



EVALUCION, FACTIBILIDAD E IMPLENTACION DEL RECICLAJE DE AGUAS GRISES EN UNA EDIFICACION EN ALTURA

Proyecto de Título para Optar al Título de Constructor Civil

Autor: Francisco Ibarra González

Profesor: Leonardo Álvarez Ramírez

Marzo 2021

OBJETIVOS

SOLO USO ACADÉMICO

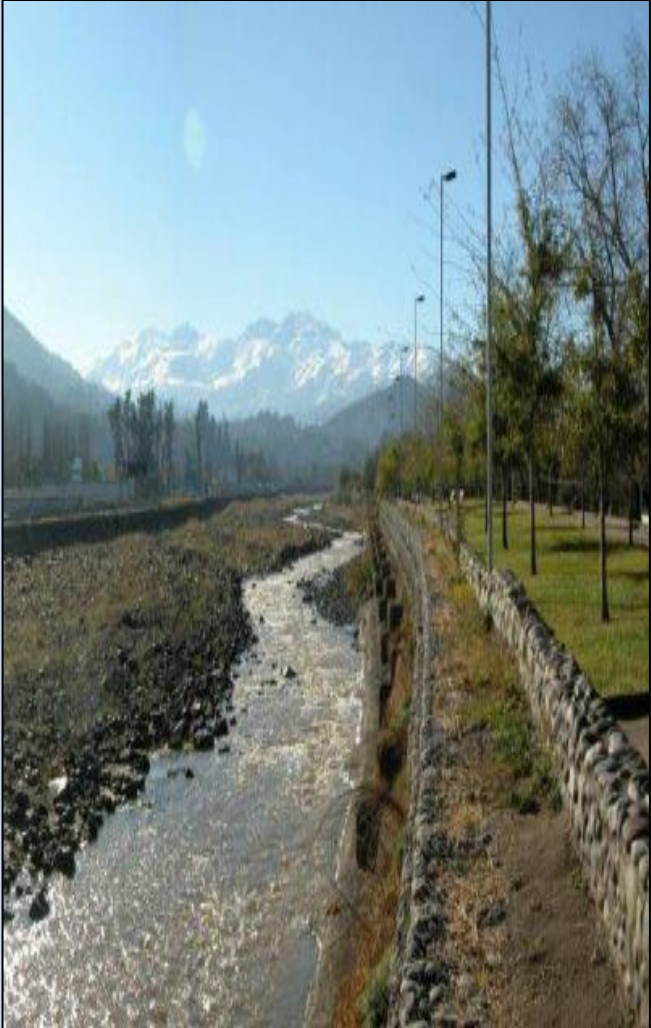
OBJETIVO GENERAL

- ✓ Analizar la evaluación, factibilidad e implementación del reciclaje de aguas grises en una edificación en altura o conjunto habitacional

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Determinar los distintos tipos de aguas servidas que se pueden reutilizar.
- ✓ Identificar las acciones gubernamentales 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 de aguas grises en edificio en altura a nivel nacional.

GENERALIDAD



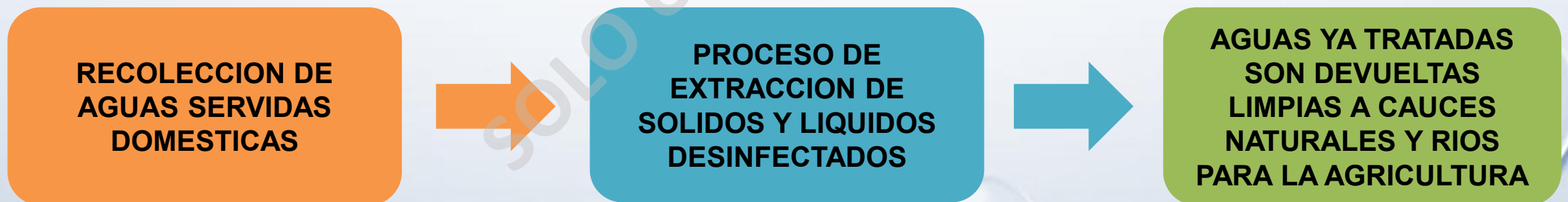
- ✓ Si bien, Chile tiene disponibilidad de agua a nivel global, se considera un país privilegiado en recursos hídricos. La escorrentía media total es aprox. de 51.281 m³/ pers./año según la DGA (2016), mayor al a media mundial 6.600 m³/ pers./año y muy superior al umbral de desarrollo sostenible, 2.000 m³/ pers./año, esto según el Banco Mundial.
- ✓ A nivel nacional las condiciones varían significativamente desde la Región Metropolitana hacia el norte, la escorrentía per cápita esta por debajo de 500 m³/ pers./año; y desde la Región de O'Higgins hacia el sur supera los 7.000 m³/ pers./año, llegando a un valor de 2.950.168 m³ en la Región de Aysén, DGA (2016). Esto no quiere decir, que no nos afecte el cambio climático, llevamos 20 años de sequia y el año 2019 fue el mas seco de los últimas 2 décadas.
- ✓ Tenemos una legislación vigente desde el año 2018, la cual sienta las bases para el diseño y la reutilización de aguas grises.
- ✓ El uso del agua ha ido aumentando en todo el mundo aproximadamente un 1% por año desde la década de 1980 según la ONU. Este aumento constante se ha debido principalmente a la creciente demanda en los países en desarrollo y en las economías emergentes.

