

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Álvaro Suazo Schwencke.

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE
SISTEMAS PARALELOS DE REUSO DE
AGUAS GRISES EN UN EDIFICIO
PÚBLICO**

Proyecto de título presentado en conformidad a los requisitos para optar al título de Ingeniero
Civil

EILLYN IVONNE MORALES VALLEJOS.

CONCEPCIÓN, Abril 2013

Agradecimientos:

A Dios porque está presente a diario nuestras vidas e ilumina nuestros caminos.

A mi familia que estuvo presente en todo momento de este proceso, animándome y preocupándose en cada instancia, además agradezco su paciencia en los momentos más difíciles y su apoyo incondicional durante toda mi vida.

Aquellos docentes que me tendían con gran amabilidad, aunque en ocasiones no tuviesen mucha disponibilidad de tiempo.

A mis amigos y compañeros de universidad, porque gracias a esas largas jornadas de estudio, logré ir paso a paso derribando los obstáculos para cumplir con la tan anhelada meta.

NOMENCLATURA

RIDAA	Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua potable y Alcantarillado.
NCh	Norma Chilena Oficial.
bar	Unidad de presión equivalente a un millón de barias, aproximadamente igual a una atmósfera.
m.c.a	Un metro de columna de agua es una unidad de presión que equivale a la presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura
PVC	Sigla que se refiere normalmente al policloruro de vinilo, un polímero termoplástico.
INN	Instituto Nacional de Normalización Chile.
U.E.H.	Unidades de equivalencia hidráulica.
AP.	Agua potable.
AG.	Aguas grises.

ÍNDICE GENERAL

NOMENCLATURA	iii
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1.- Justificación del tema	8
1.3.- Objetivos de la investigación.	9
<i>1.3.1 Objetivo general.....</i>	<i>9</i>
<i>1.3.2 Objetivos específicos</i>	<i>9</i>
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	10
2.1 Normativa internacional de regulación de aguas grises.	10
2.2 Normativa Chilena de regulación de aguas grises.....	10
2.3 Reuso de aguas Grises en Chile.....	11
3. METODOLOGÍA.	12
3.1 Recopilación y estudio de antecedentes.	12
3.2 Alternativas Propuestas	13
3.3 Criterios de selección de alternativas a diseñar.	15
3.4 Diseño de red de agua potable y alcantarillado.	16
<i>3.4.1 Análisis técnico y comparativo entre las alternativas propuestas.</i>	<i>17</i>
3.5 Análisis de prefactibilidad económica.....	17
3.6 Análisis gradual.....	18
4. EVALUACIÓN TÉCNICA Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS.	19
4.1 Análisis comparativo por tratamiento:	19
4.2 Análisis técnico de alternativas.....	21
4.3 Diseño convencional de red de agua potable y alcantarillado.	22
<i>4.3.2 Cálculo Sistema presurizado.</i>	<i>23</i>

4.3.3	<i>Red convencional de aguas servidas.</i>	23
4.4	Diseño de red de agua potable y alcantarillado para alternativa seleccionada.	24
4.4.3	<i>Dimensionamiento red de aguas grises.</i>	26
4.4.5	<i>Equipo de Cloración.</i>	27
4.4.6	<i>Red de aguas servidas</i>	27
5.	PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA.	29
6.	ANÁLISIS GRADUAL.	31
7.	CONCLUSIONES.	32
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

ANEXOS:

A	“AGUAS GRISES”	35
B	“PARÁMETROS PARA DISEÑO DE RED AGUA POTABLE”	39
C	“PARÁMETROS PARA DISEÑO PARA EL DISEÑO DE AGUAS SERVIDAS”	41
D	“DETALLE DISEÑO RED CONVENCIONAL Y ALTERNATIVA”	44
E	“DETALLES EQUIPO A IMPLEMENTAR”	49
F	“COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN”	53
	PLANO 1 “ISOMÉTRICO RED CONVENCIONAL”	55
	PLANO 2 “ISOMÉTRICO RED ALTERNATIVA”	56
	PLANO 3 “ISOMÉTRICO RED ALTERNATIVA”	57

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SISTEMAS PARALELOS DE REUSO DE AGUAS GRISES EN UN EDIFICIO PÚBLICO.

Autor: Eillyn Morales Vallejos.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del BíoBío.

Correo Electrónico: eimorale@alumnos.ubiobio.cl

Profesor Patrocinante: Álvaro Suazo S.

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del BíoBío

Correo Electrónico: asuazo@ubiobio.cl

RESUMEN

El presente proyecto tiene por finalidad evaluar diferentes alternativas de reuso de aguas grises, implementadas en un edificio público educacional, con el objetivo de ahorrar agua, reducir la demanda y disminuir los costos de consumo. El caso en estudio es el edificio del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, de la Universidad del Bío-Bío, Campus Concepción.

Se definen las posibles alternativas, que dependerán del agua gris producida en los lavamanos y lavaplatos de las instalaciones para reutilizarlas en los inodoros de los sanitarios el edificio y de la depuración de la misma. La decisión de adoptar uno u otro sistema, será tomada por medio de un estudio de factibilidad técnica y prefactibilidad económica. Para ello, se comienza con estimar la demanda de agua en los diferentes puntos de consumo del edificio. Dicha instalación consta de dos bloques: el circuito de fontanería general, el circuito de recogida y de depuración

El trabajo concluye con un análisis de prefactibilidad económica, que permitirá evaluar la viabilidad de instalar un sistema alternativo con distribución de aguas potable, aguas grises, y aguas negras, comparando con implementar un sistema tradicional (distribución de agua potable y aguas servidas).

Palabras claves: *Reuso, aguas grises, edificio público.*

Palabras totales: $7027+2750=9777$

EVALUATION OF ALTERNATIVES OF PARALLEL GREYWATER REUSE SYSTEMS IN A PUBLIC BUILDING.

Author: Eillyn Morales Vallejos.

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Bío-Bío

Email: eimorale@alumnos.ubiobio.cl

Professor Sponsor: Alvaro Suazo S.

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Bío-Bío

Email: asuazo@ubiobio.cl

ABSTRACT

This project aims to assess different alternatives to implement gray water reuse in an educational public building, in order to save up this resource, reduce demand and lower consumer costs.

The case in study is the building of the Department of Civil and Environmental Engineering, University of Bío-Bío, Concepción Campus.

Preceding the design of the facility, it presents the possible alternatives, both water management used in the building and in debugging it. The decision to adopt either system or technology will be a feasibility study technical and economic prefeasibility. It starts with estimating water demand at different points of consumption of the building. This facility is included in two blocks: general plumbing circuit and the circuit of collection and treatment of greywater.

The paper concludes with an analysis of economic feasibility, which will assess feasibility of installing an alternative system with potable water distribution, gray water and sewage compared to implement a traditional system (water distribution and wastewater).

Keywords: *Reuse, greywater, public building.*

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a estudios internacionales, Chile presenta escasez hídrica en gran parte de su territorio, y la demanda por este recurso sigue en aumento. Existen diversos modos de enfrentar este problema. Uno de ellos es la reutilización de agua, dentro del cual se encuentra la recuperación y reuso de aguas grises, tema ampliamente explorado en países desarrollados, durante las últimas décadas, considerando que las tecnologías para reutilizar agua tienen ya más de 20 años. En Chile el reciclaje es un tema que recién comienza a instalarse en el mercado, ya que durante los últimos años ha ido en aumento el interés por utilizar este tipo de tecnologías de reutilización, sobre todo en localidades donde el agua es un recurso cada vez más escaso.

Las aguas grises son aquellas aguas provenientes de las tinajas y duchas, lavatorios, lavaplatos y otros similares, excluyendo las aguas negras (NCh 1105 Of.1999).

El presente informe tiene como objetivo principal analizar la factibilidad técnica y prefactibilidad económica de instalar y operar sistemas de recolección y distribución de aguas grises, en un edificio público, con el fin de reutilizar parte de las aguas grises dentro del mismo edificio.

Al aprovechar este recurso se reducen los gastos de consumo, además de la demanda de agua potable, lo cual genera consecuencias positivas para el ambiente y la sociedad considerando que el agua es un recurso imprescindible para el desarrollo de la vida.

1.1.- Justificación del tema

Actualmente en Chile, el aprovechamiento de aguas grises es una práctica incipiente, realizada principalmente por personas motivadas por responsabilidades autoimpuestas relacionadas con el desarrollo sustentable, el compromiso con el medio ambiente y/o los beneficios que estas prácticas conllevan.

En algunos sectores costeros de la zona centro del país, y en poblaciones situadas en la costa, valle central y pre-cordillera de la zona norte, es justificable implementar estos sistemas, por que en dichas zonas se hace evidente la escasez de agua fresca o potable. Sin embargo, casi siempre se trata de comunidades o pueblos con poca población (salvo algunas excepciones), a diferencia de las ciudades que agrupan altos porcentajes de la población de Chile, las que, en términos generales, tienen resuelto el problema de suministro de agua potable a los pobladores. Si bien la implementación de estos sistemas se justifica claramente por la necesidad de ser más eficiente en zonas donde el agua fresca o potable es escasa.

