todos los países cuentan con estas plantas de tratamiento. Estas aguas servidas que son generadas en áreas o viviendas sin acceso a un sistema de alcantarillado centralizado se tratan en el mismo lugar, generalmente en fosas sépticas.

2.3 AGUAS USADAS

A las aguas residuales de origen doméstico también se les llama aguas servidas, fecales o cloacales. Estas contienen un residuo que no sirve para el usuario directo y cloacales porque se transportan por el alcantarillado. En algunos sistemas de alcantarillados se mezclan con las aguas lluvia y también se impregnan con aguas naturales del terreno.

2.2.1 CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS SERVIDAS

La gran mayoría de las aguas naturales contienen cantidades variables de otras sustancias en concentraciones que varían de unos pocos mg/litro en el agua de lluvia a cerca de 35 mg/litro en el agua de mar. A esto hay que añadir, en las aguas servidas, las que proceden de alguien que produjo desechos y que se les llama vertidos. Estas aguas residuales pueden estar contaminadas por desechos urbanos o bien venir de muchos procesos industriales. Se distinguen por su aspecto físico:

- ✓ **Fracción suspendida:** es una mezcla de sólidos en polvo y partículas pequeñas no solubles que se dispersan en un medio líquido.
- ✓ **Fracción coloidal:** conformado por dos o más fases fluida (líquido o gaseoso) y otra dispersa en partículas sólidas muy finas.
- ✓ **Fracción soluble:** se puede definir como una mezcla homogénea formada por un disolvente y uno o varios solutos.

Las aguas servidas están formadas por un 99 % de agua y un 1 % de sólidos en suspensión y solución. Estos sólidos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos.

- ✓ **Sólidos inorgánicos:** están formados principalmente por nitrógeno, fósforo, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y algunas sustancias tóxicas como arsénico, cianuro, cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo y zinc.
- ✓ **Sólidos orgánicos:** se pueden clasificar en nitrogenados y no nitrogenados. Los nitrogenados, es decir, los que contienen nitrógeno en su molécula, son proteínas, ureas, aminas y aminoácidos. Los no nitrogenados son principalmente celulosa, grasas y jabones (aceites).

2.2.2 CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS

Una de las razones más importantes para tratar las aguas residuales o servidas es la eliminación de todos los agentes patógenos de origen humano presentes en las excretas con el propósito de evitar una contaminación biológica al cortar el ciclo epidemiológico de transmisión. Entre otros, tenemos:

- ✓ **Coliformes totales:** se designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.
- ✓ **Coliformes fecales:** *escherichia coli* es una bacteria miembro de la familia de las enterobacterias y forma parte del microbiota del tracto gastrointestinal de animales homeotermos (ser humano).
- ✓ **Salmonella:** genero bacteriano de la familia enterobacteriácea constituidos por bacilos gramnegativo intracelulares anaerobios facultativos con flagelos periticos. Constituyen un grupo importantes patógenos para animales y humanos.
- ✓ **Virus:** es un agente infeccioso microscópico celular que solo puede replicarse dentro de las células de otros organismos. Estos virus están constituidos por genes que contienen ácidos nucleicos que forman moléculas largas de ADN o ARN rodeadas de proteínas.

2.2.3 INFLUENCIAS EN EL MEDIO RECEPTOR

- ✓ Vertido de sustancias orgánicas degradables, producen una disminución del oxígeno disuelto, ya que los microorganismos que degradan la materia orgánica consumen oxígeno para su oxidación. Si la demanda de oxígeno es superior a la aireación por disolución de oxígeno atmosférico, se puede llegar a un ciclo anaerobio: se consume oxígeno combinado en lugar de molecular, creándose un ambiente reductor, con la aparición de amoníaco, nitrógeno y ácido sulfhídrico, y

la reducción de sulfatos a sulfuros; el agua se torna oscura, de olor desagradable y con gérmenes patógenos.

- ✓ Incorporación de compuestos tóxicos, tanto orgánicos como inorgánicos. Eliminan los organismos depuradores, o bien inhiben su desarrollo impidiendo reacciones enzimáticas. Intoxican también a varios niveles de la cadena trófica, desde microorganismos hasta animales superiores.
- ✓ Incorporación de materia en suspensión, que reduce la entrada de luz y atasca los órganos respiratorios y filtros de muchos animales.
- ✓ Alteración del equilibrio salino (balance en sodio, calcio, etc.) y del pH.

2.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

Toda agua servida o residual debe ser tratada, tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente. Antes de tratar cualquier agua servida se debe conocer su composición. Esto es lo que se llama caracterización del agua. Permite conocer qué elementos químicos y biológicos están presentes y da la información necesaria para que los ingenieros expertos en tratamiento de aguas puedan diseñar una planta apropiada al agua servida que se está produciendo.

Una Estación depuradora de aguas servidas tiene la función de eliminar toda contaminación química y bacteriológica del agua que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna, de manera que se pueda devolver el agua al medio ambiente en condiciones adecuadas. “El proceso, además, debe ser optimizado de manera que la planta no produzca olores ofensivos hacia la comunidad en la cual está inserta. Una planta de aguas servidas bien operada debe eliminar al menos un 90 % de la materia orgánica y de los microorganismos patógenos presentes en ella” (Wikipedia, 2015)

Imagen N° 15: Planta de tratamiento de aguas residuales de Múnich (Alemania)



Fuente: wikipedia.org

2.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES

2.3.1 TIPOS DE TRATAMIENTOS

Hay una variedad de sistemas de tratamiento para recuperar las aguas grises, estos tienen diferenciados procesos, como tipo primario, secundario o terciario. Estos tratamientos pueden ser de forma química, tales como coagulación y floculación, también físicos, como filtración y decantación, encontramos los procesos biológicos tales como los lodos activos, filtros biológicos aireados y humedales y por ultimo los de desinfección, como cloración, ozonificación y radiación UV.

Estos tratamientos son aplicables en aguas servidas, como también para agua potable. Lo que diferencia el proceso es la calidad de la composición del agua, lo que determina el procedimiento a ocupar. Dado el caso en una cocina debe tener un tratamiento secundario, para degradar la materia orgánica, en cuanto a las lavadoras y sus aguas grises, se puede incluir un tratamiento terciario con el fin de disminuir la cantidad de fosforo.

2.3.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTOS PRIMARIOS

2.3.2.1 LAGUNA DE SEDIMENTACION

Este tratamiento es de costo muy económico en su construcción, en estas se genera una sedimentación de sólidos y degradación anaeróbica de material orgánico (Imhof,2005), por lo general son de buena estabilización y sedimentación.

Por lo general estos requieren menor operación y mantención, con respecto a los estanques sedimenteros y por lo general se remueven cada 1 o 2 veces al año (*New South Wales Departamet of Healts* (NSW). 2000).

Lo negativo de este sistema es que necesitan un gran terreno, ya que su diseño tiene un alto tiempo de retención, con esto se asegura su operación continua y también se necesitan a la par dos unidades para este proceso. El sedimento que se extrae y el líquido efluente, necesariamente requieren un tratamiento adicional.

2.3.2.2 ESTANQUE SEPTICO

Generalmente se ocupan para las aguas servidas domésticas, para remover los sólidos de gran tamaño. Se componen de 2 o 3 cámaras donde el lodo se sedimenta y se estabiliza por digestión anaeróbica. Este material disuelto y suspendido deja el estanque sin tratamiento. Cada cierto tiempo se debe remover el lodo mediante bombeo. En estos estanques la DQO (Demanda química de oxígeno), es removida 25-50%. (Imhof,2005).

2.3.2.3 ESTANQUES SEDIMENTEROS

En estos estanques las partículas decantan por gravedad. En esta se remueven pequeñas partes de los microorganismos, ya que se fijan a las partículas. Para aumentar la remoción de solidos se le agregan coagulantes, para influir agitación con el fin de crear flocs y así remover partículas de mayor tamaño, con esto se mejora la remoción de microorganismos.

2.3.3 SISTEMAS DE TRATAMIENTOS SECUNDARIOS

2.3.3.1 HUMEDALES Y BIO FILTROS

Estos sistemas de infiltración necesitan una previa sedimentación, con el fin de que el agua se distribuye en sistema subsuperficial. Así permite filtrar y reducir materia orgánica disuelta y disminuir patógenos.

Lo importante de este sistema es que no tenga nivel freático superficial, deben estar drenados de muy buena forma, pero extremadamente permeables como son los de grava o arena gruesa. Para la remoción de patógenos y materia orgánica, necesitamos al menos tres metros de terreno no saturado debajo del sistema. Necesariamente los pozos de extracción deben estar lejos para asegurar un mínimo de tiempo de permanencia.

2.3.3.2 MEMBRANAS

En este proceso pasa el agua por diferencia de presión por medio de una membrana semipermeable, con esto eliminamos los sólidos. Estos sistemas de membrana incluyen microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y osmosis inversa, para retener diferentes rangos de partículas, siendo esta última la de mayor retención eliminando la mayor parte de los sólidos disueltos en el agua. Este sistema tiene problemas asociados, ya que sus membranas son susceptibles a bloqueos.

2.3.3.3 LODOS ACTIVADOS

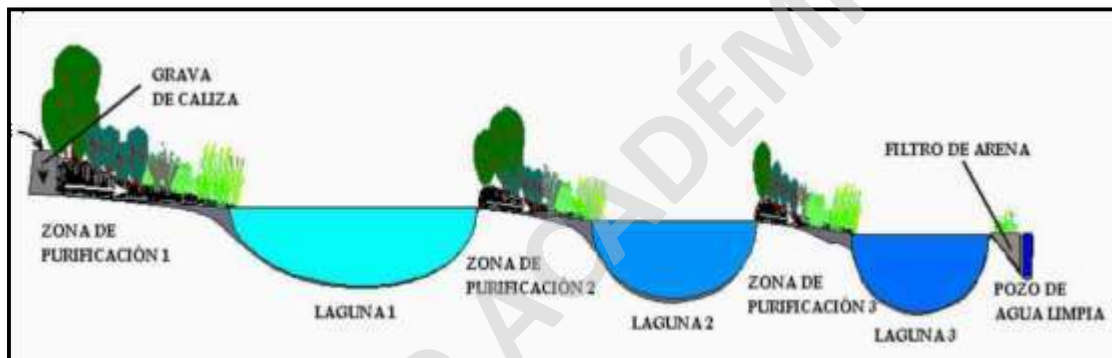
De proceso biológico aeróbico, cuya función es a base de microorganismos que tienen una concentración predeterminada dentro de un estanque, que se mezclan con materia orgánica, debido a que se agita el aire y los organismos flocculan formando los “lodos activos”. Estos lodos activos mezclados con las aguas servidas forman el llamado “licor de mezclado”, que luego se lleva a un sedimentador secundario donde todos estos activos decantan, permitiendo un efluente clarificado. Cierta cantidad de los lodos son retornados al estanque para mantener el equilibrio de los microorganismos.

2.3.4 DESARROLLOS A NIVEL MUNDIAL

Los países del primer mundo son los más desarrollados en estos sistemas durante los últimos años, han contribuido con distintos sistemas de tratamiento y reutilización de aguas grises. A continuación, veremos algunos proyectos y tecnologías que se han realizados a nivel mundial.

2.3.4.1 SUECIA. “WETPARK” PARQUE HUMEDO KALMAR

Imagen N° 16: Proceso de Purificación Parque Húmedo. Kalmar



Fuente: www.holon.se

Este sistema tiene la particularidad que se purifica subterráneamente, con lagunas de purificación y filtros. El proceso comienza cuando el recorrido del agua, pasa por un filtro de gravas calizas, la cual permite una reducción de material orgánico por bacterias aeróbicas. Posteriormente sigue a una de las zonas de purificación donde esta contiene vegetación que reduce los nutrientes del agua, estas plantas tienen que tener la particularidad de ser capaces de fijar el nitrógeno, ya que las aguas grises por lo general tienen una relación N:P baja (Relación de Redfield o estequiometría de Redfield es la proporción molecular del carbono, el nitrógeno y el fósforo en el fitoplancton. La relación estequiométrica es C: N:P = 106:16:1. El término recibe el nombre del oceanógrafo estadounidense Alfred C. Redfield), lo que puede reducir el consumo de fósforo. En esta zona hay una capa impermeable que evita la pérdida de agua y la contaminación de suelos más profundos o aguas subterráneas. Luego en el proceso de la zona de purificación el agua llega a una laguna, lo cual este proceso de la zona de purificación y laguna se repite tres

veces hasta llegar al filtro de arena, que se encuentra al final de las tres lagunas y así decantar en el pozo de agua totalmente limpia.

Lo curioso de este sistema es que se introducen peces en las lagunas con el fin de que estos ayuden al controlar insectos y materias orgánicas. “La retención aproximadamente de agua, de este parque húmedo es alrededor de 1 año. Teniendo en cuenta que el volumen de este sistema es igual al volumen de entrada anual (Günther, 1995)”.

Imagen N° 17: Parque Húmedo. Kalmar



Fuente: www.holon.se

2.3.4.2 SINGAPUR. TESORO AZUL “NEWATER”

Esta pequeña nación de 7.669 habitantes por kilómetro cuadrado, es la tercera de mayor densidad poblacional del mundo. Esta nación escasa de grandes afluentes y su geografía no permite la construcción de nuevas reservas de agua. Es por lo cual esta nación apuesta por el reciclaje de las aguas residuales para asegurar la sostenibilidad del país ante la carencia del preciado líquido. En los años 70 el gobierno de ese entonces, sienta las bases para un ambicioso plan, “reciclar las aguas grises”, aquellas que provienen del uso doméstico, uso industrial e incluso convertida en agua apta para el consumo humano. Este

proyecto era ambicioso en la década del 70, pero el alto costo del proceso era demasiado para esos años.