AGUAS SERVIDAS

- ✓ Son las aguas residuales domesticas y que son el resultado de las actividades cotidianas de las personas. Estas son eliminadas a través de los lavaplatos, artefactos sanitarios, etc. Estas contienen gran cantidad de gérmenes, lo que obliga a evacuarlas de forma segura para las personas y el medio ambiente.

La recolección es a través del sistema de alcantarillado publico, que se compone de uniones domiciliarias y tuberías de desagüe las que desembocan en los colectores, los que están a mayor profundidad en el suelo.

ESQUEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS RECOLECTADAS



Saneamiento mejorado (% de población en Latinoamérica)

Chile cuenta con agua potable en un 100 % en zona urbana y 91 % en zona rural con total 99% de la población, lo que lo ubica en el N.º 1 de la Región según la OMS-UNICEF (2015).

AGUAS GRISES

AGUAS NEGRAS



- ✓ Son las aguas residuales que proceden de duchas, lavamanos y lavaderos estas presentan bajo contenido de materia fecal.
- ✓ Están compuestas por materia orgánica e inorgánica y microorganismos. A diferencia de las aguas negras domesticas, estas presentan baja carga orgánica y una contaminación microbiológica menor.
- ✓ Una vez recicladas, puede sustituir el agua de consumo humano en algunos usos comunes como: recargas de WC, riego de áreas verdes, piletas ornamentales, etc.

- ✓ Las aguas negras son líquidos contaminados, Wc, Ur, Bd, Lp y necesitan sistemas de canalización y tratamiento para cumplir con la normativa vigente.
- ✓ Se denominan como aguas residuales, aguas de alcantarillado o aguas servidas. Estas aguas contienen sustancias residuales que son parte de estos líquidos cloacales disueltos, suspendidos o intermedio denominado coloidal.
- ✓ La presencia de organismos patógenos en estas aguas son muy peligrosos, ya que producen muchas enfermedades como: fiebre tifoidea, disentería, colera, entre otras.

CARACTERISTICAS BACTERIOLIGICAS DE LAS AGUAS SERVIDAS

La importancia de tratar las aguas residuales o servidas, es la eliminación de todos los agentes patógenos de origen humano y así evitar una contaminación biológica al cortar el ciclo epidemiológico de transmisión. Entre otros, tenemos:

- ✓ **Coliformes totales:** grupo de especies bacterianas con ciertas características bioquímicas en común e importancia como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.
- ✓ **Coliformes fecales:** *escherichia coli* es una bacteria de la familia de las enterobacterias y forma parte de microbiota del tracto gastrointestinal de los animales homeotermos (ser humano).
- ✓ **Salmonela:** de la familia enterobacteriácea, constituyen un grupo importante de patógenos para animales y humanos
- ✓ **Virus:** agente infeccioso microscópico celular que solo se puede replicar dentro de las células de otros organismos. Están constituidos por genes con ácidos nucleicos que forman moléculas largas de ADN o ARN rodeadas de proteínas.

NORMATVA RECICLAJE DE AGUAS GRISES

LEY 21075

2018



NORMATIVA VIGENTE EN CHILE

- ✓ Regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises, del Ministerio de Obras Públicas. Con fecha de publicación 15 de febrero 2018.
- ✓ Esta ley contempla 14 artículos y un artículo transitorio.