La Política Nacional de Recursos Hídricos vigente al año 2011 (DGA, 1999), indica que en las regiones I, II, III, V y RM de Chile la disponibilidad de agua fresca es menor que 1000 m³/hab/año.

Este valor de disponibilidad de agua fresca es considerado como “altamente restrictivo” para el desarrollo económico de los países (DGA, 1999).

1.2. Alcances de la Investigación.

La investigación propuesta en éste proyecto de título se dirige a evaluar diferentes alternativas de reutilización de las aguas grises que se produzcan en el edificio del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, analizando cada una de las alternativas a través un análisis comparativo y técnico, para descartar así aquellas que no sean viables. Se concluye con un análisis de prefactibilidad económica a aquella alternativa que sea más factible, asimismo se estudiará el momento oportuno para hacer la instalación de este sistema.

El fin de la investigación es obtener la mejor alternativa en cuanto al punto de vista técnico y económico, además de sugerir cuándo es el momento más conveniente realizar dicha instalación.

1.3.- Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo general

- Analizar la factibilidad técnica y prefactibilidad económica de instalar y operar sistemas paralelos de recolección y distribución de aguas grises, aplicado al edificio del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
-

1.3.2 Objetivos específicos

- Estimar la producción de aguas grises en el edificio, a través de bibliografía.
- Evaluar desde el punto de vista técnico, distintas alternativas para implementar un sistema paralelo de recolección y distribución de aguas grises en el edificio.
- Realizar estudio de prefactibilidad económica a las alternativas que sean técnicamente viables.
- Analizar opciones de implementación gradual del sistema paralelo de recolección y distribución de aguas grises.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

A continuación se abordará en términos generales algunas normativas internacionales y la normativa chilena sobre la regulación de aguas grises y se comentará sobre el reuso de aguas grises en Chile.

2.1 Normativa internacional de regulación de aguas grises.

Las aguas grises están siendo separadas tratadas y reusadas en parte de los Estados Unidos, parte de Europa, algunos países como Israel y Australia. La normativa de la regulación de las aguas grises no está igualmente desarrollada en todos esos países. Se destaca las de Estados Unidos (especialmente en California), en que las regulaciones están fuertemente asociadas y relacionadas al uso de las aguas grises, siendo el más frecuente el riego. Asimismo, se destaca la regulación Española, ya que es la más completa.

La regulación de las aguas Grises surgió en 1989 en Santa Bárbara, California, extendiéndose seguidamente a otras cuatro comunidades y luego a todo el estado a través del Uniform Plumbing Code en 1992.

En Europa el año 1991 se dictó la Directiva del Consejo 91/271/CEE, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (Doce núm. L 135), emitida por el Consejo De Las Comunidades Europeas.

En España El Real Decreto 1620/2007, establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

2.2 Normativa Chilena de regulación de aguas grises.

Si bien existe una norma técnica de ingeniería sanitaria que reconoce el concepto de aguas grises en este país, aún falta un marco normativo que regule el uso de estos sistemas de reutilización para las aguas proveniente de duchas, lavamanos, lavaplatos y lavadoras.

El concepto de aguas grises no figura en el Código General de Aguas ni en la Ley de Servicios Sanitarios, modificada en el año 2008; ni en el Código Sanitario actual. La ausencia de esta definición en reglamentos o decretos de ley hace que en Chile exista un vacío legal con respecto a la creación de sistemas de reutilización de estas aguas (Bravo. 2011)

La ley no identifica el concepto de aguas grises, sino que las incluye en lo que se conoce como aguas servidas. La ley no distingue entre aguas grises y aguas negras, todas las aguas desechadas por una vivienda son tratadas como aguas servidas. El único instrumento que hace la distinción del término “aguas grises” en la NCh 1105 Of 1999. Esta norma, surgida recién en 1999 y actualizada

en 2008, señala que “aguas negras son las que provienen del baño y que traen excrementos” y “aguas grises son las que provienen de lavaplatos, duchas, lavamanos, lavadoras”. Por otro lado, la misma norma técnica define las aguas residuales como las que no sirven una vez que se utilizan en un proceso o que no son de utilidad para el mismo. Así, las aguas servidas, de las que siempre se ha hablado en los reglamentos, estarían compuestas por aguas grises y aguas negras, cosa que nunca se había definido en otro instrumento normativo, ni regulatorio.

El enfoque del uso de las aguas grises tratadas sólo está limitado para regadíos, sin apoyo legal, sólo con un resguardo respecto a la exigencia de la calidad de agua que los organismos encargados solicitan para este fin, los cuales verifican que las aguas grises no afecten la salud de las personas que podrían entrar en contacto con ellas, pero no porque sea propiamente legal.

2.3 Reuso de aguas Grises en Chile

Actualmente el reciclaje de aguas es un tema que recién comenzó a instalarse en el mercado chileno hace un par de años. Hoy en día existen diversas tecnologías para la reutilización de agua en viviendas, algunas de las cuales ya están disponibles en Chile. Por un lado existen las tecnologías más simples, que se encargan sólo de las aguas grises de las viviendas, la cual puede ser utilizada mediante procesos de filtrado relativamente fácil.

Existen iniciativas pioneras, donde el agua del lavamanos va a parar directamente al inodoro, con el fin de reutilizar esa agua, dado que el inodoro sólo necesita un flujo de agua para poder evacuar los residuos.

“En cuanto a la normativa algunos especialistas en el tema aseguran que aún quedan desafíos por resolver, ya que todavía no existe una normativa específica para estos sistemas de reciclaje, lo cual genera incertidumbre esencial para avanzar. Sin embargo no se han encontrado obstáculos normativos” (El Mercurio Abril de 2011, Carlos Mulatti, gerente de proyectos de Energen).

3. METODOLOGÍA.

A continuación se presenta la metodología planteada, para el desarrollo de los objetivos.

Las alternativas se evaluarán para un edificio educacional de tres pisos que consta con salas de clases y oficinas.

3.1 Recopilación y estudio de antecedentes.

El propósito fundamental de ésta investigación se basa en la instalación de una alternativa de reutilización de aguas grises, como mitigación a la escasez de los recursos hídricos. Es por esto que se pretende evaluar diferentes alternativas de reuso de aguas grises mediante un análisis comparativo y técnico e igualmente realizar un estudio de prefactibilidad económica, comparando la red convencional de agua potable y aguas servidas con la alternativa que sea seleccionada.

Los antecedentes y la información requerida para dimensionar y diseñar una red de agua potable y aguas servidas están en las normas y reglamentos correspondientes que rigen actualmente en este país.

En Chile los reglamentos y normativas que rigen son:

- RIDAA (D. S. N° 50, 2008): Especifica los requerimientos para la instalación de agua potable y sanitaria, pero de igual manera abarca ciertos parámetros para la instalación de red húmeda y red seca.
- NCh 691 Of. 1998.: Establece los procedimientos generales que deben observarse para diseñar un sistema de conducción, regulación y distribución de agua potable desde la fuente hasta el comienzo de la instalación domiciliaria.
- NCh 1104 Of. 1998: Establece las disposiciones generales para la elaboración de los proyectos de agua potable y de aguas servidas, respecto a su presentación y contenido.
- NCh 1105 Of. 1999: Establece las condiciones generales relativas al diseño y cálculo de una red de alcantarillado de aguas residuales.
- NCh 2485 Of. 2000: Establece los métodos básicos para el cálculo y diseño de las redes interiores de las instalaciones domiciliarias de agua potable en todo el territorio nacional, cuenten o no con prestador. Estas redes pueden ser para uso doméstico, industrial o comercial.

En Chile las normas que rigen la calidad de las aguas son:

- NCh 1333 Of. 1987 y NCh 409/1 Of.2005: Estas normas fijan un criterio de calidad de agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y

biológicos, según el uso determinado. Estos criterios tienen por objeto proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos, de degradación producida por contaminación con residuos de cualquier tipo u origen.

El vaciamiento de residuos contaminantes a masas o cursos de agua deberá ajustarse a los requerimientos de calidad especificados para cada uso, teniendo en cuenta la capacidad de autopurificación y dilución del cuerpo receptor, de acuerdo a estudios que efectúe la autoridad competente en cada caso particular.

D. S. N° 90, 2000: Norma que regula emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.







3.2 Alternativas Propuestas

En la tabla 1 se plantean las alternativas que se estudiarán en este proyecto, señalando almacenamiento, abastecimiento y tratamiento que tendrán cada una de ellas.