Sin embargo, en el año 2000, Newater (un juego de las palabras en inglés nuevo y agua) abrió la primera de las cuatro plantas de reciclaje de aguas residuales con las que cuenta en la actualidad y que, en conjunto, según estimaciones oficiales, abastecen cerca del 30 por ciento del consumo de agua de Singapur. Esta empresa en la actualidad es el pilar de la sostenibilidad hídrica de Singapur, “desde su funcionamiento esta empresa ha sido la principal abastecedora de agua no doméstica, según la agencia nacional para el agua de Singapur” (PUB, 2014).

Este proceso se basa en un exhaustivo proceso, el agua usada se filtra a alta presión por varias membranas diseñadas las que separan la suciedad del líquido, que después es expuesto a luz ultravioleta con la función de matar las bacterias y desinfectarlo.

Tras más de dos años de estudios y 100.000 pruebas los resultados demuestran que la calidad de NEWater sobrepasa los estándares de la Organización Mundial de la Salud para el agua potable”. En meses de escasez de lluvia o sequía, como la sufrida en febrero 2014, el mes más seco en Singapur desde 1869, la agencia gubernamental “recarga” con NEWater las reservas acuíferas “para que se mezclen antes de someterlas al tratamiento convencional en el abastecimiento de agua”. La producción de NEWater ha aumentado hasta los 100 millones de galones de agua (más de 378 millones de litros) diarios para uso industrial y para recargar las reservas con 35 millones de galones (132 millones de litros) al día”. Además del reciclaje de aguas, Singapur cuenta con otras dos fuentes para lograr el objetivo del autoabastecimiento: la recolección de agua de lluvia y almacenado en acuíferos y embalses (que aporta un 30 por ciento) y la desalinización del agua marina (cerca del 10%).

“El gran reto de Singapur será contener la gran demanda de agua ante el planificado aumento de población, de los 5,3 millones de habitantes actuales a los 6,9 millones para el 2020, y el incremento de la actividad industrial. (EFE, Redacion, 2014)”.

En grandes eventos, además, el Gobierno reparte de manera gratuita botellas de NEWater, ya procesadas para que obtengan propiedades minerales, que sirven para dar a conocer el proyecto a la población y concienciar sobre el despilfarro de agua.

Imagen N° 18: Agua procesada por NeWater para Consumo Humano



Fuente: dw.com

El reciclaje de aguas residuales no es nada nuevo. Israel, España, los países escandinavos y los EE.UU. son conocidos pioneros en el campo. Sin embargo, el proyecto "NEWater" de Singapur, no tiene comparación internacional. Este cubre aproximadamente un tercio de la demanda del país y su proyección es cubrir más de la mitad de la demanda total hasta el año 2060.

Las cuatro plantas nacionales de tratamiento de aguas producen 430 millones de litros de agua al día. Las aguas residuales, una vez recicladas, se utilizan principalmente para la producción industrial y la refrigeración. Una pequeña porción de ésta, se mezcla también con agua rica en nutrientes que se encuentra almacenada en depósitos de lluvia. Una vez procesada, se la embotella. Las botellas de agua no están a la venta y, según el Ministerio de Medio Ambiente no hay planes para venderlas en el futuro. Más bien, se distribuyen de forma gratuita durante los grandes eventos. La finalidad es dar a conocer este ambicioso proyecto. Por lo general, el gobierno promociona el proyecto difundiendo mucha información sobre NEWater: Tal es así que existe un centro para visitantes y se ofrecen visitas guiadas todos los días.

Imagen N° 19: Planta de Tratamiento NeWater en Singapur



Fuente: dw.com

La experiencia de Singapur es todo un modelo para la región asiática en el Pacífico. Australia también conduce desde hace varios años proyectos de reciclaje de aguas residuales, aunque lo hace por otras razones: "Es necesario contar con un suministro constante de agua para estar preparados ante las incertidumbres de los ciclos de nuestro clima entre las inundaciones y la estación seca. Una sola fuente de agua no puede garantizar la seguridad del suministro", dice Marc O'Donohue, jefe del Centro de Excelencia de Reciclaje de Agua Australiano, un instituto de investigación gubernamental con sede en Brisbane.

"Este Proyecto de reciclaje de aguas grises en Singapur, ya presento las bases con un modelo versátil para un futuro que también se podría implementar en ciudades a menor escala" (CS, 2013).

2.3.4.3 JORDANIA TRATAMIENTO TIPO "BARREL SISTEM" (IDRCY CBSE)

Este país se encuentra dentro de los 10 países con más escases de agua a nivel mundial. El Ministerio de Agua e irrigación de Jordania calcula que la disponibilidad media se

encuentra bajo los 200(m³/h/año), cifra muy restrictiva. Esta privación de agua puede mermar el desarrollo económico como también la salud humana.

Según la Secretaria de Estadísticas de Jordania, estima que por falta de agua en Amman 1 de cada 6 hogares practica agricultura urbana, en la mayoría de los casos con agua potable.

Quienes interviene en este desarrollo son:

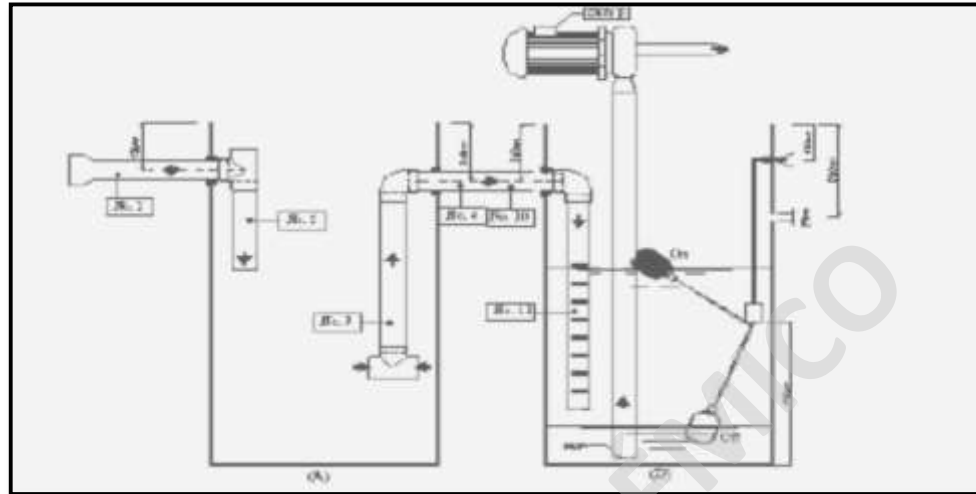
- ✓ Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (IDRC) Ottawa, Canadá.
- ✓ Red Inter Islámica sobre Desarrollo y Manejo de Recursos Hídricos (INWRDAM) en Amman, Jordania.
- ✓ ONG

Este proyecto piloto se realizó en Tafila, al sur de Amman, consistió en la implementación de unidades de tratamiento con un bajo costo en 24 viviendas. Se llevaron a cabo dos sistemas, los cuales pasamos a detallar:

2.3.4.3.1 SISTEMA DE 2 BARRILES

Este sistema se basa en dos barriles plásticos de 160 litros cada uno. El agua residual con excepción de la del W.C., es desviada hasta el primer barril el cual produce sedimentación de sólidos y flotación de aceites, grasas y jabón. En una cañería de PVC de 50 mm; lleva esta agua clarificada desde la parte media del primer barril hasta el segundo, cuando se llena este un flotador permite que una pequeña bomba se active, posteriormente entregando el agua a una red de irrigación por goteo, cuando este flotador desciende a un nivel inferior deja de bombear. Este sistema es adecuado para viviendas con pequeñas familias. Este sistema es bastante asequible y podría resultar muy bien el Norte Grande y zonas rurales del país En la figura se muestra este tipo de sistema.

Imagen N° 20: Tratamiento de Aguas Grises Sistema de 2 Barriles

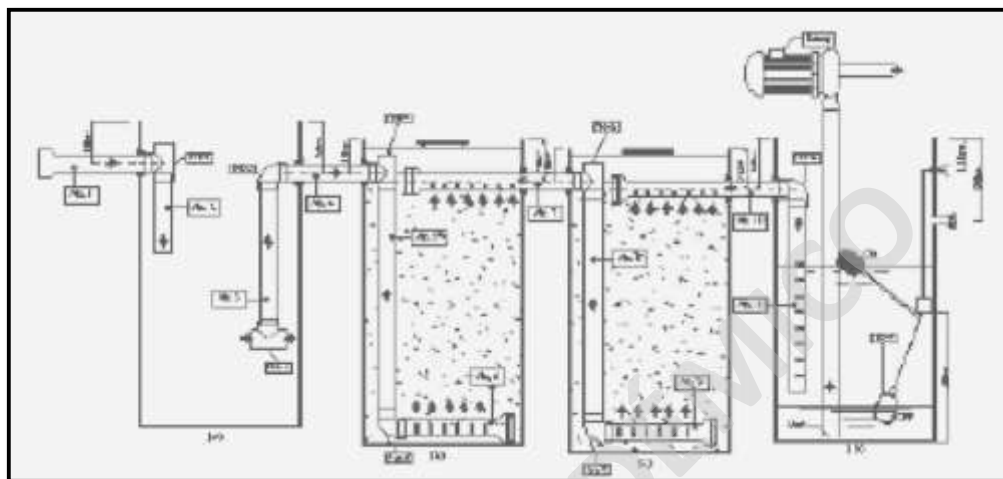


Fuente: imágenes Google

2.3.4.3.2 SISTEMA DE 4 BARRILES

Este sistema se basa en el mejoramiento del primer sistema, lo que incluye un tratamiento anaeróbico. Este tratamiento está formado por dos barriles más de suplemento con capacidad 200 litros. Estos barriles están llenos de grava de espesor medio (2-3[cm]). El agua del primer barril es descargada por medio de una cañería en el fondo del segundo, al igual que esta descarga en el tercero. Desde la base de estos barriles el agua es obligada a subir por medio de la grava y en su superficie se logran establecer bacterias anaeróbicas, con este proceso se reduce la materia orgánica de las aguas. Luego desde la superficie del tercer barril, por medio de una cañería y el agua tratada es depositada en el cuarto barril, donde es bombeada similarmente al sistema de dos barriles. Este sistema se recomienda para una familia media, lo que permite regar a lo menos 20 a 30 árboles. En la figura se muestra este tipo de sistema de cuatro barriles.

Imagen N° 21: Tratamiento de Aguas Grises Sistema de 4 Barriles



Fuente: imágenes Google

En el año 2004 el costo de este tipo de equipos de cuatro barriles era US\$ 400, con un costo de electricidad muy bajo.

De acuerdo a la recopilación de datos en Jordania durante un año aproximadamente de estos sistemas implementados, en todas las mediciones evaluadas se alcanzó el requerimiento de calidad para riego restringido según la OMS.

Entre estos beneficios entregados por el sistema de cuatro barriles destacan (Murad Bino, INWRDAM, 2004):

- ✓ Se alcanzan requerimientos de calidad para el riego restringido por la OMS.
- ✓ Ahorro de agua de hasta un 40%.
- ✓ Aumento de producción de alimentos.
- ✓ Ingreso adicional US\$(50-385) /año.
- ✓ Disminución de tasa de vaciado de fosas sépticas.
- ✓ Recuperación de la inversión a corto plazo.

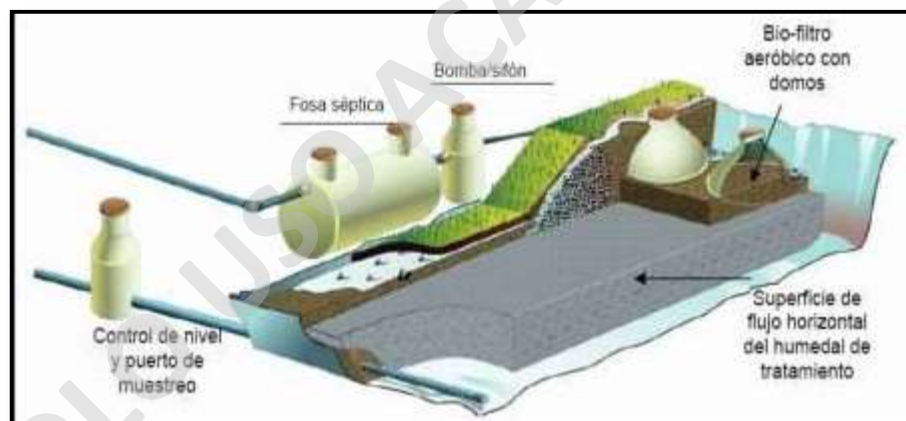
“...las autoridades de Jordania ponen énfasis en una revisión de los reglamentos nacionales de la construcción, con el fin de asegurar el futuro de toda edificación residencial pueda tener sistemas de reutilización de aguas grises”. (IDRC)

En la actualidad países como Siria y Líbano han tomado como ejemplo, estos proyectos de reutilización de aguas grises, de la misma forma que lo está haciendo Jordania en cuanto a estas nuevas tecnologías.

2.3.4.4 NORUEGA. TRATAMIENTO COMBINADO DE BIO-FILTRO Y HUMEDALES

Este es un sistema ideal para climas fríos, desarrollado por la Universidad Agrícola de Noruega.