El destino para las aguas grises tratadas podrán ser:

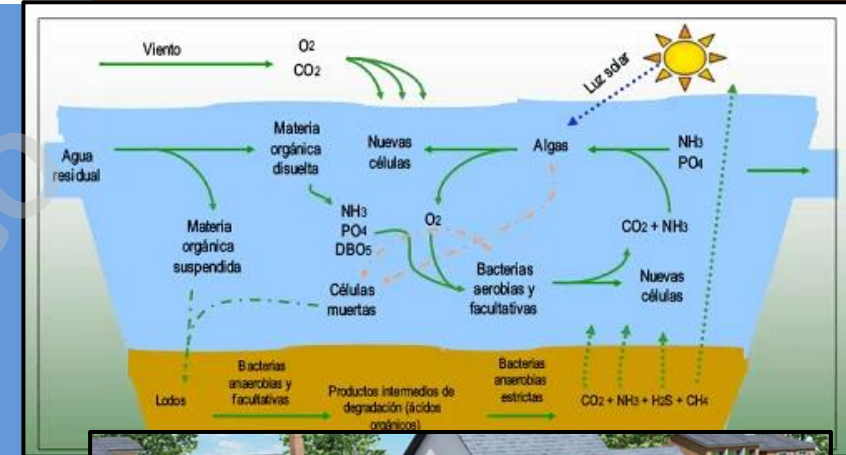
- ✓ **Urbanos.** En esta categoría se incluyen el riego de jardines o descargas de aparatos sanitarios.
- ✓ **Recreativos.** Esta categoría incluye el riego de áreas verdes públicas, campos deportivos u otros con libre acceso al público.
- ✓ **Ornamentales.** En esta categoría se incluyen las áreas verdes y jardines ornamentales sin acceso al público.
- ✓ **Industriales.** Incluye el uso en todo tipo de procesos industriales no destinados a productos alimenticios y fines de refrigeración no evaporativos.
- ✓ **Ambientales.** Incluye el riego de especies reforestadas, la mantención de humedales y todo otro uso que contribuya a la conservación y sustentabilidad ambiental.
- ✓ Esta ley recomienda para jardines y áreas verdes, regar solo en horario nocturno y con señaléticas que expliquen que son aguas recicladas.

TRATAMIENTOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS

TRATAMIENTOS PRIMARIOS

Laguna de sedimentación

- ✓ Tratamiento de bajo costo en su construcción
- ✓ Genera una sedimentación de sólidos y degradación anaeróbica el material orgánico.
- ✓ Requieren una menor operación y mantención por lo general se remueven cada 1 o 2 años.
- ✓ Lo negativo, necesita un gran terreno por el alto tiempo de retención y también dos unidades trabajando a la par. El sedimento se extrae y el líquido efluente necesita un tratamiento adicional.



Estanque séptico

- ✓ Generalmente se ocupan para las aguas servidas domésticas, para remover sólidos de gran tamaño.
- ✓ Tiene 2 o 3 cámaras, sedimenta y estabiliza los sólidos por digestión anaeróbica.



Estanques sedimenteros

- ✓ Estos decantan por gravedad y remueven pequeñas partes de los microorganismos.
- ✓ Para aumentar la remoción de sólidos se le agregan coagulantes, con el fin de producir flocs y así remover partículas de mayor tamaño.