Las características en común para las alternativas propuestas:

- Se utilizarán válvulas de flujo con fluxores manuales y pistones optimizadores para inodoros, urinarios y grifería de lavamanos, ya que trabajan con alta eficiencia.
- Se considerará únicamente la reutilización del agua de lavamanos y lavacopas, para utilizarlas en los inodoros.
- No se acumularán aguas grises por un periodo de tiempo superior a 72 horas, dado que se pueden desarrollar microorganismos y olores desagradables, que no suelen aparecer durante el primer día. Se eliminarán a través de un sistema de desagüe implementado en los estanques.
- Se dispondrá de un sistema de descarga y un sistema de rebose que permitan enviar al desagüe las aguas grises acumuladas en el caso de que se precise.
- Se instalará una válvula de flotador para controlar el llenado de agua en el tanque. Con este sistema se regula el nivel del fluido en el estanque.
- El estanque deberá estar correctamente señalizado y protegido para evitar el acceso a insectos y roedores.
- Se pondrán accesos para realizar operaciones de limpieza, mantenimiento y buen funcionamiento.
- La dotación para un establecimiento educacional con alumnos externos, es 50 lt/alumnos ext./día. Considerando que asisten 350 alumnos a este edificio, se tiene un consumo diario de 17500 L/día.

Tabla 1. Alternativas Propuestas.

ALTERNATIVAS	ALMACENAMIENTO	ABASTECIMIENTO	TRATAMIENTO
A1C0 	Estanque de almacenamiento individual para cada lavamanos	Estanque de almacenamiento para cada lavamanos, se abastecerán los inodoro respectivos de cada baño.	Con filtro y sin desinfección
A1C1 	Estanque del almacenamiento individual para cada lavamanos	Estanque de almacenamiento para cada lavamanos, se abastecerán los inodoro respectivos de cada baño.	Con filtro y desinfección
A2C0 	Estanque del almacenamiento para segundo y primer piso.	Estanque de almacenamiento en segundo y primer nivel, las aguas grises del tercer piso se almacenarán para alimentar los inodoros del segundo nivel y las aguas grises del segundo piso los inodoros del primero.	Con filtro y sin desinfección
A2C1 	Estanque del almacenamiento para segundo y primer piso.	Estanque de almacenamiento en segundo y primer nivel; las aguas grises del tercer piso se almacenarán para alimentar los inodoros del segundo nivel; las aguas grises del segundo piso los inodoros del primero.	Con filtro y desinfección
A3C0 	Estanque de almacenamiento general para todo el edificio	Estanque de almacenamiento general para todo el edificio. Circulación del agua gris a través de bombas de impulsión, para abastecer todos los inodoros.	Con filtro y sin desinfección
A3C1 	Estanque de almacenamiento general para todo el edificio	Estanque de almacenamiento general para todo el edificio. Circulación del agua gris a través de bombas de impulsión, para bastecer todos los inodoros.	Con filtro y desinfección

- Para calcular el gasto máximo probable se utilizará la siguiente fórmula dada por RIDAA (D. S. N° 50, 2008). $QMP = 1,7391 * Qi^{0,6891}$, dónde QMP: Gasto máximo probable expresado en L/min y Qi: Gasto instalado expresado en L/min.

- La cantidad de artefactos sanitarios y gasto unitario de cada uno de ellos se muestra en la tabla 2:

Tabla 2. Artefactos instalados.

ARTEFACTO	SIGLA	CANTIDAD	GASTO UNITARIO (L/min)
Inodoros	WC	13	6*
Lavamanos	Lo	15	3*
Lavacopas	LP	3	12
Urinaros	U°	2	3*

(*)Se considera que los artefactos son descargados una vez por minuto.

- Para el cálculo del volumen de hidroneumático (V_h) se utilizará la siguiente fórmula:
 $V_h = V_r \cdot (10 + p_b) / (p_a - p_b)$, donde V_r = volumen de regulación. P_a = Presión de conexión o partida de la motobomba y P_b = presión de desconexión o parada de motobomba.
- El cálculo de volumen de regulación (V_r) se hará por medio de la siguiente fórmula:
 $V_r = Q_m \cdot 1.2/4$. Donde Q_m = caudal máximo.
- Las tuberías exteriores utilizadas serán de PVC y las interiores de cobre.
- Los accesorios utilizados en los diseños son principalmente: TEE de conexión, codos normalizados de 90°, reductores de diámetros, válvulas de cierre.
- En los diseños de redes de agua potable y aguas servidas se evalúa el funcionamiento de la red, respetando las condiciones descritas en norma.
- La bomba se selecciona de acuerdo a la característica de cada red y se ubicará al este del edificio.
- El diseño de las redes interiores se basa en las tablas de capacidad que relacionan la cantidad de U.E.H. a transportar y la pendiente de la tubería indicadas en RIDAA. En cualquier caso, la pendiente horizontal mínima exigida en las instalaciones interiores es de 3%.

3.3 Criterios de selección de alternativas a diseñar.

Se realizará un diseño convencional de agua potable y aguas servidas asimismo el diseño para la alternativa más adecuada. La elección de ésta se realizará por medio de un análisis comparativo por tratamiento a las alternativas propuestas, considerando las recomendaciones necesarias para tratar de manera óptima y segura las agua grises. Luego se realiza un análisis técnico a las alternativas que cumplan con las consideraciones del análisis comparativo por tratamiento.

a) Necesidad y tipo de tratamiento

Se realiza un análisis comparativo por tratamiento a las alternativas planteadas, teniendo en cuenta que una de las consideraciones más importantes que se debe tener presente al momento de usar las aguas grises, es el aplicarles algún tratamiento, ya que éstas no tienen mal olor inmediatamente después de ser descargas, pero si se acumulan en un depósito, usarán rápidamente su oxígeno y se iniciará un proceso anaeróbico. Por ende es preciso implementar un tratamiento rápido, ya que las aguas grises al cabo del tiempo y una vez alcanzado el estado séptico, forman una masa que se hunde o flota dependiendo de su contenido en gases y de su densidad y pueden ser tan mal olientes como las aguas negras.

b) Requisitos técnicos

Se realiza un análisis técnico a las alternativas que cumplan con las consideraciones del análisis comparativo por tratamiento.

Consideraciones para realizar un adecuado análisis técnico.

- Capacidad del depósito
- Espacio suficiente que permita realizar el tratamiento
- Condiciones climáticas adecuadas.
- Temperatura apropiada

Es fundamental conocer la capacidad del depósito para diseñar el sistema. En función del número de usuarios de las instalaciones se calcula su tamaño, para llegar a un equilibrio entre el espacio utilizado y la capacidad del mismo.

Dado que el principal uso es alimentar a los inodoros, la demanda de caudal será semejante a la producción de aguas grises, por lo que los depósitos no deben ser sobredimensionados ya que no es provechoso acumular grandes cantidades de agua reciclada.

Algunos de los inconvenientes de los sistemas de reutilización de aguas es que no pueden utilizarse en cualquier lugar, puesto que es necesario un espacio suficiente que permita desarrollar el proceso del tratamiento del agua y que reúna las condiciones climáticas adecuadas.

3.4 Diseño de red de agua potable y aguas servidas.

Una vez definidos los parámetros de las normativas éstas se aplican al diseño red de agua potable y alcantarillado para el edificio en estudio, el que presenta las siguientes características:

- Edificio de tres pisos
- Posee zonas para elevadores, escaleras y accesos para discapacitados.

- En el primer piso se encuentra hall de entrada.
- El tercer y segundo piso cuenta con dos servicios higiénicos para docentes y una pequeña cocina equipada con un lavaplatos.
- El primer piso cuenta con dos servicios higiénicos para docentes y una pequeña cocina equipada con un lavaplatos, servicios higiénicos para siete personas.

3.4.1 Análisis técnico y comparativo entre las alternativas propuestas.

El diseño se basa en los parámetros descritos en las normativas, en los cuales se especifican caudales y presiones que el sistema debe cumplir. Se realizaron los cálculos respectivos (como también se consideraron las pérdidas por fricción y de las singulares) para así obtener un sistema óptimo.

Los cálculos respectivos se hicieron a través de planillas Excel, donde se obtiene los parámetros y requerimientos necesarios que debe tener el sistema para trabajar de una manera recomendable cumpliendo con la normativa.

En el dimensionamiento se consideran los siguientes criterios:

- Las pérdidas de carga regulares para agua fría se basa en la fórmula de Fair-Whipple-Hsiao. (RIDAA, 2009)
- Las pérdidas por singularidades se evaluaron con el método de longitud equivalente.
- La velocidad en las tuberías principales no deben superar los 2,5 m/s en tuberías exteriores y de distribución principal y 2 m/s en tuberías interiores.
- La mínima presión en los artefactos más desfavorables y para un sistema presurizado debe ser 4 m.c.a.
- Se considera una presión mínima de 14 m.c.a. a la entrada desde la matriz a la red proyectada
- Se utilizarán bombas de superficie monofásicas con sistema de hidroneumáticos para mantener la presión.

3.5 Análisis de prefactibilidad económica.

La evaluación final del diseño incluye costos que presenta la instalación del sistema patrón comparada con los costos de instalar la alternativa que se haya seleccionado. Este estudio es de gran importancia ya que únicamente el análisis de las características técnicas, no es significativo si no se evalúan los costos asociados. Por lo que se utilizará el criterio de “costo mínimo”, ya que se asumirá que ambas propuestas tienen la misma vida útil y presentan los mismos beneficios.