Imagen N° 22: Humedal con Bio-Filtro Integrado



Fuente: 2° Simposio Internacional de Saneamiento Ecológico GTZ 2003

Este sistema de pretratamiento de aguas grises en una fosa séptica, que luego se bombea en una caída vertical donde llega al bio-filtro poroso subsuperficial de flujo horizontal, lugar del humedal donde se plantan cañaveras. Estos estudios denotan que estas raíces tienen efectos positivos para la eliminación de nitrógenos, pero este efecto no es positivo en la eliminación de fósforo y DBO (Zhu 1998, Maehlum y Stalnacke, 1999; obtenido de GTZ 2003).

Este bio-filtro este cubierto por un compartimiento el cual facilita el roció sobre esta superficie. Tiene una profundidad estándar de 60 cm; con graduación aproximado de 2-10 mm. Este bio-filtro airea estas aguas residuales y reduce el DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y bacterias. En este proceso se reduce hasta un 70% en DBO y de 10^2 y 10^5 en las bacterias indicadora. Estos bio-filtros necesitan poca superficie por persona, ya que tiene una producción de aguas grises de alrededor de 100 l/día por persona, un bio-filtro de 1 m² de superficie, puede tratar las aguas grises de 10 personas aproximadamente.

Un estudio hecho por Rasmussen determino en 1996, que la eliminación del DBO era independiente de la profundidad de los filtros entre 20 y 60 cm; pero esta eliminación de bacterias es menor en filtros de menor profundidad.

Este tipo de tratamiento del humedal de subsuperficial horizontal necesita un clima frio como el noruego, a lo menos 1 m. de profundidad (Gaut y Maehlum 2001), esto se debe a que la parte más superficial puede congelarse.

Si bien es cierto en los países nórdicos como Noruega, los detergentes están libres de fosfato. Este humedal tiene mucha más capacidad de absorción de fosforo que el bio-filtro, ya que tiene mayor volumen. A lo largo del tiempo el fosforo se va acumulando en el humedal. Para eliminar el fosforo se estima un proceso de eliminación parcial durante 10 a 15 años. Hay que tener en cuenta que en países nórdicos como Noruega los detergentes ocupados están libres de fosfato, por lo que la eliminación de fosforo en tratamientos con humedales no es necesario, en caso de Chile esto sería un método alternativo al método noruego porque que el tiempo de eliminación seria de menor rango, ya que la mayoría de los detergentes contiene fosfato, según estudio que abarcó 23 muestras de detergentes, que fue elaborado por el Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos de la Universidad Católica, a pedido del Servicio Nacional del Consumidor. Por otro lado, según Walmart Chile ellos eliminaron el fosfato de marcas propias desde el año 2010.

La cantidad de este sistema de tratamiento resultante es de 2-3 m²/persona. Estos sistemas de tratamiento de flujo combinado de aguas grises y negras, se recomienda el rango de 7 a 9 m²/persona.

A continuación, se presentan algunos resultados obtenidos, en la planta de tratamiento de "Kaja", que trata aguas grises de dormitorios de estudiantes de la universidad agrícola de Noruega.

Tabla N° 1: Resultados Obtenidos con Tratamiento Combinado

Parámetro	Concentración Promedio en Cada Unidad			Eliminación en Bio Filtro (%)	Eliminación en Humedal (%)	Eliminación en Bio Filtro y Humedal (%)	
	Unidad	Salida Fosa Séptica	Salida Bio Filtro				Salida Humedal
PH		6.72	6.78	7.43	-	-	-
Fosforo Total	mg/l	0.97	0.32	0.07	67.0	78.1	92.8
Ortofosfato	mg/l	0.56	0.10	0.04	82.1	60.0	92.9
DBO7	mg/l	130.70	38.20	6.90	70.8	81.9	94.7
Nitrógeno Total	mg/l	8.20	5.00	2.50	39.0	5.00	69.5
Amonio	mg/l	3.20	2.40	2.30	25.0	4.2	28.1
Nitrato	mg/l	<0.03	<0.03	<0.03	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	ufc/100ml	10 ⁶	10 ³ -10 ⁵	0-10 ³	-	-	-

Fuente: Jenssen, P. y Vrale, L.; obtenido de GTZ 2003

2.4 DESARROLLOS A NIVEL NACIONAL

1.4.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO “PLAZA SOL DEL LOA”

Existe un Proyecto llamado Plaza Sol del Loa tiene como dueños a la empresa latín Gaming Chile S.A, y fue ejecutado por la constructora Magna Chile Ltda. Su ubicación es en la ciudad de Calama en la ex finca San Juan, para ser más precisos en la calle Chorrillos con Balmaceda. La idea inicial de este proyecto era construir un casino de juegos, un hotel, un apart hotel, locales comerciales y dos edificios de oficina. En esta zona el tema del agua no es menor, inicialmente se iba a construir una planta de recuperación de aguas grises, para regar las áreas verdes del proyecto, se diseñó una planta de tratamiento, pero su alto costo de construcción no era viable para latín Gaming Chile S.A, ya que se debía construir una red de alcantarillado adicional.

Este proyecto consiste en tratar las aguas grises provenientes de los laboratorios y las duchas del hotel y apart hotel, estos están ubicados en la cota del terreno. Este sistema tenía como finalidad acumular el agua para poder regar todas las áreas verdes de este proyecto, cuando la capacidad de pasajeros fuese mayor al mínimo calculado. Estos antecedentes los proporciona la constructora Magna Chile y que estipulaba al 50% de ocupación total. También se descartaron varios artefactos en este tipo de reutilización, como desagües de cocinas y lavanderías por altas cargas orgánicas y alta concentración de detergentes, al igual que las aguas que vienen de los lavamanos las oficinas y la del casino de juegos por su bajo aporte de agua.

“Según la estimación para el riego de las áreas verdes, el agua recuperada del hotel y apart hotel, según lo calculado alcanzaría a regar un 75% aproximadamente más que lo que se proyectó inicialmente. Pasando de 860 m² a un aumento de 1500 m²”.

2.4.2 INICIATIVA DE PROYECTOS DESARROLLADOS (CONAMA)

Los primeros casos de reutilización de aguas grises en colegios fueron en el año 2006 donde la CONAMA por medio del fondo de protección ambiental bien por inversión de empresas mineras, se han desarrollados proyectos de reciclajes de aguas grises en establecimientos educacionales. Estos establecimientos han reutilizado las aguas grises proveniente de los lavamanos para el uso de riego, algunos de estos proyectos fueron:

2.4.2.1 INICIATIVA DE CONAMA I REGION CON APOORTE DE MINERAS

- ✓ Liceo Jovina Naranjo Fernández (Liceo A-5 Arica).
- ✓ Escuela José Miguel Carrera (D-10 Arica).

El promedio de alumnos por establecimientos es de 800 alumnos matriculaos aproximadamente.

A continuación, veremos algunos detalles de esos proyectos (CONAMA,2006):

Los beneficios por este tipo de implantación son:

- ✓ Reducción en un 35% de la cuenta del agua.
- ✓ Creación de mayor conciencia por parte del alumnado.
- ✓ Reforestación: 66 árboles, en el caso de referencia.

En mayo 2007 se aprobó otro proyecto para la reutilización de aguas grises para riego, los beneficiarios fueron el Colegio Rio Loa, de Calama. Este proyecto está garantizado por el Programa de Seguridad Ciudadana y Programa de Forestación Escolar, esto se debe al Convenio de Cooperación entere la Gobernación Provincial del Loa, CONAF, Codelco Norte. El monto total del proyecto asciende a la suma de \$5.000.000 con un aporte fiscal de \$4.000.000 (www.codelco.com).

La composición de estos proyectos está constituida de la siguiente manera.:

- ✓ Filtro de malla.
- ✓ Filtro de arena.
- ✓ Estanque de acumulación.
- ✓ Bomba Hidroneumática.
- ✓ Sistema de riego por aspersión y goteo.

Tabla N° 2: Costo de Proyecto Piloto Año 2006 CONAMA

ITEM	VALOR	19%	TOTAL
	NETO (\$)	IVA (\$)	(\$)
Materiales para Sistema de Recuperación de Aguas	854.667	162.283	1.017.053
Materiales para Reforestar	290.000	55.100	345.100
Instalación de Sistema de Recuperación de Aguas	150.000	-	150.000
Coordinación Técnica	420.000	-	420.000
Total			1.932.153
10% Gastos no provistos			193.215
COSTO TOTAL DE LA INVERSION			2.125.368

Fuente: Conama.com

3.4.3 OTRAS INICIATIVAS EN ESCUELAS DEL PAIS

2.4.3.1 ESCUELA SAMO ALTO OVALLE 2019

En la escuela de Samo Alto acopian agua de lluvia y también aguas recicladas tras diferentes usos. “Con llaves se cierra el paso y luego se envía el agua a un doble filtro”. También cuentan con un estanque para 5.000 litros.

El director de este establecimiento y la profesora de ciencias, comenzaron un proceso de recuperación de aguas grises. También plantaron árboles y especies nativas para adaptarse al ambiente seco del municipio de 111.000 habitantes y situado a unos 400 kilómetros al norte de Santiago.

2.4.3.2 LICEO POLITECNICO OVALLE 2019

“La sequía ha afectado profundamente la región de Coquimbo durante los últimos años, es por ello que es fundamental el cuidado del vital elemento, sobre todo de parte de las generaciones más jóvenes. Es por ello que, desde este año, Científicos de la Pontificia Universidad Católica (PUC) y la Fundación ovallina Un Alto en el Desierto se unieron para hacer del reúso del agua de los lavamanos algo normal en 9 escuelas de la 4° región, con el objetivo de replicarlo a gran escala para preparar el país al nuevo escenario hídrico” (Día, 2019).

El prototipo ya instalado recupera el agua de los baños que usan 1.200 alumnos del Liceo Politécnico. Con esa agua se riegan tres áreas con 48 especies arbóreas. Filtros similares se instalaron desde junio en ocho escuelas rurales de Ovalle. La inversión de estos filtros por unidad es de US\$ 2.170

La calidad del agua recuperada aumenta debido al filtro construido gracias a un proyecto del Fondo de Innovación para la Competitividad del gobierno regional de Coquimbo, con protagonismo de la Universidad Católica, la Fundación un Alto en el Desierto y el Liceo Politécnico de Ovalle. Ese prototipo fue construido por 18 alumnos y ocho profesores de Mecánica, Montaje Industrial, Electrónica, Electricidad y Dibujo Técnico, tiene dos estanques para 1.000 litros cada uno. El primario recibe agua de los lavamanos que se conduce por cañerías y por peso gravitacional. Mediante una electrobomba, el agua se eleva hasta un filtro de tres columnas ubicadas en forma secuencial-vertical. Cada columna mide 0,35 metros de alto y 0,40 metros de diámetro.

“El material filtrante en cada columna debe ser de granulometrías diferentes y puede ser gravilla y/o arena de cuarzo (zeolita), carbón activado, arena o grava, profesor jefe de Montaje Industrial. Como objetivo el prototipo tiene una columna con zeolita y dos columnas de carbón activado. Las columnas están montadas sobre una estructura metálica de 2,60 metros de altura (Milesi, 2020)”.

La idea de este proyecto es impulsar el agua desde el estanque para que alcance la columna más alta del filtro, pasa a través del material filtrante y por gravedad cae y pasa secuencialmente por las otras columnas. Finalmente, el agua es conducida al estanque secundario y mediante otra electro-bomba llega a los circuitos de regadío.

En el año 2018, con esta idea ganaron el primer puesto en la Feria de Ciencias de La Serena, la capital de la región de Coquimbo.

Imagen N° 23: Prototipo de Filtrado de Aguas Grises



Fuente: ipsnoticias.net

Imagen N° 24: Alumnos Cambian los Artefactos para el reciclaje las Aguas Grises



Fuente: ipsnoticias.net

2.4.3.3 ESCUELA DOCTOR TREVISO GIRARDI CERRO NAVIA 2019

Proyecto desarrollado por la fundación juega, la idea es reciclar las aguas grises que vienen de los lavamanos para reutilizarla en el riego de las áreas verdes.

“El método comienza, trasladando lo utilizado en los lavamanos a un filtro mecánico. Posteriormente, el elemento llega a un estanque donde se le inyecta ozono, agente purificador que posibilita la reutilización del recurso para el riego de áreas verdes. Gracias este sistema, la escuela mencionada ha logrado volver a disponer de, hasta, 1500 litros diarios” (codexverde, 2019).

2.4.3.4 ESCUELA EL PALQUI MONTE PATRIA COQUIMBO 2019

Tras la instalación de un sistema de filtro y depuración, el agua que es usada en lavamanos es reutilizada para regar las especies autóctonas que los alumnos y profesores tienen en su huerta y vivero escolar. Esta iniciativa se genera raíz del déficit hídrico en la región, para reducir estos efectos recuperan las aguas grises para luego ocuparlas en el riego de las áreas verdes.

“A través de este sistema de reutilización de aguas grises de los lavamanos, se estima que diariamente se puede reciclar entre 2.500 a 3.000 litros de agua, hecho que implica un importante ahorro en esta escuela de aproximadamente 800 alumnos” (Ambiente, Ministerio del Medio, 2016”).