TRATAMIENTOS SECUNDARIOS

Humedales y bio filtros

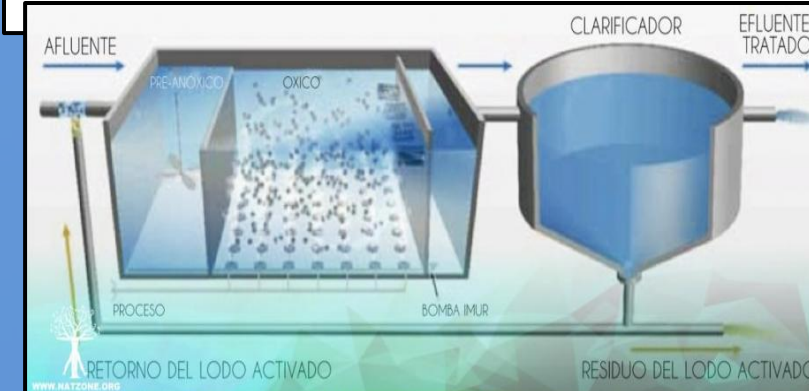
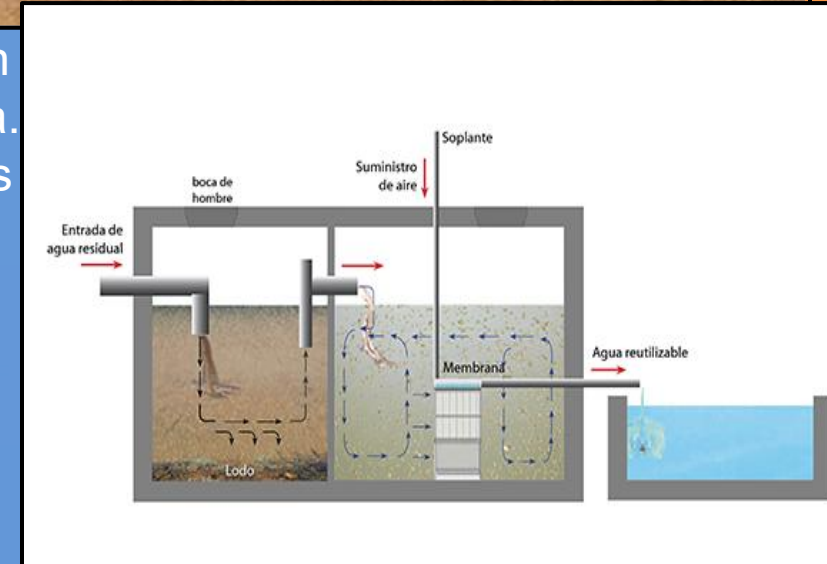
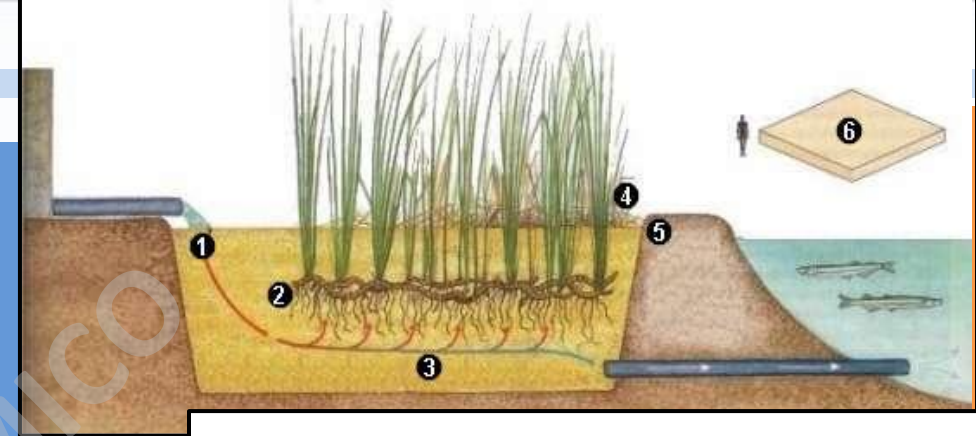
- ✓ Estos necesitan previa sedimentación para que el agua se distribuya subsuperficial, de esta forma filtra y reduce materia orgánica disuelta y disminuye agentes patógenos.
- ✓ En este sistema lo importante es que no tenga nivel freático superficial, deben estar drenados de buena forma y permeable como los de grava, arena y agua.
- ✓ Para remover la materia orgánica y patógenos, se necesita al menos 3 metros de terreno no saturado debajo del sistema.
- ✓ Los pozos de extracción deben estar lejos, para tener un mínimo tiempo de permanencia.

Membranas

- ✓ Este proceso funciona por diferencia de presión por medio de una membrana semipermeable para eliminar los sólidos.
- ✓ La membrana incluye microfiltración, nanofiltración y osmosis inversa.
- ✓ Presenta un problema, ya que las membranas son susceptibles a bloqueos.