La información correspondiente del análisis económico se obtendrá a través de cotizaciones realizadas a los grandes proveedores de estas materias. Los costos de instalación y operación se considerarán sin IVA.

La estructura de costos considerada son los costos de inversión (grifería, cañerías y artefactos), de operación (consumo de electricidad, agua potable y alcantarillado) y costos de mantenimiento. Se considerará una tasa de interés del 6%, debido a que la universidad es una institución pública y sin fines de lucro.

3.6 Análisis gradual.

Se pretende evaluar la implementación de la alternativa seleccionada por medio de etapas. Dado que los costos dependen principalmente del momento en el que se incluye éste tipo tecnologías, ya sea al inicio del proyecto o cuando éste ha finalizado. De esta manera se logrará saber si es recomendable hacer una implementación parcial o completa del sistema y en qué etapa del proyecto es más conveniente instalar este tipo de tecnologías. Se utilizará el criterio de valor presente y valor futuro, que permitirá llevar la inversión actual a una inversión futura, ya que lo que se debe invertir hoy en día, no es la misma inversión si se hace en un par de años más, pues el valor del dinero en el tiempo no es mismo.

4. EVALUACIÓN TÉCNICA Y DISEÑO DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS.

En esta investigación se presenta el diseño y dimensionamiento de una red tradicional de agua potable y alcantarillado, además del diseño de la alternativa más adecuada según un análisis comparativo y técnico.

4.1 Análisis comparativo por tratamiento:

Se pretende realizar un análisis comparativo de las alternativas propuestas por medio de consideraciones y precauciones de suma relevancia al momento de tratar las aguas grises.

Un sistema de tratamiento adecuado debe tener al menos tres componentes:

- Almacenamiento.
- Filtración.
- Desinfección.

El almacenamiento tiene un impacto positivo en la calidad del agua reciclada, pero podría producir malos olores (Alkhatib, 2008). Aquél es necesario para provocar sedimentación por gravedad, reducir la turbidez del agua y no sobrecargar la acción del filtro, que retiene elementos y partículas que no sedimentan, por lo que todas las alternativas tendrán almacenamiento.

Las aguas grises sépticas pueden ser tan mal olientes como cualquier agua residual y pueden contener también bacterias anaeróbicas, algunas de las cuales podrían ser patógenos humanos. Consecuentemente, una clave del éxito en el tratamiento de las aguas grises reside en el inmediato proceso y reutilización, antes de haber alcanzado el estado anaeróbico.

Otro aspecto importante es el de la desinfección. Si bien los usos a los que se destinan las aguas grises reutilizadas no conllevan la necesidad de la potabilización, ya que para este caso no se requiere un tratamiento especial, como en el caso de utilizarse aguas recicladas para regar, pues en dicha situación la cloración es obligatoria y en general en cualquier caso en el que el usuario pueda tener algún contacto físico accidental con este tipo de aguas. Desde un punto de vista psicológico se puede provocar el rechazo del consumidor, pues tales aguas proceden de vertidos de personas ajenas. Por lo que a modo de precaución se considera la incorporación de un sistema de cloración o radiación ultravioleta (UV), que ayudará en el clarificado y desinfección de las aguas.

El cloro es uno de los desinfectantes más utilizados. Para lograr la desinfección de las aguas se dosifica a niveles conocidos de cloro activo, en cualquiera de sus diferentes formas. La dosis disminuye luego de un período de contacto, para producir el efecto desinfectante. Es decir, luego del período de contacto debe mantenerse un nivel adecuado de cloro residual. A esta variación, entre el nivel de cloro teórico alcanzado luego de la dosificación y el nivel de cloro residual, se le

denomina " demanda de cloro", y se debe a la gran variedad de reacciones entre el cloro activo y los compuestos presentes en el agua y también en algunas circunstancias a su propia descomposición. El clorado es muy práctico y efectivo para la desinfección de microorganismos patogénicos. Éste se puede utilizar fácilmente, medir y controlar, además de ser relativamente barato. La cloración del agua puede regularse para obtener varios grados de acción, dependiendo del nivel de depuración que requieran.

El proceso de desinfección más común a través de radiación ultravioleta, consiste en la colocación de un filtro UV en un tramo del conducto por donde circula el líquido. Estos filtros interceptan e inoculan los gérmenes a su paso por la luz ultravioleta; además la radiación UV destruye algas y protozoos e inhabilita así su expansión y contaminación. El agua turbia, rica en partículas puede crear problemas para los rayos UV para alcanzar la penetración necesaria y llevar a cabo la desinfección. La exposición a la radiación UV es un proceso único que elimina microorganismos, pero no impide que vuelvan. Esto y el hecho de que no genera desinfectante residual ha impedido el uso generalizado de la desinfección con radiación ultravioleta, ya que los desinfectantes no solo deben matar a los microorganismos sino que deben además tener un efecto residual, que significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando la contaminación del agua. La NCh 409/1 Of 2005, exige que la concentración mínima de cloro libre debe ser de 0,2 mg/l en cualquier punto de la red. Por lo que la radiación UV se debería complementar con aditivos químicos como el cloro o las cloraminas, para proteger el agua recién desinfectada y para evitar que se vuelva a contaminar.

Dado lo anterior para este estudio sólo se utilizará la cloración como método de desinfección de las aguas grises, por lo que de las alternativas planteadas en un principio, tres de las seis no tienen tratamientos de desinfección (A1C0, A2C0, A3C0, tabla 1), por lo que son descartadas.

Para un adecuado mantenimiento de todo el sistema de recogida, se deberá realizar como mínimo una revisión anual de los filtros y sistema de bombeo. Para el sistema de clorado se recomienda dos revisiones al año. (Alkhatib, 2008)

4.2 Análisis técnico de alternativas.

A continuación se evalúa cada una de las alternativas de acuerdo a las limitaciones técnicas que pueda tener su implementación.

4.2.1 *Alternativa Independiente.*

Una de las alternativas es instalar estanques individuales para cada par lavamanos-inodoro (A1C1). Esta tecnología es recomendada para inodoros con cisternas alimentadas por gravedad y no para inodoros con fluxómetros (se utilizarán en los servicios sanitarios del edificio en estudio por su alta eficiencia). Esta tecnología tiene la ventaja de que no hay que modificar la instalación existente, ya que es un sistema que se superpone, pero uno de los inconvenientes es que hay que instalar elementos en la cisterna del inodoro, con el fin de controlar el flujo de agua. En consecuencia se descarta la alternativa A1C1 (Tabla 1).

4.2.2 *Alternativa secuencial.*

Otra de las alternativas (A2C1) es instalar dos estanques de almacenamiento en el segundo y primer piso. Así las aguas grises provenientes de los artefactos del tercer piso se acumularán en un estanque ubicado en el segundo nivel el cual abastecerá a los inodoros de dicho nivel y las aguas grises del segundo nivel abastecerán el estanque del primer nivel el cual alimentará los inodoros del mismo piso.

Al implementar este sistema el almacenamiento de aguas grises es reducido ya que el segundo nivel sólo cuenta con dos lavamanos y un lavaplatos y deberá abastecer a primer nivel que cuenta con nueve inodoros, por lo que alrededor del 67 % del agua requerida por los inodoros deberá ser abastecido por agua potable.

Además se debe considerar que todos los artefactos del tercer nivel deberán ser abastecidos por agua potable por lo que de 13 inodoros que hay en el edificio sólo se abastecerían 4.

Aunque la cantidad de agua que se almacenará es reducida, igualmente se deberá colocar un sistema de filtro y cloración de las aguas, el cual debe ser revisado anualmente, por lo tanto es primordial contar con una instalación adecuada para la supervisión del buen funcionamiento de este sistema. Si bien es cierto al implementar esta alternativa se ahorra el sistema de bombeo ya que los estanques de almacenamiento de aguas grises se alimentarán por gravedad, lo que con lleva a ahorrar en electricidad. Aun así se concluye que no es recomendable hacer este tipo de instalación dado que el ahorro en el sistema de bombeo es mínimo e igualmente se debe invertir en filtros, clorado y dos estanques, además de que la cantidad de agua reciclada sólo dará abasto para alimentar el 31% de los inodoros del edificio.

Finalmente se opta por la alternativa A3C1 (Tabla 1). Dado que ésta alternativa sería la más conveniente, pues cuenta con un estanque de almacenamiento de aguas grises para todo el edificio, el que alimentará el 100% de los inodoros, por lo que el ahorro en agua potable aumenta considerablemente, sólo se necesita un sistema de bombeo que impulse las aguas recicladas hacia los WC por lo que la inversión no aumenta considerablemente.

4.3 Diseño convencional de red de agua potable y aguas servidas.

Se presenta el diseño y dimensionamiento de las redes agua potable y servidas para un sistema convencional.