Imagen N° 25: Alumno Instala Riego por Goteo de Reciclaje de Aguas Grises



Fuente: mma.gob.cl

2.4.3.5 COLEGIO SAN NICOLAS CALAMA 2013

Con el compromiso de la comunidad educativa de la ciudad de Calama y el aporte de la División Ministro Hales de Codelco, la que se sumó a los proyectos de escuelas sustentables, que impulsa la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente

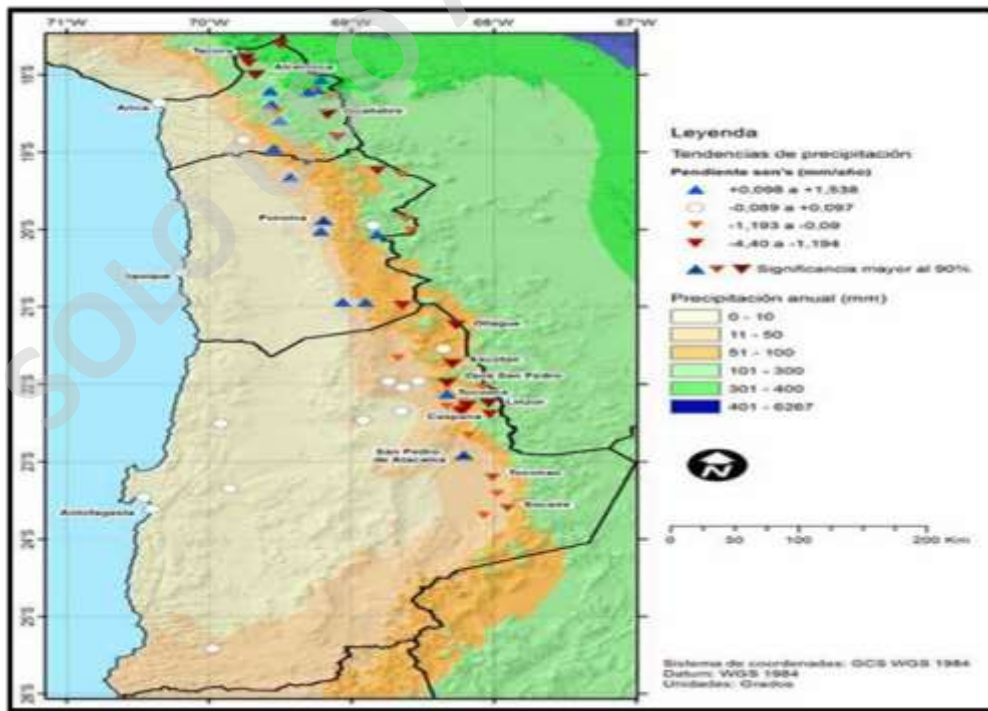
“Luego de la acreditación y la construcción de un proyecto de Recuperación de Aguas Grises, el Colegio San Nicolás inauguró su iniciativa. Con una inversión de \$20.000.000, se logró levantar en el establecimiento dos estanques de administración de agua, los cuales acumulan el líquido utilizado en los lavamanos de los baños. Luego, esa agua es filtrada para ser reutilizada en la descarga de los WC (codelco.com, 2014)”.

CAPITULO III DEL PROYECTO DE TITULO

1.1 TENDENCIA DE PRECIPITACIONES EN EL NORTE GRANDE DE CHILE

“Se analizan las tendencias de la precipitación en el Norte Grande de Chile mediante el test no paramétrico de Mann-Kendall y el test de Sen, lo que permite detectar, para las sesenta estaciones meteorológicas disponibles, la posibilidad de cambios decadales de la precipitación con significancia estadística ($p < 0,1$). Los resultados muestran que es el Altiplano la región donde se aprecia una reducción significativa de la precipitación anual entre 1972 y 2013. La zona de precordillera posee tendencias de incremento para Poroma y San Pedro de Atacama. El desierto costero no muestra tendencias significativas, lo que implica la mantención de las condiciones hiperbáricas. Estos resultados son comparables con las proyecciones de cambio climático a fines del siglo XXI. Se concluye la importancia de seguir monitoreando las tendencias, aumentar la densidad de estaciones a la vez que se mantienen las ya existentes” (Pablo Sarricolea, 2017).

Imagen N° 26: Tendencia de precipitaciones en el Norte Grande



Fuente: scielo.conicyt.cl

2.2 TRATAMIENTO TIPO EN CHILE PARA LA ZONA NORTE

Basándome en el ejemplo del sistema “**Barrel Sistem**” de Jordania se podría implementar este sistema perfectamente como alternativa en el Norte Grande de Chile, ya que en esta región del país las precipitaciones son de un porcentaje muy bajo sin contar la zona cordillerana, que precipita un poco más. Se estima entre los 10mm. a 30mm.de precipitación anual aproximadamente. Esto nos lleva a deducir que se puede reciclar las aguas grises en esta zona tan desértica, además de implantar este sistema de reciclaje a bajo costo, junto con esto también veremos la cantidad de árboles y áreas verdes que se pueden regar, ya que una vivienda de 5 personas podría reciclar hasta 750 litros/día. Esto quiere decir que se podría regar 85 m² de césped o 20 árboles al día.

Tabla N° 3: Consumo de Agua litros/día de Árboles y Césped

Vivienda/Cant. Personas	Reciclaje L/día	N.º de Árboles	M2 de Césped
5	750	20	-
5	750	-	85
5	750 mixto	10	42,5
3	450	12	-
3	450	-	51
3	450 mixto	6	25.5

Fuente: Elaboración propia en base a urnabios.com

1.2.1 IMPLEMENTAR EL SISTEMA 2 BARRILES EN EL NORTE DE CHILE

La idea de este proyecto es bastante rentable para viviendas de familias no muy numerosas, ya que contaría con la implementación de dos barriles plásticos de 160 a 200 litros, que se pueden encontrar en el mercado como nuevos o usados a un valor no tan costoso. También se necesitaría comprar una bomba centrífuga de 0.5 o 1. HP, también un flotador los cuales podemos encontrar en el mercado a un precio asequible y para finalizar tuberías y fittings de PVC los que podemos comprar en ferreterías y tiendas especializadas.

“Para este tratamiento necesitaríamos dos barriles plásticos de 160 o 200 litros cada uno. Luego se construye una torta con carbón activo de ozono, arena fina, arena gruesa y finalmente piedra chancada (Grava sílica de cuarzo o ripio). El agua residual con excepción de la del W.C., es desviada hasta el primer barril el cual produce sedimentación de sólidos y flotación de aceites, grasas y jabón. En una cañería de PVC de 50 mm; lleva esta agua clarificada desde la parte media del primer barril hasta el segundo, cuando se llena este un flotador permite que una pequeña bomba se active, posteriormente entregando el agua a una red de irrigación por goteo, cuando este flotador desciende a un nivel inferior deja de bombear. Este sistema es adecuado para viviendas con pequeñas familias. En la figura se muestra este tipo de sistema” (Murad Bino, INWRDAM, 2004).

Imagen N° 27: Sistema dos barriles o “Barrel Sistem”



Fuente: Imágenes Google

2.2.2 MEDIDOR DE NIVEL (Sensor)

Los sensores de nivel, o sensor de boya, son instrumentos que trabajan con un interruptor de contacto y un flotador magnético. El movimiento del flotador abre o cierra el contacto eléctrico. Con ellos se consiguen soluciones muy prácticas y de bajo coste para automatizar un proceso.

Su funcionamiento radica principalmente detectando el nivel del agua en un estanque, indicando mediante una señal on/off cuando ha alcanzado el nivel de llenado o vaciado.

Imagen N° 28: Sensor de Boya



Fuente: www.sodimac.cl

3.2.3 BOMBAS

Por principio, el objeto del bombeo del agua, o de un líquido bombeable, es su transporte de un punto a otro, generalmente desde una cota baja a otra más elevada, venciendo presiones y desniveles, mediante una máquina hidráulica llamada bomba (Hasta, 2004)

En el mercado pueden encontrarse una gama amplia de bombas siendo algunos los que se pueden clasificar de la siguiente manera:

- ✓ Alternativas: De Pistón, De émbolo y De Diafragma.
- ✓ Rotativas: Engranajes, Tornillo, paletas, Levas, Especiales.
- ✓ Centrifugas: Radiales, Diagonales, Axiales.

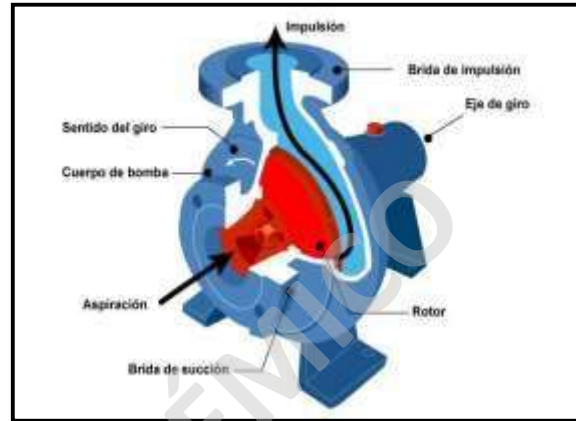
En las siguientes líneas se describe particularmente las bombas centrifugas.

En comparación a otros tipos de bombas, las cuales han sido descritas anteriormente, estas bombas centrifugas, pueden funcionar a velocidades elevadas y para una presión y caudal conocido. El fluido que es impulsado lo hace sin intermitencias.

Imagen N° 29: Bomba Centrifuga



Fuente: www.sodimac.cl



Fuente: imágenes Google

4.2.4 CAÑERIAS Y FITTINGS DE PVC

Tubos ranurados de policloruro de vinilo no plastificado (PVC), son los que disponen de perforaciones u orificios uniformemente distribuidos en su superficie, usados en el drenaje de suelo, como también para conducir el agua potable de las viviendas y sistemas de riego. El material básico para la fabricación de los tubos de P.V.C. será resina de policloruro de vinilo técnicamente pura, es decir con menos del 1% de sustancias extrañas.

Los fittings de este material son conexiones que ayudan a unir segmentos de cañerías o tuberías en instalaciones sanitarias o de agua potable. Los fittings, al igual que las tuberías, tienen una medida que corresponde a su diámetro, y que debe coincidir con el diámetro de la cañería donde se va conectar. Se puede medir en pulgadas o milímetros.

Hay fittings que tienen más de una medida, ya que sirven para conectar tuberías de diferentes diámetros.

Imagen N° 30: Cañerías y fittings de PVC



Fuente: Imágenes Google

5.2.5 BARRILES DE PLASTICO DE 160 O 200 LITROS

Tambor plástico de cuerpo color azul y tapa negra con capacidad para 220 lts. Especialmente diseñado para el contenido de productos sólidos o de alta viscosidad, de fácil limpieza gracias a su amplia apertura, resistente ante abolladuras. El carácter inerte de su estructura molecular no compromete el contenido del tambor incluso con productos altamente corrosivos.

Apto para contener alimentos según requisitos de la FDA.

Imagen N° 31: Barriles de Plástico de 200 litros



Fuente: www.superbidon.cl

6.2.6 DATOS TECNICOS DE LOS BARRILES PLASTICOS

Tabla N° 4: Datos Técnicos de Barriles Plásticos

Alto	960 mm. con tapa.
Diámetro	592 mm.
Volumen Nominal	220 lts.
Volumen Derrame	224,4 lts.
Llenado/Apertura	Tapa y aro.
Descarga/Cierre	Tapa y aro.
Apilamiento	2 unidades (base +1).
Precio	9,5 kg.
Aprobación	Calidad cumple con normativa FDA

Fuente: Elaboración propia en base a www.superbidon.cl

Tabla N° 5: Costo de Materiales Proyecto Piloto

ITEM	VALOR	IVA	TOTAL
Barril Plástico reutilizado de 200 litros	\$17.820	\$ 4.180	\$ 22.000
Bomba Centrifuga	\$ 48.592	\$ 11.398	\$ 59.990
Sensor o Flotador de boya	\$ 16.192	\$ 3.798	\$ 19.990
Cañería de PVC de 50 mm.	\$ 4.933	\$ 1.157	\$ 6.090
Fittings PVC de 50 mm.	\$ 8.100	\$ 1.900	\$ 10.000
Pegamento para PVC	\$ 2.422	\$ 568	\$ 2.990
Arena gruesa 25 kg	\$ 761	\$ 179	\$940
Grava 25 Kg	\$ 761	\$ 179	\$940
(*) Carbón Activo 25 kg	\$72.900	\$17.100	\$ 90.000
	\$ 172.481	\$ 40.459	\$ 212.940

Fuente: Elaboración propia en base a www.sodimac.cl (*)www.carbonactivo.cl

3.3 DISEÑO TRATAMIENTO Y MANEJO DE AGUAS GRISES

A continuación, veremos algunos sistemas constructivos, diseño y operación de los sistemas de aguas grises de riego para exterior. Esto incluye el uso del agua de la lavadora al jardín, sistema riego por gravedad y sistema de bombeo. Estos Sistemas están basados en la experiencia de la Costa Oeste de California EE.UU., un Paisaje similar al de nuestro país. Como ya sabemos los suministros de agua están en riesgo a nivel global, lo que no es menor dentro de nuestro país, con sequías que cada vez son más duraderas. El aumento del consumo hídrico que en algunas ciudades sobrepasa la disponibilidad de agua para las personas, agricultura y para riego ornamental. Esto debido muchas veces al cambio climático que repercute en las cuencas de los ríos y la sobreexplotación de estos produciendo una baja en el nivel freático del subsuelo lo que produce que los pozos de viviendas fuera de la urbe se sequen.