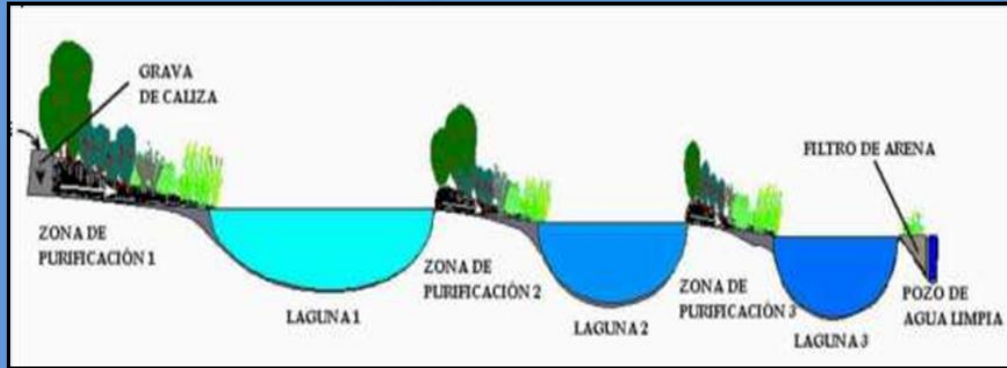
Lodos activados

- ✓ Proceso biológico aeróbico, se concentran microorganismos dentro de un estanque y se mezclan con materia orgánica, debido a que se el agita de aire.
- ✓ Luego se lleva a un sedimentador secundario donde estos decantan.
- ✓ Posteriormente un % de los lodos activos son devueltos al estanque para mantener el equilibrio de los microorganismos.



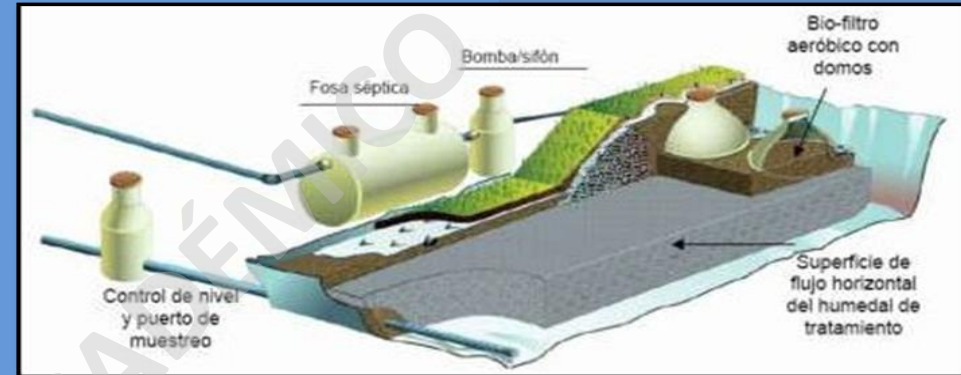
DESARROLLO A NIVEL MUNDIAL

SUECIA. "WETPARK" PARQUE HUMEDO KALMAR



- ✓ 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).

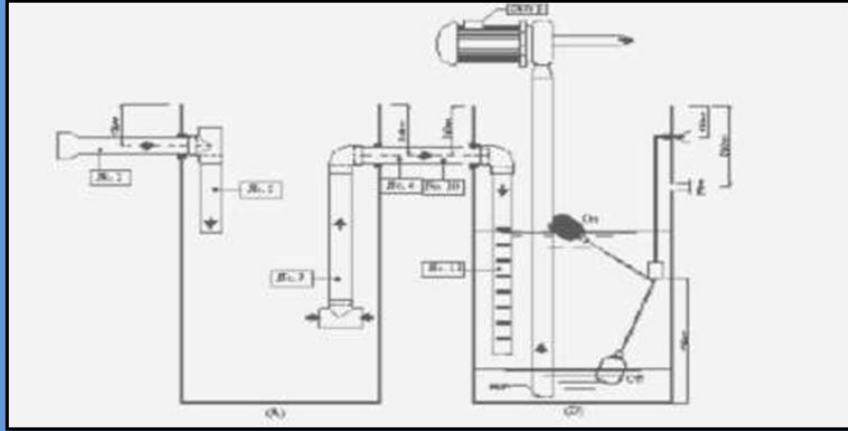
NORUEGA. TRATAMIENTO COMBINADO DE BIO-FILTRO Y HUMEDALES



- ✓ 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 (Demanda Bioquímica de oxígeno).
- ✓ países nórdicos ocupan detergentes sin fósforo lo que favorece al proceso de filtrado.