El estanque de acumulación se dimensionará considerando los usuarios, dotaciones y un factor de almacenamiento del 75%. Entonces si el consumo diario para el edificio es de 17500 L/día, para alimentar los artefactos del 2° y 3° piso, el volumen mínimo del estanque debe ser de 8.670 L. Para este caso se utilizará un estanque de 8000 L.

4.3.1 Cálculo de artefactos y caudales.

Los caudales instalados por piso conforme a lo indicado por RIDDA, se indican en la tabla 3.

Tabla 3. Artefactos instalados por piso, sistema convencional

ARTEFACTO	GASTO TOTAL (L/min) 1° piso	GASTO TOTAL (L/min) 2° y 3° piso
Inodoros	54	24
Lavamanos	33	12
Lavacopas	12	24
Urinarios	6	0
Totales	105	60

La separación de artefactos por pisos se hace dado que los artefactos del segundo y tercer piso son alimentados por medio de una bomba.

Por lo tanto para el primer piso el caudal instalado es de 105 L/min, caudal máximo probable 43 L/min. Para el Segundo y tercer piso son 60 L/min y 30 L/min, respectivamente.

El isométrico correspondiente se muestra en plano 1 y el detalle completo de los diseños y tablas Excel se encuentra compilado en el Anexo D.

4.3.2 Cálculo Sistema presurizado.

Se consulta el diseño de impulsión por bomba eléctrica para el segundo y tercer nivel del edificio en estudio, considerando un caudal máximo equivalente de 50 L/min, un caudal máximo instalado de 60 L/min y un caudal máximo probable de 30 L/min.

En base a los antecedentes, se recomienda un equipo de elevación e hidroneumáticos necesarios para abastecer las instalaciones sanitarias en el edificio, el que queda definido en base a los parámetros señalados en tabla 4.

Tabla 4. Características del sistema presurizado AP convencional.

BOMBA		HIDRONEUMÁTICOS.	
Potencia	0,75 HP	Potencia equipos	0,5 HP
Caudal de Bombeo	65 L/min.	Tiempo de ciclo	1
Altura de elevación (Presión)	24 m.c.a.	Caudal medio; Qm	25 L/min
Tipo	Superficie	Presión de partida	8 m.c.a
Suministro	Monofásico	Presión de parada	24 m.c.a
Tensión	220	Diferencia de presiones	16 m.c.a
Diámetro E/S	1 Plg	Volumen de Regulación	7,5 L/min
Modelo	CPm 130	Volumen de Hidroneumático	24 L/min

En anexo E se muestra con más detalle el equipo a utilizar.

4.3.3 Red convencional de aguas servidas.

La descarga de aguas servidas se hace mediante un sistema de redes colectoras de tipo gravitacional, la cual se conectará a la red de alcantarillado de la Universidad del Bío-Bío. Las características del sistema se muestran en tabla 5.

Tabla 5. Características de red aguas servidas convencional.

U.E.H.	128
Factor de recuperación	0.90
Periodo de retención (días)	1.00
Volumen mínimo aguas servidas (L)	15750
Aporte de lodos (18%)	2835
Volumen mínimo calculado (L)	18585
Volumen provisto (L)	19000

De acuerdo a la información en Anexo C, una tubería principal de 100 mm de diámetro con una pendiente de 3% puede evacuar un máximo de 780 U.E.H y una secundaria de las mismas características anteriores puede evacuar hasta 230 U.E.H.

Para el caso en estudio se tiene una cantidad máxima de 128 U.E.H. a evacuar; por lo tanto con una tubería de PVC de 100 mm y con una pendiente de 3% se da solución a la evacuación de aguas servidas.

4.4 Diseño de red de agua potable y aguas servidas para alternativa seleccionada.

Se presenta el diseño y dimensionamiento de las redes agua potable y aguas servidas para sistema de reutilización de agua grises seleccionado.

Para un sistema convencional se asumía un consumo diario de 17.500 L/día. Sin embargo para un sistema donde 50 % del gasto instalado del edificio es suplido por las aguas reutilizadas, el consumo se reduce a un 50 %, pero a modo de precaución se utilizará un factor de reducción de un 55% de la dotación. Por lo tanto se tiene un consumo diario de 9.625 L/día.

El estanque de acumulación de agua potable se dimensionará considerando los usuarios, dotaciones y un factor de almacenamiento del 75%. Entonces si el consumo diario para el edificio es de 9.625 L/día, el volumen mínimo del estanque debe ser de 7.218 L, para este caso se utilizará un estanque de 8000 L.

4.4.1 Cálculo de artefactos y caudales.

Los caudales instalados por piso conforme a lo indicado por RIDAA, se indican en la tabla 6.

Tabla 6. Artefactos instalados por piso, con red de aguas grises.

ARTEFACTO	GASTO TOTAL (L/min) 1° piso	GASTO TOTAL (L/min) 2° y 3° piso
Lavamanos	33	12
Lavacopas	12	24
Urinarios	6	0
Totales	51	36

Para el cálculo de agua potable no fueron considerados los inodoros ya que éstos serán abastecidos por la red aguas grises tratadas.

La separación de artefactos por pisos se hace dado que los artefactos del segundo y tercer piso son alimentados por medio de una bomba. Por lo tanto para el primer piso el caudal instalado es de 51 L/min, caudal máximo probable es de aproximadamente 26 L/min y para el Segundo y tercer piso son 36 L/min y 21 L/min respectivamente.

El isométrico correspondiente se muestra en plano 2 y el detalle completo de los diseños y tablas Excel se encuentra compilado en el Anexo D.

4.4.2 Cálculo Sistema presurizado agua potable.

Se consulta el diseño de impulsión por bomba eléctrica para el segundo y tercer nivel del edificio en estudio, considerando un caudal máximo equivalente de 30 L/min y los caudales Máximos Instalado y Probable anteriormente mencionados.

En base a los antecedentes, se recomienda equipo de elevación y de hidroneumáticos necesarios para abastecer las instalaciones sanitarias en el edificio, queda definido en base a los siguientes parámetros señalados en tabla 8.

Tabla 8. Características sistema presurizado AP con alternativa AG.

BOMBA		HIDRONEUMÁTICOS.	
Potencia	0,5 HP	Potencia equipos	0,5 HP
Caudal Max. de Bombeo	80 L/min.	Tiempo de ciclo	1
Altura de elevación (Presión)	15m.c.a.	Caudal medio; Qm	40 L/min
Tipo	Superficie	Presión de partida	8 m.c.a
Suministro	Monofásico	Presión de parada	16 m.c.a
Tensión	220	Diferencia de presiones	8 m.c.a
Diámetro E/S	1 Plg	Volumen de Regulación	4,5 L/min
Modelo	CPm130	Volumen de Hidroneumático	10 L/min

En anexo E se muestra con más detalle el equipo a utilizar.

4.4.3 Dimensionamiento red de aguas grises

Para este análisis solamente se consideran los inodoros, pues estos serán alimentados por aguas recicladas en un 100 %, ya que el gasto total de este tipo de artefactos es de 78 L/min y los lavamanos y lavaplatos aportan 81 L/min. Por lo tanto en el mejor de los casos son abastecidos completamente. Como medida de precaución se considerará un 5% de abastecimiento de agua potable por lo que el consumo diario de agua potable para esta situación será de 875 L/día.

El estanque de acumulación se dimensionará considerando los usuarios, dotaciones y un factor de almacenamiento del 75%. Entonces si el consumo diario de agua potable es de 1.750 L/día y el aporte de aguas grises es de 8750 L/ día, sumados dan un volumen de 9.625 L/día, entonces el volumen mínimo del estanque debe ser de 7.220 L aproximadamente, pero para este caso se utilizará un estanque de 8000 L/día. Finalmente se tiene un caudal instalado de 78 L/min y un caudal máximo probable de 37 L/min.

El isométrico correspondiente se muestra en plano 3 y el detalle completo de los diseños y tablas Excel se encuentra compilado en el Anexo D.

4.4.4 Cálculo Sistema presurizado agua gris.

Se consulta el diseño de impulsión por bomba eléctrica para todo el edificio, considerando un caudal máximo equivalente de 21 L/min, un caudal máximo instalado de 24 L/min y un caudal máximo probable de 37 L /min.

En base a los antecedentes, se recomienda equipo de elevación y de hidroneumáticos necesarios para abastecer las instalaciones sanitarias en el edificio, queda definido en base a los siguientes parámetros señalados en tabla 9.

Tabla 9. Características sistema presurizado AG.

BOMBA		HIDRONEUMÁTICOS.	
Potencia	0,5 HP	Potencia equipos	0,5 HP
Caudal Max. de Bombeo	40 L/min.	Tiempo de ciclo	1
Altura de elevación (Presión)	15 m.c.a.	Caudal medio; Qm	12 lt/min
Tipo	Superficie	Presión de partida	8 m.c.a
Suministro	Monofásico	Presión de parada	16 m.c.a
Tensión	220	Diferencia de presiones	8 m.c.a
Diámetro E/S	1 Plg	Volumen de Regulación	3,6 lt/min
Modelo	PKSm60	Volumen de Hidroneumático	5 lt/min

En anexo E se muestra con más detalle el equipo a utilizar.