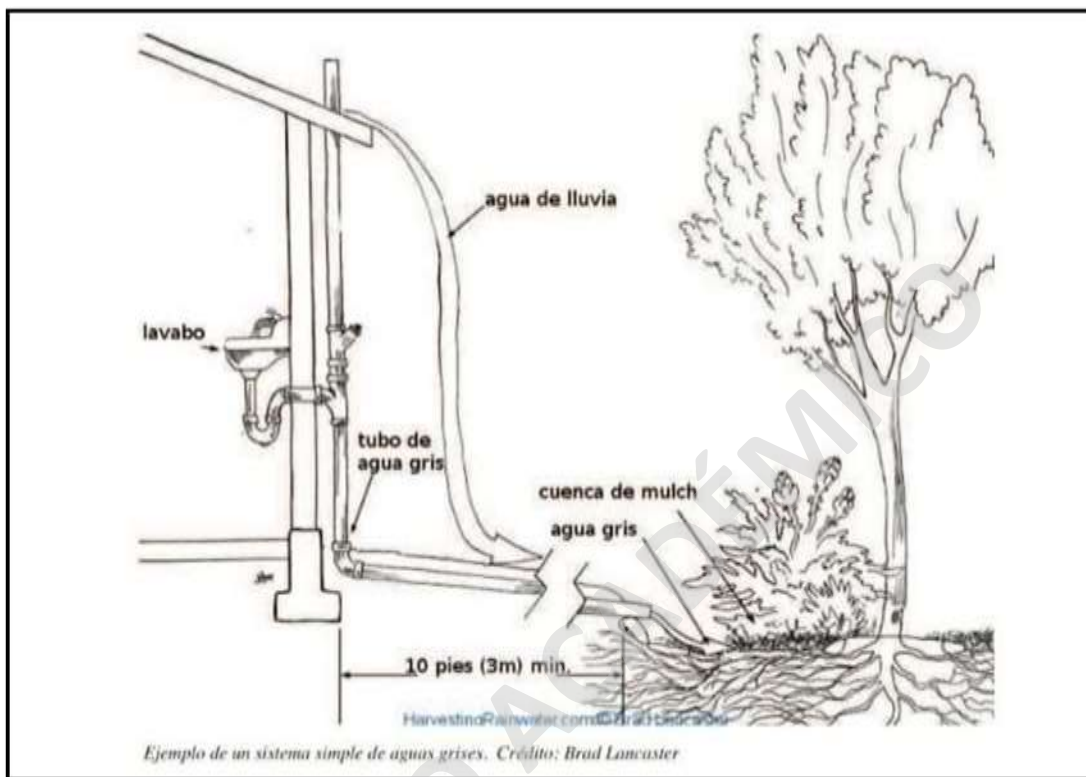
1.3.1 CONCEPTOS BASICO PARA MANEJO DE LAS AGUAS GRISES

- ✓ No almacenar estas aguas por más de 24 horas, ya que producen nutrientes que

tienen estas aguas los cuales empezarán a descomponerse y generarán malos olores.

- ✓ En lo posible no tener contacto con estas aguas. Las aguas grises pueden contener patógenos. Estos sistemas se deben construir para que el agua sea absorbida en el suelo y no esté al alcance de los animales ni del ser humano.
- ✓ Estas aguas se deben infiltrar en el suelo, nunca permitir que se estanque o corra libremente. Se debe estudiar la capacidad de absorción del suelo para diseñar un sistema para esas necesidades. Las aguas grises estancadas son un caldo de cultivo para mosquitos y otros agentes patógenos, lo que provocaría contacto con animales y personas.
- ✓ El mantenimiento es fundamental, si el sistema debe sencillo, ya que de esta forma será más duradero y la mantención más fácil, ya que gastan menos energía y cuestan menos. A tener consideración con lo anterior porque el sistema de bombeo y de filtrado requieren una mantención de manera constante.
- ✓ Se debe instalar una válvula de desvío en un lugar favorable, lo que permita un cambio de manera fácil entre el sistema de aguas grises, el drenaje o el sistema séptico.
- ✓ Calcula la cantidad de aguas grises a tus necesidades de riego de tus plantas, árboles o césped.

Imagen N° 32: Sistema Simple de Aguas Grises



Fuente: greywateraction.org

2.3.2 JABON PRODUCTOS Y CUIDADOS

Estas aguas deberían ser de buena calidad para el riego o también un peligro para las plantas. Todo depende de los productos y jabones que se utilizan dentro de la vivienda. Para mantener las plantas sin ningún problema, se debe evitar productos con las siguientes características:

- ✓ **Compuestos de sal y sodio:** las sales tienden a acumularse en el suelo y evitan que las plantas absorban agua, con el tiempo no hay crecimiento y esto provoca la muerte de las plantas.
- ✓ **Boro o bórax:** este es un tipo de microcomponente vegetal, que solo se debe utilizar la cantidad justa para la planta, ya que si absorbe más de lo necesario se convierte en una micotoxina y perjudica la planta. El boro no es tóxico para las personas, ya que es un componente común dentro de los detergentes ecológicos.

Para este sistema de reciclaje se debe evitar este tipo de detergentes o jabones que tengan boro.

- ✓ **Blanqueador a Base de Cloro:** estos productos a base de cloro matan los microorganismos del suelo y por ende dañan las plantas, no se recomienda para aguas grises. Como alternativa tenemos blanqueadores con peróxido de hidrogeno que son más ecológicos.
- ✓ **Evitar detergentes en polvo:** estos contienen cantidades elevadas de sodio, se recomienda usar detergentes líquidos y jabones ya mencionados, productos libres sodio.
- ✓ **Productos de limpieza:** como recomendación se debe utilizar productos a base de vinagres, no polvos blancos. Se puede utilizar si fuese necesario una limpieza profunda, cierra el sistema de aguas grises y ocupa un limpiador poderoso con base de sal.

3.3.3 PLANTAS COMPATIBLES CON AGUAS GRISES

No todas las plantas son ideales para este sistema riego, las plantas grandes tienen mayor ventaja en comparación con las más pequeñas. Los árboles o algún arbusto con un área de raíz extensa aguantan de mejor forma la oscilación de la cantidad de agua que reciben en comparación con las más pequeñas. Las de mayor tamaño necesitan más cantidad de agua que las pequeñas, por ende, se distribuye más fácilmente la cantidad de aguas grises. Si en el caso que sobrara aguas grises, se debe considerar plantar algo nuevo para no perder ese recurso. Se debe tener en cuenta que las áreas de césped y plantas pequeñas son más complicadas para este tipo de aguas, lo más recomendable serían arbustos, árboles frutales, enredaderas y tomates, ya que son más fáciles de regar con aguas grises. Todo tipo de árbol prospera frutales y no frutales con aguas grises, lo ideal es adaptar la especie al clima local.

4.3.4 PLANTAS DE HUMEDAL

Son plantas de desecho ecológico, requieren bastante cantidad agua de riego y no necesitan adecuarse al uso de agua en el jardín, se puede considerar sembrar plantas de humedal que andan muy bien con el agua y a la vez prosperan con riego frecuente y

abundante de aguas grises. Si el humedal está en el diseño de tu jardín, dale un poco de tus aguas grises. Es más fácil dirigir una porción de aguas grises para regar un humedal, que vaciar todas las aguas grises en él y luego regar otras plantas con el agua que fluye del humedal.

“Los humedales suelen usarse para procesar las aguas grises en lugares sin necesidades de riego u opciones sépticas o de drenaje, y en este diseño fluyen todas las aguas grises a través del humedal). Los humedales en los jardines traseros son propensos a obstruirse, lo que impide que las aguas grises salgan de ellos” (Allen, 2015).

Imagen N° 33: Colocación de Goteo para Árbol



Fuente: greywateraction.org

5.3.5 SISTEMA DE LA LAVADORA AL JARDIN (LAJ)

Este sistema fue inventado por el pionero de aguas grises Art Ludwig. Este sistema captura las aguas grises de la manguera que descarga la lavadora, así se reutiliza el agua de la vivienda sin alterar las tuberías existentes.

La manguera de descarga de tu lavadora está unida a una válvula de desvío que te permite fácilmente abrir o cerrar el sistema. Es importante poder cambiar el curso del agua hacia el drenaje en cualquier momento. Por ejemplo, si estás usando detergente, que podría dañar las plantas, o si el suelo está saturado en la temporada de lluvias dependiendo la zona del país. Las aguas grises son distribuidas a través de un ramal de riego de 3/4 pulgada (25 mm), con salidas que dirigen el agua a plantas específicas (Figura 3.14). Lo importante de este sistema que es de bajo costo, fácil de instalar y fácil de modificar si hubiese cambios a futuro en la vivienda o en diseño de tu jardín.

Tabla N° 6: Materiales para este Proyecto

ITEM
Codo 90° PVC 3/4 pulgada (25 mm)
Copla PVC 3/4 pulgada (25 mm)
Codo 45° PVC 3/4 pulgada (25 mm)
Copla dentada para manguera de polietileno 3/4" (25mm)
Pegamento para PVC.
Grapas de fijación (para césped)
Abrazaderas omegas de plástico

Fuente: Elaboración propia en base a greywateraction.org

Imagen N° 34: Identificación de Materiales para este Proyecto

<p>1 Válvula de desvío de 3 vías (de latón)</p>	
<p>2 Adaptador macho PVC 1 pulgada (25 mm)</p>	
<p>3 Adaptador inserción-rosca macho 1 pulgada (25 mm)</p>	
<p>4 Abrazadera para manguera</p>	
<p>5 Reductor de PVC 1 1/2" x 1" (40 x 25 mm)</p>	
<p>6 Adaptador hembra 1 1/2" PVC (40mm)</p>	
<p>7 Válvula de admisión de aire (dos tipos)</p>	
<p>8 T lisa PVC 1" (25mm)</p>	
<p>9 Adaptador dentado-liso de PVC 1" (25mm). En EE.UU. usamos un accesorio para conectar el tubo flexible al tubo de PVC directamente. Si no encuentras esta parte en tu zona, usa un adaptador hembra de 1 pulgada con otro adaptador de inserción-rosca macho de 1 pulgada (25 mm) (#3) para hacer esta conexión.</p>	
<p>10 T para manguera de riego (poly tubing) con reducción de 1 a 1/2 pulgada (25mm a 16mm)</p>	
<p>11 Llave de paso para manguera de 1/2 pulgada (16mm) (de paso integral)</p>	
<p>12 Tuerca unión PVC 1 pulgada (25 mm). Opcional: inserta una tuerca unión (también conocida como unión tres piezas) en la tubería para que puedas separar el tubo de la tubería principal.</p>	
<p>13 T dentada de 1 pulgada (25mm)</p>	
<p>14 Tubería de PVC de 1 pulgada (25mm) cédula 40</p>	
<p>15 Manguera de 1/2 pulgada (16mm)</p>	
<p>16 Manguera de polietileno de alta densidad de 1 pulgada (25mm)</p>	
<p>17 (opcional/para California) Caja de válvula para riego o cubierta de salida</p>	

Fuente: greywateraction.org

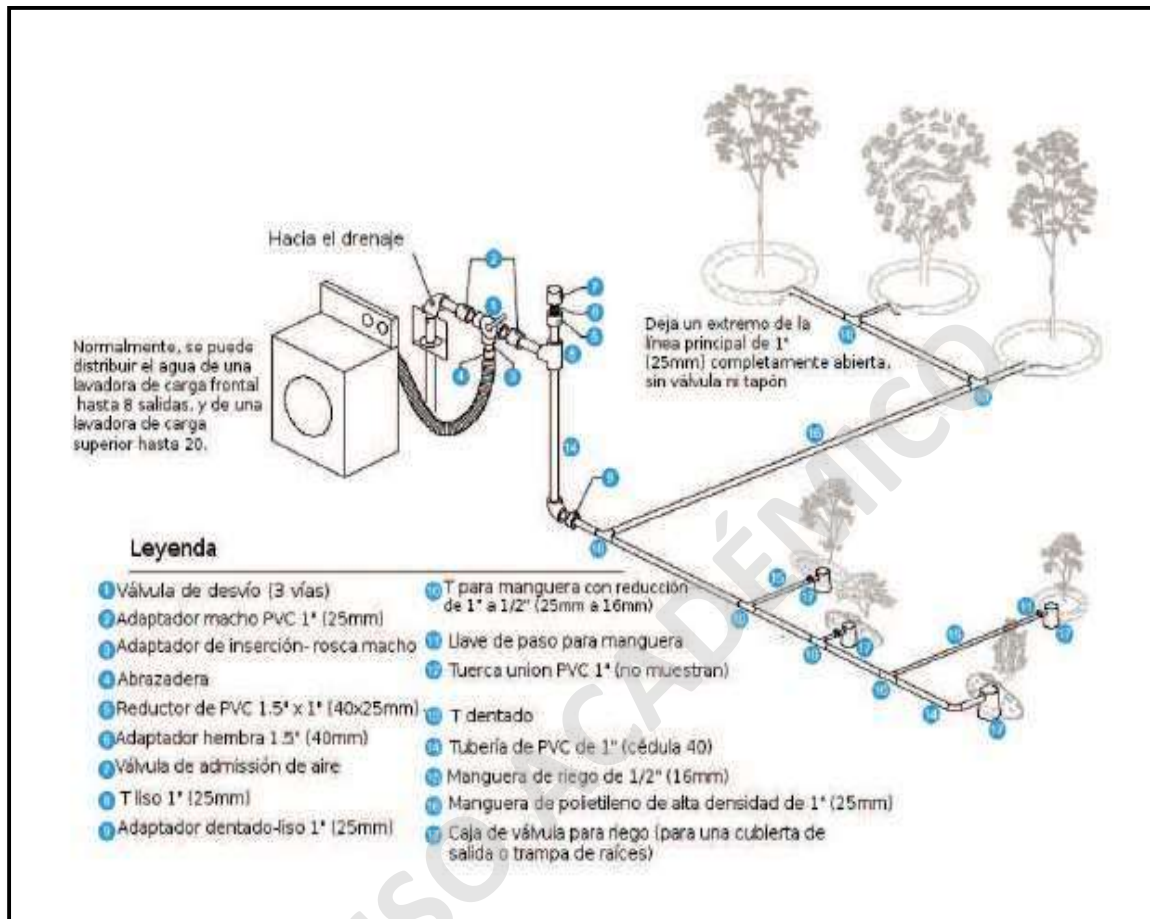
6.3.6 CONSTRUCCION DEL SISTEMA (LAJ)

El sistema LAJ (riego de la lavadora al jardín) es super sencillo, una persona que tenga nociones básicas de gasfitería lo puede construir en uno o dos días. Esto se debe ya que el sistema depende de la bomba interna de la lavadora para sacar el agua. Importancia relevante es entender que la bomba tiene limitaciones y no se debe sobrecargar su trabajo con este sistema de aguas grises.