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	-	-	-

JORDANIA. TRATAMIENTO 2 BARRILES o “BARREL SYSTEM”



- ✓ Proyecto piloto en 24 viviendas el sur de Amman de bajo costo.
- ✓ Consiste de 2 barriles plásticos de 160 litros.
- ✓ En el primer barril se produce la sedimentación de sólidos.
- ✓ Luego un tubo de PVC de 50mm; lleva el agua clarificada, desde la parte media del primer barril al segundo barril.
- ✓ Cuando el barril se llena un flotador permite que una bomba centrífuga se active y entregue el agua a una red de irrigación por goteo.
- ✓ Cuando el flotador baja a un nivel inferior deja de bombear.
- ✓ Generalmente este proyecto piloto es para viviendas de 5 personas.

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

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.
- ✓ Según estimaciones oficiales, abastecen cerca del 30% del consumo de agua de Singapur.
- ✓ Esta empresa ha sido la principal abastecedora de agua no doméstica.
- ✓ 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 desinfectarla.

DESARROLLO A NIVEL LOCAL

INICIATIVA PILOTO DE CONAMA CON APOORTE DE MINERAS EN LA I REGION 2006

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

ITEM	VALOR NETO (\$)	19% IVA (\$)	TOTAL (\$)
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

COLEGIO SAN NICOLAS CALAMA 2013

- ✓ Este proyecto recupera las aguas grises mediante 2 estanques de administración.
- ✓ Acumulan el liquido utilizado en los lavamanos.
- ✓ El agua es filtrada y reutilizada en la descarga de los WC del establecimiento.
- ✓ Codelco aporote 20 millones para este proyecto.

LICEO POLITECNICO OVALLE 2019

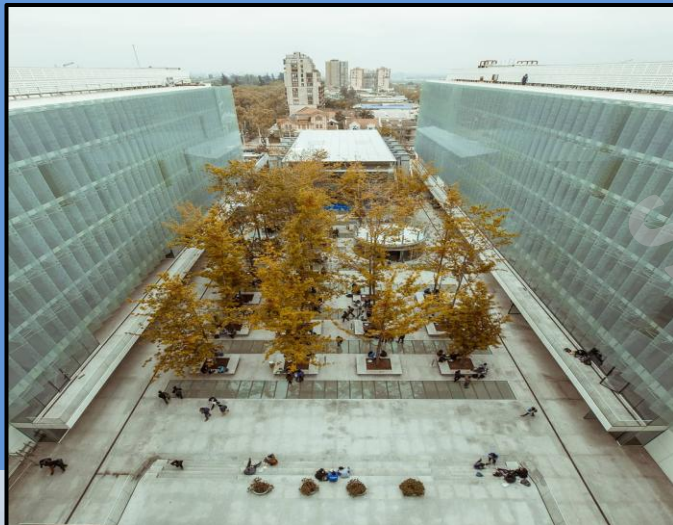
- ✓ Científicos de PUC y la Fundación ovallina Un Alto en el Desierto se unieron para hacer del reúso del agua de los lavamanos algo normal en 9 escuelas de la 4° región.
- ✓ El objetivo de replicarlo a gran escala para preparar el país al nuevo escenario hídrico.
- ✓ El prototipo ya instalado recupera 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
- ✓ Tiene dos estanques para 1.000 litros cada uno. El primario recibe agua de los lavamanos.
- ✓ Mediante una electrobomba, el agua se eleva hasta un filtro de tres columnas.
- ✓ El material de filtrado es distinto en las columnas, puede ser arena, grava, arena de cuarzo o carbón activado.



TRATAMIENTO DE RECICLAJE DE AGUAS GRISES EN EDIFICIOS EN ALTURA O CONJUNTO HABITACIONAL

CAMPUS BEAUCHEF 851 FACULTAD DE ING. U. DE CHILE

- ✓ En el país no existen muchas edificaciones en altura con un sistema de reciclaje de aguas grises.
- ✓ Algunas oficinas de arquitectura están implementando en sus estudios integrar este tipo de sistemas de reciclaje.
- ✓ El edificio Bouchef 851 se construye en el 2014 con la idea de la sustentabilidad, ocupa las aguas grises para el riego de sus áreas verdes.
- ✓ Estas aguas provienen de 50 duchas y 34 lavamanos, las cuales provienen de los artefactos de los camarines y áreas deportivas.
- ✓ Estos se ubican en los subterráneos 3 y 4 del edificio.
- ✓ La generación de estas aguas es discontinua, llegando a un peak cuando se utilicen todas las instalaciones deportivas.
- ✓ El riego funciona en horario nocturno, por aspersión para minimizar el contacto con las personas.
- ✓ La planta de tratamiento, esta compuesta por una serie de estanques para depurar y almacenar las aguas. Los estanques y la sala de equipos están subdivididos en un estanque de H. A.
- ✓ Solo sobresalen las tapas de registro.