4.4.5 Equipo de Cloración.

Al activarse la bomba se activa automáticamente un dosificador de cloro de funcionamiento automático y presión suficiente para inyectar cloro al agua en la línea principal de abastecimiento. La inyección de cloro a la línea para una solución de cloro del 10% será de 0.005 ml/L por lo que se dosificará 1 ml/20L.

Esta solución se ajustará en unidades compatibles de acuerdo a las unidades de medida del dosificador instalado. Se recalca que la dosificación es sólo estimativa, debiendo garantizar una concentración mínima de cloro residual libre de 2 mg/L en cualquier punto de la red, por lo que la inyección de cloro se deberá regular al menos 2 veces por año (invierno y verano) de manera de asegurar este requerimiento.

4.4.6 Aguas servidas

La descarga de aguas servidas se hace mediante un sistema de redes colectoras de tipo gravitacional, la cual se conectará a red de alcantarillado de Universidad del Bío-Bío, queda definido en base a las siguientes características indicadas en la tabla 10.

Tabla10. Características aguas servidas con red de aguas grises

U.E.H	78
Factor de recuperación	0.90
Periodo de retención (días)	1.00
Volumen mínimo a. servidas (lt)	7875
Aporte de lodos (54%)	4218
Volumen mínimo calculado (L)	12093
Volumen provisto (L)	12500

De acuerdo a la información en Anexo C, una tubería principal de 100 mm de diámetro con una pendiente de 3 % puede evacuar un máximo de 780 U.E.H y una secundaria de las mismas características anteriores puede evacuar hasta 230 U.E.H.

Para el caso en estudio se tiene una cantidad máxima de 78 U.E.H. a evacuar; por lo tanto con una tubería de PVC de 100 mm y con una pendiente de 3% se da solución a la evacuación de aguas servidas.

5. PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA.

El análisis de prefactibilidad económica del diseño tiene por finalidad incluir los costos que tiene hacer una instalación de este tipo de sistemas, ya que al hacer un análisis por sí solo de las características técnicas de las redes de este tipo de sistemas, no es significativo si no se evalúan los costos asociados de la alternativa A3C1.

Al comparar la instalación del sistema de reutilización de aguas grises con el sistema de red de agua potable convencional (patrón de referencia) en base a los costos asociados, se podrá valorar que tan significativo son los costos asociados al hacer una instalación con tecnologías de reutilización de aguas grises.

Para una red convencional el costo estimado de inversión se aproxima \$3.227.000 y los costos de operación y mantención se aproximan a los \$2.458.000 al año, los costos para la red alternativa son alrededor de \$4.420.000 y \$1.994.000 respectivamente. En términos de porcentaje los costos de inversión de instalar la alternativa A3C1 son un 37% más, que los costos de instalación de una red convencional y los costos de operación y mantención para Alternativa A3C1 son un 21% menos que los de la red convencional.

En el anexo E muestra un presupuesto detallado para una red convencional y la alternativa A3C1.

Los costos de consumo de agua potable y electricidad, se exponen en la tabla 11.

Tabla11. Consumo V/S Costos.

SISTEMA	CONSUMO DIARIO		CONSUMO EN 11 MESES		VALOR POR m ³ (\$/m ³)		TOTAL (\$)
	Agua potable Alcantarillado (m ³ /día)	Electricidad (Kw/día)	Agua potable Alcantarillado (m ³)	Electricidad (Kw)	Agua potable Alcantarillado	Electricidad	
Convencional	17,5	11,19	5775	3693	359,90	99,3	\$2.445.108
Alternativa	10,15	17,904	3465	5908	359,90	99,3	\$1.833.750

La diferencia entre los costos de consumo de ambas alternativas es de aproximadamente \$611.000 y se debe principalmente a que el consumo de agua potable en un sistema convencional es mayor, por lo que encárese los costos, en términos de porcentaje costos de consumo de la alternativa A3C1 son un 24 % menos que los de una red convencional.

De acuerdo al análisis financiero, considerando una tasa de interés del 6% y una vida útil de diez años, se obtuvo que el implementar la alternativa seleccionada (A3C1) tiene un costo mínimo de \$2.535.290 y la implementación la red convencional \$2.894.164, por lo que se recomienda instalar la alternativa A3C1, dado que los costos mínimos son menores.

6. ANÁLISIS GRADUAL.

En esta etapa se evaluará si recomendable hacer una implementación parcial o completa del sistema y en qué etapa del proyecto es más conveniente instalar este tipo de tecnologías.

Al instalar la alternativa seleccionada (A3C1), al inicio del proyecto, no aumenta considerablemente los costos de instalación, ya que instalar la alternativa A3C1 aumenta los costos de inversión en un 37%, por lo que sería una buena opción dejar instalado el sistema de reutilización de aguas grises, dado que en un proyecto de ésta envergadura (la construcción de un edificio) invertir \$1.195.923 más de dinero es marginal.

En el caso que no se implemente éste sistema al inicio del proyecto, entonces se puede optar por la opción de instalar la red paralela de cañerías, pues de este modo podrían ser usadas más adelante y sólo se invertiría en artefactos, en términos de costos de inversión instalar solamente la red paralela tiene un valor aproximado a \$200.000 equivalente a un 6 % más de la inversión.

Si se decide optar por esta propuesta, entonces se debe tener en cuenta que a futuro se deberá invertir en mano de obra, bombas, hidroneumáticos, sistema de filtros y clorado, por lo la inversión en un futuro la inversión, no será de \$1.196.000, sino de \$4.330.000 aproximadamente, considerando que se terminan los trabajos en 30 días y se contrata una cuadrilla de 6 hombres a los que se les cancelará \$18.000 diarios.

Si se lleva la inversión de \$4.330.422 a un valor futuro, pensando que en 5 años más se implementará completamente ésta alternativa, se considera un interés del 6%, por lo tanto el valor futuro de dicha inversión llevada a la actualidad (año cero) será de \$5.795.081.

7. CONCLUSIONES.

De acuerdo al estudio realizado queda demostrado que un 50% del agua ocupada en el interior del edificio corresponde a aguas grises, se puede afirmar también que son mucho menos contaminadas que las aguas servidas, por no incluir la descarga de inodoros en éstas, lo que hace más fácil recuperarlas y poder reutilizarlas sin mayores inconvenientes. Pero se debe tener presente que no es recomendable utilizar las aguas grises sin aplicar algún tipo de tratamiento, aunque sean aguas poco contaminadas, igualmente poseen patógenos que pueden ser dañinos para el hombre.

El consumo diario de agua potable con una red convencional es 17.500 L/día, utilizando el sistema de reciclaje de aguas grises, dicho consumo se reduce a 10.500 L/día, en consecuencia implementar la alternativa A3C1 es totalmente recomendable pues reduce la demanda de agua potable, dado que los inodoros son abastecidos en un 100% por las aguas grises recolectadas.

El consumo de agua potable se reduce en un 40%, si se implementa la alternativa A3C1. En consecuencia los costos de consumo se reducen en un 24% y los costos de operación y mantención se reducen en un 21%.

Desde el punto de vista económico, los costos mínimos de implementar la alternativa A3C1, son menores que los costos mínimos de una red convencional, en un 12%, por lo que es económicamente factible optar por ésta alternativa, esta diferencia se debe principalmente a que los costos de operación de la alternativa A3C1, son menores que los de operar una red convencional.

Finalmente si se desea hacer una implementación parcial de sistema de reciclaje de aguas, sólo instalando la red de cañerías al principio del proyecto y se completa la implementación del sistema en un futuro (5 años), la inversión aumenta en un 34%, pues se debe invertir en mano de obra, bombas, hidroneumáticos, sistema de filtro y clorado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkhatib, R.Y. (2008). Investigating the Efficacy of Graywater Use at the Household Level. Tesis de doctorado. Department of Civil and Environmental Engineering, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA.
- Bravo M. (2011) “Reutilización de Aguas Grises”, Revista electrónica SustentaBiT, N°11
- D. S. N° 90, (2009). Norma de Emisión Descarga Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales, Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile.
- DGA.(1999) . Política Nacional de Recursos Hídricos. Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Obras Públicas, Chile.
- DS MOP N°50 RIDDA (2009) “Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua potable y Alcantarillado”. Ministerio de Obras Públicas, Chile.
- Desembarcan en Chile sistemas para reutilizar las aguas grises. El Mercurio 13 Abril de 2011
- El Real Decreto 1620/2007 (2007),”Ley General de Sanidad”. Ministerio de la Presidencia, España.
- Directiva del Consejo 91/271/CEE (1991), “Tratamiento de las aguas residuales urbanas”. Consejo De Las Comunidades Europeas.
- Franco, M. V. (2007). Tratamiento y Reutilización de Aguas Grises con Aplicación caso en Chile. Memoria de título. Carrera de ingeniería civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Uniform Plumbing Code (1992) “Regulación de las Aguas Grises”, Estados Unidos.
- Norma Chilena NCh 1104 Of. 1998 “Agua potable-Conducción, regulación y distribución”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.