Lo principal antes de construir este sistema es evaluar el terreno, tener en cuenta el área más cerca a la lavadora para regar. La bomba de la lavadora puede expulsar el agua directamente al jardín, lo importante es no hacerla trabajar en pendiente cuesta arriba, ya que la sobrecarga la podría dañar. Jardín con pendiente cuesta abajo se puede extender la manguera hasta donde nos alcance el caudal, no instalar en pendiente muy pronunciada, ya que por gravedad escurriría el agua rápidamente y riego no sería muy eficiente para la manguera de goteo. Siempre disponer la manguera de goteo en forma de “S” o zigzag para disminuir la velocidad del caudal de agua en pendiente. La mayoría de las lavadoras pueden bombear agua a una distancia de 15 m. Si la distancia es mayor podría provocar un daño a la bomba de la lavadora, como medida se solucionar esta situación sería elevar la lavadora para darle mucha más fuerza al sistema.

Este sistema no altera la tubería existente. Este sistema LAJ es recomendable para regar árboles, arbustos, matorrales, plantas perene y caducas. El nivel de dificultad no es muy alto, así que lo podría instalar el dueño de casa o un técnico del área. “El costo si varia ya que el propietario puede gastar entre US\$ 100 a 200 y el técnico costaría entre US\$ 1.000 a US\$ 2.000”. Referencia en USA

Imagen N° 35: Esquema General del Sistema de la Lavadora al Jardín (LAJ)



Fuente: greywateraction.org/manual

7.3.7 SISTEMA DE BOMBEO

El agua y la energía eléctrica tienen una conexión muy importante. Se necesita agua para producir electricidad y se necesita electricidad para llevar el agua potable presurizada a nuestros hogares, y luego para tratar las aguas residuales que salen del hogar, por medio de una planta de tratamiento de aguas residuales. Los sistemas de aguas grises por lo general necesitan un sistema de bombeo, ahora si evitamos el uso de la electricidad con sistemas más simples mejor sería, también tenemos sistemas fotovoltaicos que nos permiten generar energía limpia y sustentable. Un sistema de bombeo perfectamente podría hacer que las aguas grises suban una pendiente cuesta arriba para regar árboles y plantas. Las aguas grises deben llegar a una especie de estanque que lleva por nombre

cámara de compensación y de ahí se bombea hacia el jardín, no se debe almacenar las aguas grises por más de un día, ya que el agua gris tiene un mal olor. Esta cámara debe tener espacio suficiente para instalar la tubería para instalar una válvula de desvío y un contacto para la electricidad.

Imagen N° 36: Sistema de Bombeo



Fuente: greywateraction.org/manual

Estos sistemas de bombeo tienen mucha ventaja sobre los sistemas de flujo de gravedad, ya que pueden expulsar agua cuesta arriba, como también distribuir a mayor cantidad de plantas. También se puede combinar con los flujos de gravedad y así distribuye de mejor forma a todo el jardín. Tiene sus desventajas usan energía y por lo general se tiene que reemplazar la bomba cada 10 años aproximadamente. Se puede utilizar para riego por goteo, pero se tiene que invertir en un sistema de filtrado eficiente para las aguas grises y utilizar una manguera de goteo compatible para las aguas grises, ya que las impurezas y sedimentos de estas aguas tapan los góteros.

8.3.8 SISTEMA DE BOMBEO SIN FILTRACION

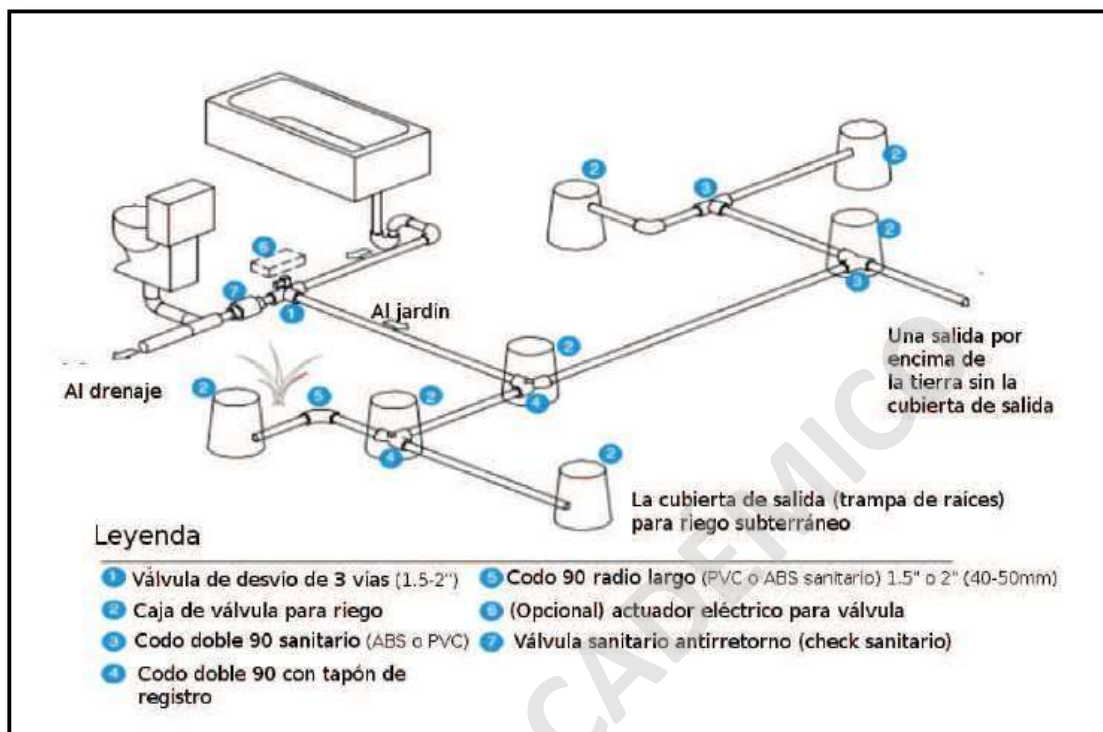
En un sistema de bombeo sin filtración, las aguas grises son dirigidas a la cámara de compensación, desde donde una bomba efluente con control e interruptor de flotador descarga el agua a través de la tubería hacia el jardín. Este sistema es mucho más barato y de instalación fácil, que incluye un filtro para el riego por goteo, pero menos eficiente para aprovechar el agua ya que sus salidas son de mayor tamaño.

9.3.9 SISTEMA DE FLUJO SIN GRAVEDAD

Este sistema transporta las aguas grises por gravedad hacia el jardín, también lo diseño Art Ludwig y se llama “branched drain system”. Este sistema generalmente se usa en lavamanos, duchas y flujos combinados. Se instala una válvula de desvío en la descarga de la cañería de aguas grises que se va a usar, por ejemplo, en duchas y lavamanos se conecta al tubo de drenaje que esta debajo del fittings de la cañería. Un lado de la válvula cañería de drenaje se reconecta a la cañería del drenaje que va hacia el alcantarillado o fosa séptica y el otro lado se conecta al sistema que va hacia el jardín. Las personas de la vivienda pueden controlar el flujo de las aguas grises girando la válvula, de forma manual o remota.

Se debe ocupar cañería de PVC de 40 o 50 mm. o cañería HDPE para llevar estas aguas grises a través del sistema.

Imagen N° 37: Sistema de Flujo por Gravedad



Fuente: greywateraction.org/manual

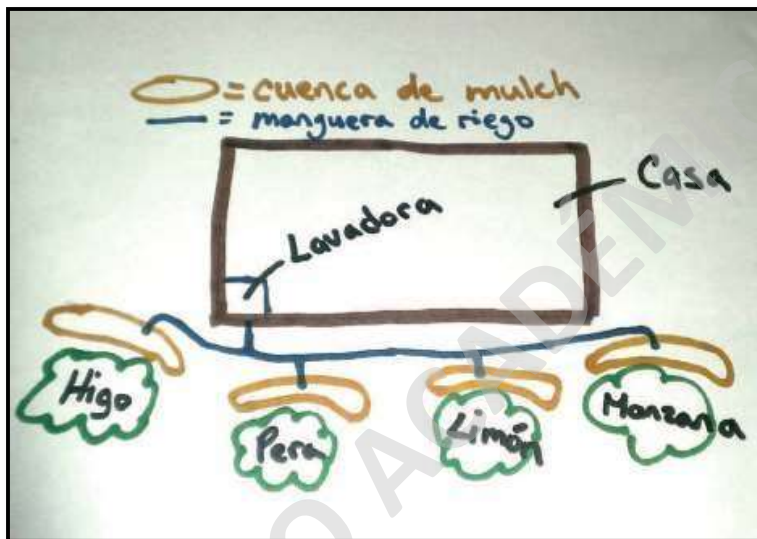
10.3.10 MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE AGUAS GRISES

A tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Qué tipo de jabones y detergentes se pueden usar
- ✓ Cuando debe apagarse el sistema
- ✓ Para cuántas aguas grises fue diseñado
- ✓ Requisitos de mantenimiento
- ✓ Consejos para afrontar dificultades básicas

“Plano del sistema acompañado de fotografías de la tubería antes de que la entierres; esto ayudará a que encuentres la manguera en un futuro en caso de que quieras modificar el sistema o de que planees hacer un trabajo en el jardín y no quieras dañar la manguera” (Allen, 2015).

Imagen N° 38: Ejemplo de un Sistema de Lavadora Jardín



Fuente: greywateraction.org/manual

CAPITULO IV DEL PROYECTO DE TITULO

4.1 FACTIBILIDAD DE RECICLAJE EN EDIFICIO EN ALTURA

En el país tenemos que tomar conciencia con respecto a reciclar las aguas grises, no hay muchos ejemplos de edificación en altura que reciclen estas aguas, ya que tenemos la idea de que el agua es eterna y no se va a acabar nunca, claro que no es cierto y debemos reutilizar los recursos de mejor manera. Es por estos que muchas oficinas de arquitectura ya tienen en sus proyectos reciclar las aguas grises, es de suma importancia que el estado subsidie estos proyectos para tener ciudades más sustentables. Tenemos algunos ejemplos concretos que ya están en funcionamiento.

4.1.1 CAMPUS BOUCHEF 851 FACULTAD DE INGENIERIA U. DE CHILE

El edificio de este campus se construyó en año 2014. La idea de su construcción fue plantear como foco la sustentabilidad. Las aguas grises a tratar para obtener agua con calidad apta para riego, provienen de 50 duchas y 34 lavamanos, correspondientes a los artefactos ubicados en los camarines de las instalaciones deportivas, ubicados en los subterráneos 3 y 4 del citado edificio.

La generación de aguas grises será en general discontinua y con altos caudales puntuales, debido a la concurrencia periódica a las duchas de los usuarios que realizan actividades deportivas.

El efluente de la planta de tratamiento del Proyecto Bicentenario Beauchef Poniente será utilizado para el riego de áreas verdes del campus universitario de la Escuela de Ingeniería, específicamente riego nocturno por aspersión para minimizar el contacto con las personas.

La planta de tratamiento de aguas grises (PTAG) está compuesta de una serie de estanques que realizan las distintas funciones necesarias para la depuración y almacenamiento de las

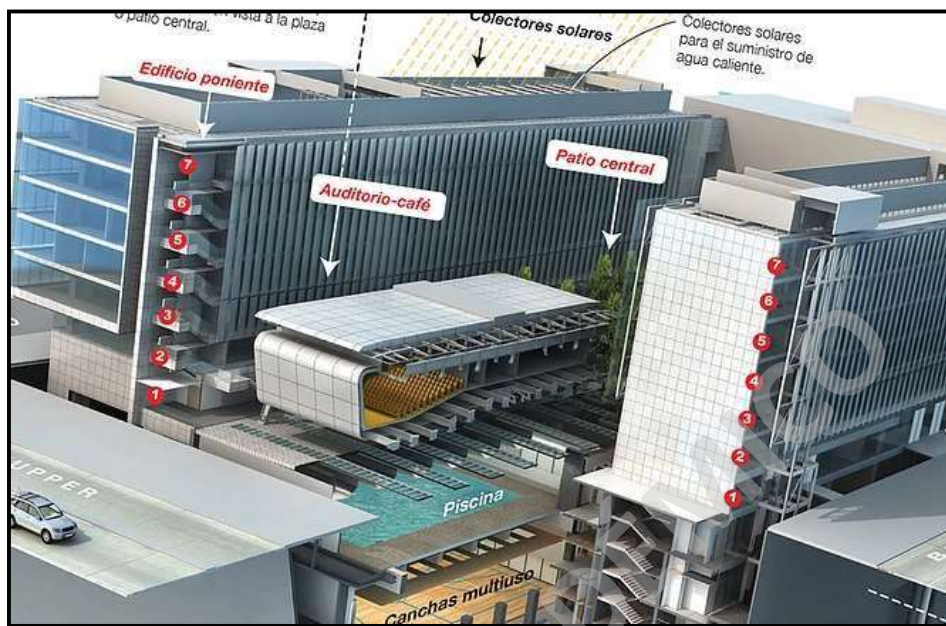
aguas. Estos estanques, así como la sala de equipos, se configuran como subdivisiones de un estanque rectangular de hormigón armado enterrado, del cual sólo sobresalen las tapas de registro o acceso a cada unidad.