La **PTAG** esta conformada por:

- ✓ **Estanque de Ecuilización**
- ✓ **Tratamiento Biológico**
- ✓ **Filtrado**
- ✓ **Desinfección**
- ✓ **Estanque de riego**
- ✓ **Sala de equipos**



Como dato este proyecto se concibió y construyó la planta antes que existiera la **LEY 21075**

PROYECTO PILOTO PARA CONDOMINIOS SOCIALES EN ALTURA

- ✓ En la comuna de Huechuraba el condominio El Bosque la empresa AWA implementa un sistema de reciclaje de aguas grises.
- ✓ Este proyecto se diseñó en el 2017, se desarrolla en 144 viviendas y beneficiará a 466 habitantes.
- ✓ Se crean **Logias Integrales**, donde se ubica cada estanque en cada block y aumenta el espacio de las logias.
- ✓ 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.
- ✓ También mejora la infraestructura de los edificios (escaleras y cubiertas, espacios para logias) y el entorno (áreas verdes).



CONCLUSIONES

LLEVAMOS 20 AÑOS DE SEQUIA Y EL AÑO 2019 FUE EL MAS SECO DE LAS ULTIMAS 2 DECADAS. SEGÚN ESTUDIOS A NIVEL GLOBAL. LAS AGUAS QUE SE OCUPAN EN LAS VIVIENDAS Y QUE SE PODRIAN RECICLAR COMO GRISES ES ALREDEDOR DEL 60% A 70% APROXIMADAMENTE.

SE PUEDEN RECICLAR ESTAS AGUAS GRISES Y DARLE UN USO EFICIENTE, YA QUE PODEMOS USARLAS PARA ESTANQUES DE WC, PILETAS ORNAMENTALES, RIEGO DE FRUTALES Y RIEGO DE AREAS VERDES. SEGÚN DATOS DE LA ONU, CADA AÑO AUMENTA EL CONSUMO DE AGUA EN 1% A NIVEL MUNDIAL DESDE 1980, YA QUE CADA VEZ HAY MAS DEMANDA LAS ECONOMIAS EMERGENTES.

COMO SOCIEDAD PENSAMOS QUE NO TENEMOS PROBLEMAS CON EL AGUA, PERO EL CAMBIO CLIMATICO YA SE INSTALO, ES COSA DE ACORDARSE DEL PASADO FEBRERO UN TEMPORAL TROPICAL QUE CAUSO ESTRAGOS EN LA ZONA CENTRAL DEL PAIS, A UN PASO DE NO TENER AGUA PARA BEBER Y MENOS PARA SERVICIOS BASICOS COMO LOS WC.

CADA VEZ LE DAMOS MAS VALOR A LO SUSTENTABLE, LA POBLACION MAS JOVEN COMPRA VIVIENDAS CON ESTE TIPO DESARROLLO, ADEMAS IMPULSADO CON LOS NIÑOS QUE TIENEN UN MAYOR COMPROMISO CON EL PLANETA, ESTO SE PRODUCE EN MUCHOS COLEGIO DEL PAIS, RECICLAN LAS AGUAS GRISES Y TIENEN PANELES FOTOVOLTAICOS CON LUCES LED.

LO COMPLICADO DE ESTE TEMA ES QUE EL ESTADO NO ES UN ACTOR ACTIVO. TENEMOS QUE TENER EN CUENTA QUE TODO ESTO TIENE UNA HUELLA HIDRICA Y SE DEBE INVERTIR EN TECNOLOGIA PARA NO AUMENTAR EL DESABASTECIMIENTO DEL AGUA A MEDIANO PLAZO Y POR LO TANTO TENEMOS QUE TENER UNA CONCIENCIA SUSTENTABLE PARA LAS NUEVAS GENERACIONES.