- Norma Chilena NCh 1105 Of. 1999 “Ingeniería sanitaria – Alcantarillado de aguas residuales – Diseño y cálculo de redes”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- Norma Chilena NCh 1333 Of. 1987 “Requisitos de calidad del agua para diferentes usos”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- Norma Chilena NCh 2485 Of. 2000 “Instalaciones domiciliarias de agua potable – Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores”, Instituto Nacional de Normalización, Chile..
- Norma Chilena NCh 409/1 Of.2005 “Agua potable- Parte 1 - Requisitos”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- Norma Chilena NCh 691 Of. 1998 “Agua potable-Conducción, regulación y distribución”, Instituto Nacional de Normalización, Chile.
- Santiago, I. 2008. Estudio de Pre-factibilidad de Implementación de un Sistema Domiciliario de Recirculación de Aguas Grises en Santiago de Chile. Memoria de título. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de Los Andes, Santiago, Chile.
- Informe de Gestión del Sector Sanitario (2006.). Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), Gobierno de Chile.

ANEXOS

ANEXO A “AGUAS GRISES”

Definición de Aguas grises

Aguas residuales provenientes de las tinas y duchas, lavatorios, lavaplatos y otros similares, excluyendo las aguas negras. (NCh 1105 Of.)

Sin embargo a nivel mundial no existe un consenso terminológico similar, ya que cuando se trata de aclarar el concepto de “aguas grises” la literatura contiene gran variedad de definiciones del término “aguas grises”. Algunas de ellas de carácter general.

Otras definiciones halladas son:

1. “Aguas procedentes de bañeras, duchas y lavabos, así como las fracciones no grasientas de aguas de fregaderos, y las aguas del aclarado de lavavajillas y lavadoras” (Esteban A.1996.).
2. “Aguas procedentes de lavadoras, lavaderos, duchas, lavabos y bañeras, no incluye agua procedente de las cocinas, aseos y bidets.” (NWS Guidelines, 2007).
3. “Aguas residuales domésticas sin tratamiento que no han entrado en contacto con los residuos del inodoro (aguas negras). Proviene de la bañera, la ducha, el lavabo, el fregadero, el lavavajillas, la lavadora” (Western Australia, 2005).
4. Los términos grey water, gray water, greywater, and graywater todos tienen el mismo significado: "aguas residuales domésticas no tratadas que no entran en contacto con los residuos del aseo y que incluyen las aguas residuales de bañeras, duchas, lavabos y lavadoras, pero que no incluyen las aguas residuales del fregadero de la cocina, del lavavajillas o del lavado de material sucio con restos de excrementos humanos”(Cranfield University, 2006).
5. “Aguas residuales domésticas procedentes de lavabos, bañeras, duchas y lavadoras, quedando excluidas las de lavaplatos, fregaderos e inodoros.”(Ordenanza de Gestión y Uso eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid, 2006).
- 6.- Aguas grises son aquellas que provienen de los desagües de los aparatos sanitarios de aseo personal, tales como bañeras, duchas, lavabos o bidés, no siendo aptas sanitariamente para el consumo humano, pero cuyas características organolépticas y de limpieza de sólidos en suspensión permiten su distribución por conducciones y mecanismos de pequeño calibre para usos auxiliares como riego, evacuación de inodoros, limpieza de vehículos (Plan General de Ordenación Urbana (P.G.O.U.) España)

Todas ellas coinciden en considerar como aguas grises aquellas procedentes de bañeras, duchas, lavabos pero divergen en el hecho de considerar o no las aguas originarias de cocina y lavandería.

Las aguas procedentes de la cocina pueden estar altamente contaminadas con partículas de alimentos, aceites, grasas y otros desechos. Estas aguas pueden contener también grandes concentraciones de microorganismos. En la mayoría de casos están contaminadas con detergentes y otros agentes de limpieza, especialmente aquellas que vienen del lavaplatos, que tienen una alta dosis de alcalinidad; estos últimos pueden ser nocivos para el suelo y las plantas, alterando sus características a largo plazo.

Por otro lado, la calidad de las aguas provenientes de la lavandería se incrementa a medida que se aumentan los ciclos de enjuague. Los contaminantes químicos presentes como el jabón, la sal, los sedimentos y las materias orgánicas son elementos que también afectan a su calidad. Si las aguas grises generadas por los ciclos de lavado son utilizadas para la irrigación de jardines, pueden afectar igualmente a las plantas y a los suelos, creando malos olores.

Por todas estas razones, las aguas grises originadas en la cocina y la lavandería son cuestionadas como posible fuente para la reutilización y dificultan la elaboración de una definición universal y unánime.

Composición General de Aguas Grises

El agua se contamina por microorganismos, muchos de los cuales pueden ser patógenos; Desde el punto de vista químico, a través del aporte de sales disueltas (sodio), nutrientes (P y N), elementos traza (micro-nutrientes y/o tóxicos), cloruros u otros compuestos orgánicos como las grasas, aceites, procedentes de los jabones detergentes. Finalmente, el agua se contamina desde el punto de vista físico y biológico, a través de partículas de suciedad y alimentos, limos y arenas, pelos y pelusas, etc., de carácter orgánico o inorgánico.

Tabla A1 Caracterización de Aguas grises.

ORIGEN AGUAS GRISES	CARACTERÍSTICAS	
BAÑO	Microbiológico	Concentración variable de microorganismos, aún con niveles más bajos que las aguas del lavado de ropa.
	Biológico	Baja concentración de materia orgánica biodegradable.
	Físico	Alta concentración de sólidos, pelo, pelusa y valores altos de turbidez. Temperatura
	Químico	Jabones, champús, tintes de cabello, pasta de dientes, crema de afeitar y varios productos químicos utilizados para el aseo personal.
CUARTO DE LAVADO	Microbiológico	Concentración variable de microorganismos dependiendo del tipo de ocupantes (Niños, Enfermos, etc.)
	Biológico	Alta concentración de materia orgánica biodegradable
	Físico	Alta concentración de sólidos, pelo, pelusa y valores altos de turbidez. Temperatura
	Químico	Sodio, fosfatos, boro, amoníaco, nitrógeno, todo procedente de los detergentes (sobre todo en polvo) y de la suciedad de la ropa.
COCINA	Microbiológico	Concentración variable de microorganismos
	Biológico	Detergentes(muy alcalino) y otros productos de limpieza
	Físico	Restos de comida, aceites, grasas y turbidez. Temperatura
	Químico	Detergentes y otros productos de limpieza.

Las aguas grises tienen una temperatura de 20-30°C

**Tabla 1: Características generales de las aguas grises crudas de acuerdo a su fuente.
(Alkhatib, 2008)**

FUENTE	CARACTERÍSTICAS
Lavadora automática de ropa	Blanqueador, espuma, pH alto, agua tibia, nitratos, grasas y aceites, demanda de oxígeno, fosfatos, salinidad, jabón, sodio, sólidos suspendidos y turbiedad.
Tina y ducha	Bacterias, pelos, agua tibia, olor, grasas y aceites, demanda de oxígeno, jabón, sólidos suspendidos y turbiedad.
Lavamanos	Bacterias (sustancialmente menos que tina y ducha), pH alto, pelos, agua tibia, olor, grasas y aceites, demanda de oxígeno, fosfatos, jabón, sólidos suspendidos y turbiedad.
Lavadora de vajilla*	Bacterias, espuma, <u>partículas de alimentos</u> , pH alto, agua tibia, olor, grasas y aceites, <u>materia orgánica</u> , demanda de oxígeno, salinidad, jabón, sólidos suspendidos y turbiedad.
Lavaplatos cocina*	Bacterias, <u>partículas de alimentos</u> , agua tibia, olor, grasas y aceites, <u>materia orgánica</u> , demanda de oxígeno, jabón, sólidos suspendidos y turbiedad.

* Aunque no se recomienda como agua gris reutilizable, se incluye para comparación. Se observa que la presencia de partículas de alimentos y materia orgánica es lo que marca la diferencia con otras fuentes.

ANEXO B “PARÁMETROS PARA DISEÑO DE RED AGUA POTABLE”

A continuación se muestra en detalle las tablas utilizadas para el diseño de una red de agua potable.

Tabla B1: Consumos máximos diarios en instalaciones domiciliarias de agua potable

(Fuente: Anexo n° 4 RIDDA.)