La PTAG está conformada por:

- ✓ Estanque de ecualización: estos retienen caudales fluctuantes elevados; son diseñados para controlar el caudal del influente para que los procesos secundarios y terciarios reciben un caudal consistente.
- ✓ Tratamiento biológico: es un reactor y sedimentador secundario: La función del sedimentador secundario es la de separar los lodos activados del líquido- mezcla. Esta separación de sólidos es el último paso, antes de la descarga requerida para la producción de un efluente estable, bien clarificado, y con bajo contenido en DBO, DQO y sólidos totales.
- ✓ Filtrado: están destinados para filtrar y recuperar los fluidos de corte. El líquido es conducido hasta un difusor desde el que se distribuye sobre un tejido filtrante que retiene las partículas que contiene dicho fluido.
- ✓ Desinfección: existen equipos de ultravioleta que funcionan a través de la utilización de radiación mediante lámparas de silicio cuarzo y los equipos de ozono se utiliza la energía eléctrica para forzar partículas de oxígeno en el estándar de ozono que después se disuelve en el agua.
- ✓ Estanque de riego: consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro que necesitan favoreciendo así su crecimiento, se utiliza en la agricultura y en jardinería.
- ✓ Sala de equipos: donde se encuentran todos los equipos de automatización Funciona por impulsos eléctricos y donde conectan el programa de riego tecnificado donde se reutilizan las aguas grises.

Hay que tener en cuenta como información muy interesante de analizar, que este proyecto de reutilización de aguas grises, se concibió y construyó la planta antes de existiera una ley que regularizara este tipo de instalaciones.

Imagen N° 39: Edificio Bouchef 851 Escuela De Ingeniería U. de Chile



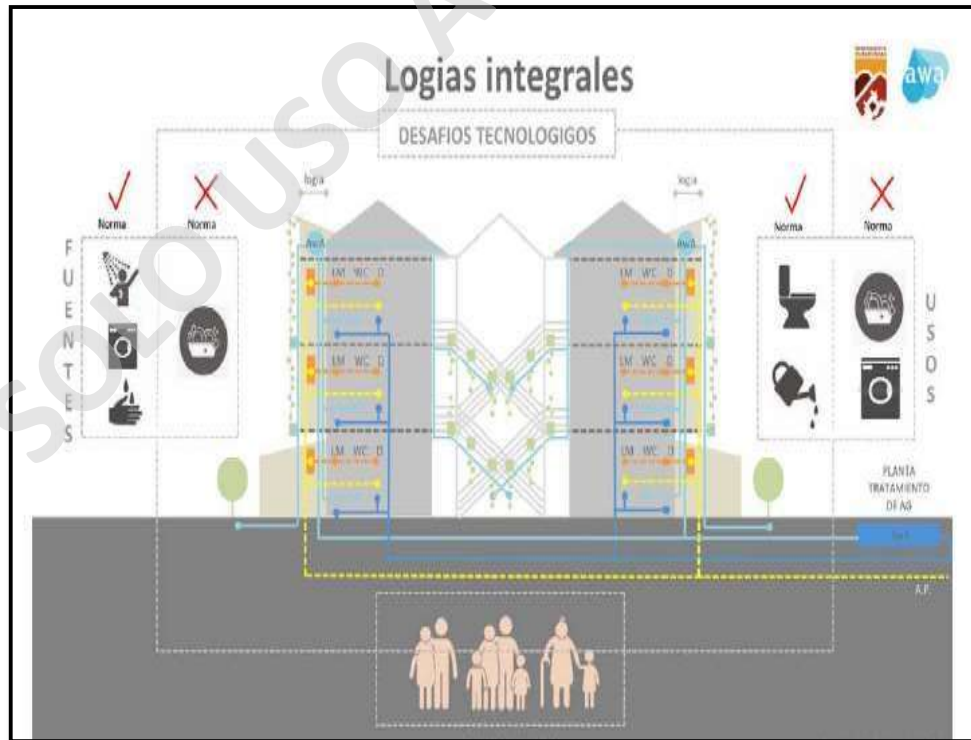
Fuente: fcfm.uchile.cl

4.1.2 PROYECTO PILOTO PARA CONDOMINIOS SOCIALES EN ALTURA HUECHURABA

Con la idea de la sustentabilidad y la reutilización de aguas grises comunitarias, la consultora AWA ha iniciado un proyecto en la comuna de Huechuraba en condominios sociales en altura. Esta idea nace con la coyuntura de la nueva ley que regula las aguas grises, justamente cuando hay incentivos del Programa de Mejoramiento de Viviendas Sociales del Ministerio de Vivienda y Urbanismo que pueden apoyar este tipo de proyectos. En el caso expuesto, la Municipalidad de Huechuraba había identificado la necesidad de reposición de instalaciones sanitarias en el condominio El Bosque. Con su idea de avanzar en soluciones para el uso de aguas grises, el equipo de AWA encontró aquí una oportunidad para abordar este recurso hoy desaprovechado y, de paso, hacerlo a través de proyectos que permitan mejorar las condiciones integrales de las viviendas sociales y su entorno, elevar la calidad de vida de sus moradores y generar ahorros en el consumo de agua potable. La experiencia, que se encuentra en etapa de diseño, se desarrolla en 144 viviendas y beneficiará a 466 habitantes, a través de un trabajo conjunto con el municipio y considerando instancias participativas con la comunidad. Se generaron dos proyectos para llegar a la solución definitiva.

“Primero, el proyecto **Escaleras Integrales**, que ubicaba el estanque en una plataforma al centro del módulo H, en el último piso, y el segundo (que fue la opción definitiva), **Logias Integrales**, que ubica los estanques en cada bloque y privilegia al aumento de espacios de logia, respondiendo a ciertas necesidades detectadas en la comunidad. El tratamiento de las aguas se realiza a través de planta de lodo con aireación extendida y el almacenamiento a nivel de los estanques en el último piso. La solución no solo contempla separar y mejorar las redes sanitarias para aprovechar las aguas grises provenientes de duchas, lavamanos y lavadoras de ropa para su reúso en estanques de WC y riego de áreas verdes de espacios comunes, sino también mejora la infraestructura de los edificios (escaleras y cubiertas, espacios para logias) y el entorno (áreas verdes), además de abordar soluciones, por ejemplo, para cálifonts instalados de forma irregular en las viviendas. El volumen logia actúa de soporte al estanque y para sistemas ventilación de los cálifonts (Aidis, Revista, 2017, pág. 16)”.

Imagen N° 40: Proyecto Piloto de Vivienda Social de Reciclaje en Altura



Fuente: www.aidis.cl

4.2 IMPLEMENTACION DE RECICLAJE EN EDIFICIO EN ALTURA

4.2.1 SISTEMAS PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES

El tratamiento de aguas grises puede ser doméstico o industrial. Básicamente, el procedimiento es en ambos casos el mismo, y sólo varía el volumen del agua tratada. Para poder tratar las aguas grises es necesario que el edificio disponga de dos sistemas hidráulicos independientes: por un lado, el de las aguas grises, es decir, el de las aguas que proceden de los lavabos y las duchas y baños, y por otro lado el resto de los desagües de la casa. Por este motivo, lo mejor para optimizar la amortización del sistema es planificar la inclusión de un sistema de aguas grises ya cuando se está planificando la construcción de la casa. Estas aguas son recogidas y enviadas al sistema de tratamiento de aguas grises donde pasa por una serie de filtros y procedimientos. Posteriormente, el agua tratada puede ser aplicada a variados de usos.

4.2.1.1 ECOSTEP PRO PLANTA DE REUTILIZACION DE AGUAS GRISES

El conjunto Ecostep está diseñado para tratar y reutilizar las aguas grises domesticas provenientes de duchas y bañeras en la descarga de inodoros, riego de jardines. El sistema de reutilización de aguas grises, es un reclamo medioambiental muy importante. Consigue un ahorro en consumo de agua potable de hasta el 80%, dependiendo de la tipología de la instalación. Por ningún motivo debe ser para el consumo humano.

El equipo Ecostep se instala en interior de edificios protegido de la intemperie, y los depósitos pueden ser instalados tanto enterrados como en superficie, interior o exterior de edificios. Estos almacenan por un lado las aguas grises brutas y por otro lado las aguas ya tratadas listas para su uso, luego son conducidas hacia los WC si lo incluyera el proyecto, al riego o al lavado de vehículos. El tratamiento es físico-Químico. Realiza la oxidación, floculación y desinfección previa microfiltración. Ideales para colectividades, hoteles, complejos de ocio y deportivos, piscinas y campings.

4.2.1.2 PROCESO Y FUNCIONAMIENTO

- ✓ El agua tras pasar por un prefiltros de sólidos gruesos es acumulada en un depósito (o varios interconectados).
- ✓ La planta regeneradora envía el agua bruta al filtro previa adición de reactivos.
- ✓ El agua desinfectada y filtrada, se colorea (opcional) y se acumula en un depósito de aguas tratadas del que se abastece un grupo de presión para la distribución a la red.

4.2.1.3 DIMENSIONES DEL BASTIDOR INOXIDABLE

Tabla N° 7: Dimensiones de Equipos Ecosep

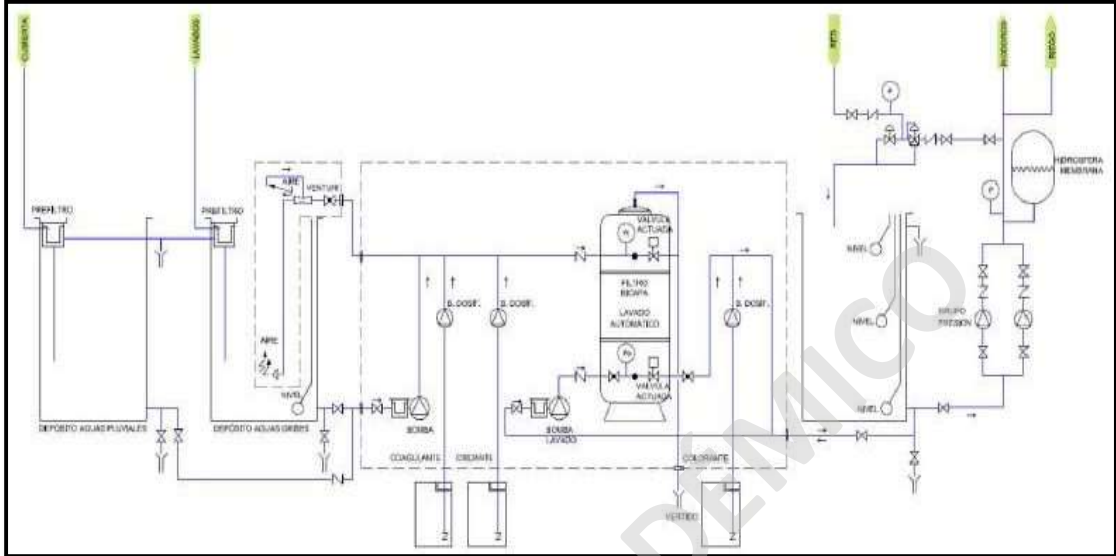
Longitud máxima	1.750 mm
Anchura máxima	725 mm
Altura máxima	1.500 mm
Peso aprox.	420 kg

Fuente: plataformaarquitectura.cl

4.2.1.4 ESQUEMA DE PROCESO

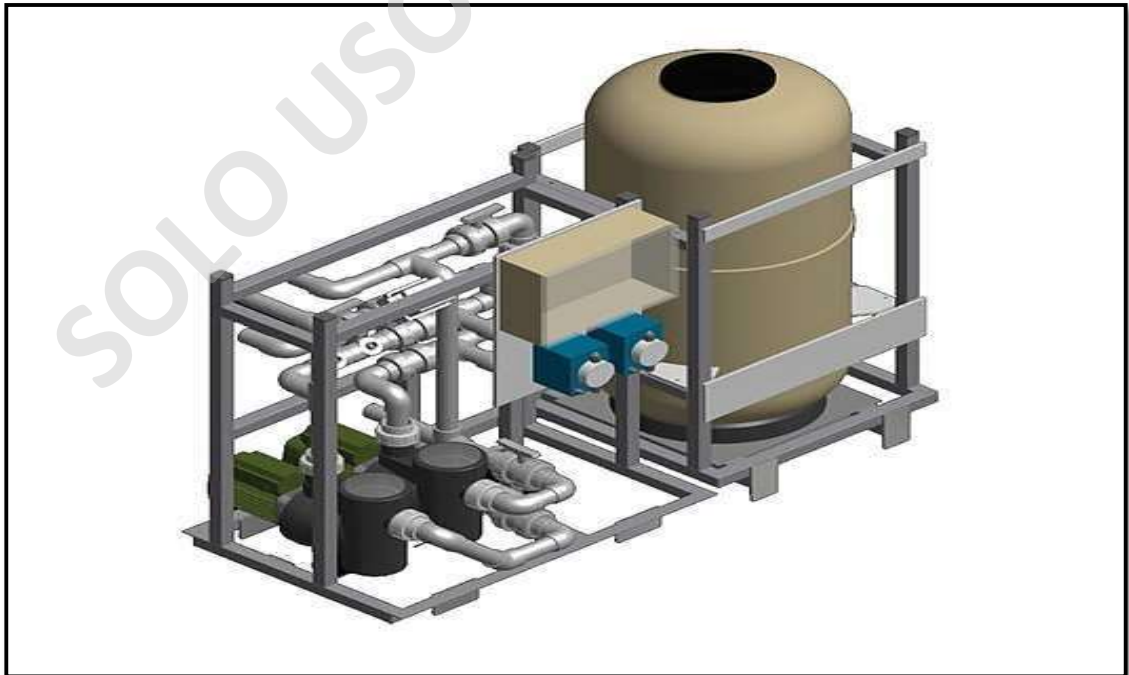
Los equipos se suministran montados en un bastidor de acero inoxidable, incluyendo puntos de conexión de entrada, de salida y de vertido. Los depósitos de almacenamiento de aguas brutas y de aguas tratadas, así como el grupo de presión se dimensionan por separado.

Imagen N° 41: Esquema de Procesos



Fuente: plataformaarquitectura.cl

Imagen N° 42: Sistema Ecostep Pro



Fuente: plataformaarquitectura.cl

4.2.1.5 VENTAJAS Y MANTENIMIENTO

- ✓ Ahorro importante del consumo de agua.
- ✓ Rápida amortización del equipo. En equipos industriales (colectividades) puede ser inferior al año.
- ✓ Compromiso con el medio ambiente.
- ✓ Bajo consumo eléctrico o Consumo Total previsto: 0,57 kWh
- ✓ El equipo puede disponer (opcional) de un dispositivo que abastece de agua de red a la vivienda en caso de falta de aporte de caudal de aguas grises.
- ✓ Fácil mantenimiento. El lecho filtrante es autolimpiable.
- ✓ El depósito de almacenamiento de aguas grises dispone de un sistema de rebose en caso de llenado excesivo.
- ✓ El equipo se suministra con un armario eléctrico que incluye todo el sistema antes mencionado. Fácil instalación y discreto.
- ✓ Parte del agua tratada se desvía a dispositivo de mezcla con aire al depósito de agua sin tratar para evitar olores indeseables (opcional).

La empresa Anwo presenta las técnicas e instalaciones para el ahorro y la reutilización de aguas grises y pluviales. Estos sistemas de infraestructura hidráulica son utilizados para el riego de jardines, descargas de inodoros y lavados de autos.

Imagen N° 43: Esquema de Reutilización de Aguas Grises en altura



Fuente: plataformaarquitectura.cl

4.2.2 MBR REUTILIZACION DE AGUAS GRISES

Compuesto por un biorreactor de membrana por ultrafiltración. Ideales para viviendas, pequeños hoteles, oficinas, edificios de menor envergadura.

4.2.2.1 CARACTERISTICAS Y VENTAJAS

- ✓ Retención de toda la materia particulada.
- ✓ Desinfección del agua tratada.
- ✓ Retención de parte del sustrato coloidal por parte de la membrana, lo que permite mayor tiempo de contacto e hidrólisis.
- ✓ Elevadas edades del fango y desarrollo de especies de crecimiento lento (nitrificantes).

Imagen N° 44: Equipo de Reutilización de Aguas Grises MBR



Fuente: plataformaarquitectura.cl

En el mercado ya existen variados equipos y componentes para implementar estos sistemas de reciclaje de aguas grises solo falta invertir más en sustentabilidad, de igual forma tenemos una ley N° 21.075 (ver capítulo 2 pág.17) que nos dice cómo comportarnos con el tratamiento de aguas grises, son pocas las empresas que se dedican a estos procesos, así que el mercado de estos productos tiene mucho potencial. Lo lamentable de todo esto, es que el gobierno no subsidia muchos de estos proyectos.

SOLO USO ACADÉMICO

CONCLUSIONES

De acuerdo a estudios a nivel global del agua que se ocupa en una vivienda, el de aguas grises es alrededor de 60% a 70% aproximadamente, es un porcentaje importante que desechamos al alcantarillado. Podemos reciclar estas aguas y darle un uso eficiente, ya que se pueden destinar a distintos usos; aguas para estanques de WC, para piletas ornamentales, riego de frutales, lavado de auto y riego de áreas verdes.

De acuerdo a esta investigación cada vez requerimos de más agua, ya sea por aumento de la población o por el llamado cambio climático. En muchos casos estas aguas grises son ocupadas sin ningún tipo de tratamiento, lo que no se debe hacer por la cantidad de patógenos que trae. A nivel nacional esto no está permitido por la nueva ley N° 21.075 que entró en vigencia el año 2018. Según la ley regula toda esta nueva forma de reutilizar las aguas, que permite reutilizarlas solo en áreas verdes sin sistema de aspersión, riego nocturno, señalizado y con advertencia para que las personas sepan que es agua reutilizada, lo mismo para las piletas ornamentales que no tengan contacto con las personas y al igual que el riego de áreas verdes debiese ser nocturno. Para riego Agrícola solo se recomienda para árboles frutales y ornamentales, arbustos, pero no para plantas a nivel de suelo.

En Santiago de Chile se reutiliza la mayoría de las aguas servidas, siendo uno de los principales países de Latinoamérica que dedica a tratar las aguas cloacales las que después las devuelven a la cueca del Río Mapocho para ocuparlas en la agricultura. Esto es por un tema económico nos cobran a todos por este servicio, Pero no hay una conciencia de los habitantes por el tema de reciclaje de aguas grises. Las nuevas generaciones están más al tanto y tiene mucha más conciencia por la sustentabilidad, en los colegios sobre todos los rurales investigan y crean sus propios sistemas de reutilización, los que ocupan recuperando el agua de las duchas y lavamanos para regar sus áreas verdes y árboles.

El gobierno está un poco alejado de estos temas, si bien tenemos una ley no subsidia proyectos que reutilizan aguas grises. Debe ser por el tema de nuestra cuenca hídrica, pero el recurso del agua no es eterno si no lo ocupamos de buena forma. Hay que entender que todo tiene una huella si desperdiciamos estos recursos por no invertir en tecnología no nos desarrollaremos como personas con una conciencia verde que es lo que viene con las nuevas generaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aidis, Revista. (Julio de 2017). *www.aidis.cl*. Obtenido de CAPÍTULO CHILENO DE LA ASOCIACIÓN INTERAMERICANA DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL: <http://www.aidis.cl/>
- Allen, L. (Abril de 2015). *Manual de diseño para aguas grise para riego exterior*. Obtenido de greywateraction.org: <https://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>
- Ambiente, Ministerio del Medio. (26 de Mayo de 2016). *mma.gob.cl*. Obtenido de En Monte Patria escuela El Palqui recicla aguas grises: <https://mma.gob.cl/en-monte-patria-escuela-el-palqui-recicla-aguas-grises/>
- codelco.com. (17 de Noviembre de 2014). *www.codelco.com*. Obtenido de Iniciativa forma parte del Convenio Escuelas Sustentables: <https://www.codelco.com/codexverde>.
- codexverde. (7 de Noviembre de 2019). *codexverde.cl*. Obtenido de Escuela de Cerro Navia reutiliza 1.500 litros de agua a partir de tratamiento con ozono: <https://codexverde.cl/>
- CS, R. I. (25 de Junio de 2013). *El tesoro azul de Singapur: "NEWater" proviene de aguas residuales recicladas*. Obtenido de DW: <https://www.dw.com/es/el-tesoro-azul-de-singapur-newater-proviene-de-aguas-residuales-recicladas/a-16904039>
- Día, E. E. (20 de Marzo de 2019). *www.diarioeldia.cl*. Obtenido de Nueve establecimientos educacionales de la zona reutilizarán agua residual para riego: <http://www.diarioeldia.cl/>
- EFE, Redacion. (7 de junio de 2014). *El reciclaje de las aguas residuales será el futuro sostenible de Singapur*. Obtenido de EFE verde: <https://www.efeverde.com/noticias/el-reciclaje-de-las-aguas-residuales-sera-el-futuro-sostenible-de-singapur/>
- Geraldine Pflieger/Revista Eure, V. X.-1. (Diciembre de 2008). *Historia de la universalización del acceso al agua y alcantarillado en Santiago de Chile (1970-1995)*. Obtenido de Scielo: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612008000300007
- Günther, F. (30 de Septiembre de 1995). *Purificación de aguas grises de base biológica parque humedo Kalmar*. Obtenido de Pagina web de Folke Günther: <http://www.holon.se/folke/projects/vatpark/Kth/guntha.shtml>
- Milesi, O. (23 de Noviembre de 2020). *IPS*. Obtenido de Escuelas chilenas reciclan aguas grises para mitigar la sequía: <http://www.ipsnoticias.net/>
- Pablo Sarricolea, O. M.-A. (06 de Julio de 2017). *TENDENCIAS DE LA PRECIPITACIÓN EN EL NORTE GRANDE DE CHILE Y SU RELACIÓN CON LAS PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO*. Obtenido de scielo.con.
- Wikipedia. (20 de Mayo de 2015). *es.wikipedia.org*. Obtenido de Tratamiento de aguas residuales: https://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales
- (Zhu 1998, Maehlum y Stalnacke,1999; obtenido de GTZ 203). *2º Simposio Internacional de Saneamiento Ecológico*.

ANEXOS

ANEXO A: ALTERNATIVA COMPLEMENTARIA EN EL MERCADO NACIONAL DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

A.1 ENERGÍA ON

Esta compañía es una empresa de ingeniería, dedicada a la representación de empresas que provean tecnologías sustentables, innovadoras y económicamente eficientes para la industria nacional, son representantes de la empresa americana Power Knot, que desarrolla y fabrica Digestores de residuos orgánicos con salida líquida.

También trabajan con la empresa australiana AWWA especialista en recuperación y reutilización de aguas grises. Junto con estas empresas, tienen varias representaciones de equipos y accesorios para el tratamiento del agua, filtros mecánicos, biológicos y de Ozono, calefactores en línea y trituradores.

A.1.1 AGUAS GRISES-CONFIGURACIONES BÁSICAS

A.1.1.1 ETAPA 1

- ✓ El primer paso para instalar su Sistema de Tratamiento y Recuperación de Aguas Grises es tenerlas separadas de las aguas Negras.

- ✓ Luego, se debe seleccionar el filtro primario en función a sus requerimientos y presupuesto: OP1 u OP2.

- ✓ Si ya tiene su red de riego sub o semisubterránea para ser usadas con Aguas Grises (RSAG), ya puede comenzar a filtrar y propulsar las aguas grises a su red de riego.

A.1.1.2 ETAPA 2

- ✓ Si no tiene su RSAG, requiere diseñarlo en función de la geometría del área, tipo de vegetación, cantidad de aguas grises generadas, así como otras consideraciones.
- ✓ luego comprar la cantidad de rollos de manguera perforada para irrigación subterránea, de aguas grises.

A.1.1.3 ETAPA 3

- ✓ Si usted no quiere hacer irrigación subterránea, para utilizar las aguas grises en riego en superficie, lavado de auto, preparación de mezcla o cualquier otra aplicación no potable, se requiere realizar un tratamiento secundario.
- ✓ Esto se requiere para eliminar los patógenos que rápidamente se reproducen en. Considerando lo anterior, se debe seleccionar el método de oxidación, entre cloro y ozono: OP4 u OP5.
- ✓ Con el filtro primario y método de oxidación seleccionado, ya está en condiciones de comenzar a tratar y utilizar las aguas grises en su hogar.
- ✓ En todo caso, por favor contáctenos, para entregarle información respecto al cumplimiento de la normativa chilena de aguas grises, así como en el caso de llenado de WC.

A1.2 EQUIPOS Y COMPONENTES

A1.2.1 EZ GREY

- ✓ Equipo básico
- ✓ Limpieza de filtro manual
- ✓ Bomba para hasta 3.000 litros al día
- ✓ No tiene opcionales
- ✓ No requiere cámara
- ✓ Para aplicaciones domiciliarias

A1.2.2 GREY FLOW PS

- ✓ Equipo Industrial
- ✓ Limpieza manual o automática
- ✓ Acepta bombas de mayor capacidad
- ✓ Equipo para instalación bajo tierra
- ✓ La estructura del filtro se utiliza como
- ✓ cámara de aguas grises, por lo que no se
- ✓ requiere una de cemento.
- ✓ Aplicaciones industriales

A1.2.3 CLORO

- ✓ Elimina los patógenos de las aguas.
- ✓ No elimina olores, no es ecológico.
- ✓ Daña las plantas, hay costo mensual.

A1.2.4 OZONO

- ✓ Elimina los patógenos de las aguas.
- ✓ Elimina los olores y es 100% ecológico.
- ✓ Beneficia las plantas y no hay costo
- ✓ mensual.
- ✓ Mejora la calidad del agua de salida

SOLO USO ACADÉMICO