Recinto	Consumo
Casa habitación	150 - 450 lt/hab/día
Edificios de departamentos, con arranque único incluyendo usos domésticos, lavado, riego y calefacción	450 lt/hab/día
Edificios de departamentos, con arranque independiente e incluyendo sólo consumo doméstico	200 - 300 lt/hab/día
Establecimientos educacionales	50 lt/alumnos ext./día
Establecimientos educacionales	100 lt/alumnos mp./día
Establecimientos educacionales	200 lt/alumnos int./día
Establecimientos hospitalarios	1300- 2000 lt/cama/día
Locales industriales	150 lt/operario/turno/día
Locales comerciales y oficinas (10 lt/m ² /día como mínimo)	150 lt/empleado/día
Bares, restaurantes, fuentes de soda y similares	40 lt/m ² /día
En salas de espectáculos, sin considerar acondicionamiento de aire.	25 lt/butaca/día
Jardines y prados	10 lt/m ² /día
Dispensarios, policlínicos y otros establecimientos similares	100 lt/m ² /día
Regimientos y cuarteles (a lo cual hay que agregar otros consumos)	200 lt/hombre/día
Hoteles y residenciales	200 lt/cama/día
Piscinas residenciales con equipo de recirculación	un cambio de agua/mes
Piscinas residenciales sin equipo de recirculación	renovación total del agua cada diez días

Tabla B2 “Gasto instalado de agua potable en artefactos sanitarios”

(Fuente: Anexo n° 4 RIDDA.)

Tipo de Artefacto	Gastos (lt / min)	
	Agua Fría	Agua Caliente
Inodoro sin válvula automática o corriente	10	-
Inodoro con válvula automática	Espec. Fabricante	-
Baño Lluvia	10	10
Baño Tina	15	15
Lavatorio	8	8
Bidet	6	6
Urinario corriente	6	-
Urinario con válvula automática	Espec. Fabricante	-
Lavaplatos	12	12
Lavaderos	15	15
Lavacopas	12	12
Bebederos	5	-
Salivera dentista	5	-
Llave de riego 13mm	20	-
Llave de riego 19mm	50	-
Urinario con cañería perforada/m	10	-
Duchas con cañería perforada/m	40	-

Tabla B 4 “Longitudes equivalentes a pérdida de carga local para el cálculo” (expresadas en metros de cañería).

(Fuente: Anexo n° 4 RIDDA.)

Diámetro		Codo 90° Radio Largo	Codo 90° Radio Corto	Codo 45°	Tee paso directo	Tee salida lateral	Tee salida bilateral	Entrada Normal
Pulg	mm							
1/2	13	0,20	0,36	0,18	0,20	0,76	0,55	0,26
3/4	19	0,29	0,55	0,26	0,29	1,09	0,76	0,37
1	25	0,40	0,73	0,37	0,40	1,52	1,07	0,52
1.1/4	32	0,55	1,06	0,52	0,55	2,16	1,52	0,73
1.1/2	38	0,67	1,28	0,61	0,67	2,62	1,83	0,88
2	50	0,95	1,74	0,85	0,95	3,57	2,50	1,18
2.1/2	63	1,16	2,16	1,04	1,16	4,45	3,11	1,49
3	75	1,52	2,83	1,37	1,52	5,82	4,08	1,95
4	100	2,10	3,96	1,89	2,10	8,11	5,70	2,71
5	125	2,77	5,21	2,50	2,77	10,70	7,50	3,60
6	150	3,44	6,46	3,11	3,44	13,26	9,33	4,45
8	200	4,85	9,05	4,36	4,85	18,55	13,01	6,22
10	250	6,00	11,25	5,39	6,00	23,01	16,12	7,71
12	300	7,89	14,78	7,10	7,89	30,33	21,24	10,15
14	350	8,60	16,15	7,74	8,60	32,92	23,20	11,09
16	400	10,27	19,29	9,26	10,27	39,62	27,74	13,25

Tabla B 5 “Cota de los artefactos sanitarios más utilizados”

(Fuente: Anexo n° 4 RIDDA.)

Artefactos	Cota (m)
Lavadero	1.00 – 1.20
Lavatorio	0.80
Lavaplatos	0.80
Llave de jardín	0.60
W.C. Inodoro	0.40
Bidet	0.40
Baño Lluvia	1.80 – 2.00
Calefón	1.10 – 1.40

ANEXO C “PARÁMETROS PARA DISEÑO PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO”

A continuación se muestra en detalle las tablas utilizadas para el diseño de una red de alcantarillado.

Tabla C 1. “Unidades de equivalencia hidráulica (U.E.H.) para cada artefacto según su uso”.

(Fuente: Anexo n° 4 RIDDA.)

	Clase	D.M.D.	U.E.H.
Water Closet (W.C.)	1	100	3
Water Closet (W.C.)	2	100	5
Water Closet (W.C.)	3	100	6
Lavatorio	1	38	1
Lavatorio	2 y 3	38	2
Baño tina	1	50	3
Baño tina	2 y 3	50	4
Baño Lluvia	1	40	2
Baño Lluvia multiple/ m	2 y 3	50	6
Bidet	1	50	1
Bidet	2 y 4	50	2
Urinario	2 y 3	38	1
Urinario pedestal	2 y 3	75	3
Urinario con tubería perforada / m	2 y 3	75	5
Lavaplatos con y sin lavavajillas	1 y 2	50	3
Lavaplatos restaurante	3	75	8
Lavacopas	1	50	3
Lavacopas	1 y 2	75	8
Lavaderos con o sin lavadoras	1	50	3
Lavaderos con máquinas lavadoras	1 y 2	75	6
Pileta con botagua	1 - 2 y 3	50	3

D.M.D. : Diámetro mínimo de descarga (mm).

Clase 1 : Se aplica a artefactos de viviendas, unifamiliares, departamentos, toilettes, privados de hoteles.

Clase 2 : Se aplicará en servicios de oficina, fábricas, residenciales.

Clase 3 : Se aplicará en servicios de escuelas, hoteles, edificios públicos, teatros, estaciones de FF.CC., aeropuertos.

Tabla C 2 “Capacidad de tuberías de descarga para Edificios de 3 ó más pisos”

(Fuente: Anexo n° 4 RIDDA.)

Diámetro de la descarga (mm)	Máximo de U.E.H.	
	En cada piso	En toda la descarga
50	6	24
75	$16/n + 8$	80
100	$120/n + 60$	600
125	$270/n + 135$	1500
150	$480/n + 240$	2800
200	$900/n + 450$	5400
250	$1350/n + 675$	8000
300	$2100/n + 1050$	14000

n: Número de pisos.

Tabla C 3 “Capacidad de tuberías horizontales”

(Fuente: Anexo n° 4 RIDDA.)

Diámetro de Tuberías (mm)	Máximo de U.E.H. instaladas			
	I = 1%	I = 2%	I = 3%	I = 4%
Tubería Principal				
75	90	125	150	180
100	450	630	780	900
125	850	1200	1430	1700
150	1350	1900	2300	2700
175	2100	2900	3500	4150
200	2800	3900	4750	5600
250	4900	6800	8300	9800
300	8000	11200	13600	16800
Tubería Secundaria				
32	1	2	3	3
38	3	5	6	7
50	6	21	23	26
75	36	42	47	50
100	180	216	230	250
125	400	480	520	560
150	600	790	870	940
175	1130	1350	1470	1580
200	1600	1920	2080	2240
250	2700	3240	3520	3780
300	4200	5000	5500	6000

D “DETALLE DISEÑO RED CONVENCIONAL Y ALTERNATIVA”

A continuación se muestra en detalle las tablas Excel utilizadas para dimensionar el diseño de la red de agua potable del diseño convencional y de la alternativa seleccionada.

Red convencional de agua potable.

CUADRO DE PRESIONES - RED CONVENCIONAL AGUA POTABLE

OBRA: EDIFICIO INGENIERÍA CIVIL

PRIMER PISO SIN BOMBA

PUNTO	TRAMO		TUBERIAS						CAUDALES		VEL.	PERDIDAS			COTA		PRESIÓN m.c.a.
	de	al	MAT.	DIAMETRO (mm)		LARGO			QMI	QMP		Unit.	en el tramo	Acum.	Piezom.	Punto	
				Nominal	Interior	REAL	EQUIV.	TOTAL	l/min	l/min	m/s.	m/ml	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m	
1															14,00	9,00	14,0
2	1	2	PVC	63	63	21	7,61	28,61	99	86	0,46	0,00	0,13	0,13	9,87	10,00	13,9
3	2	3	Cu	50	50	0,5	26,14	26,64	69	61	0,52	0,01	0,20	0,34	9,66	10,00	13,7
4	3	4	PVC	32	32	0,15	5,3	5,45	24	21	0,44	0,01	0,05	0,39	9,61	10,00	13,6
5	4	5	CU	25	25	11,03	3,7	14,73	24	21	0,71	0,03	0,47	0,86	9,14	10,00	13,1
6	3	6	PVC	32	32	0,24	7,01	7,25	45	40	0,83	0,03	0,22	1,08	8,92	10,00	12,9
7	6	7	Cu	25	25	7,18	7,16	14,34	33	27	0,92	0,05	0,71	1,78	8,22	10,00	12,2
8	8	6	Cu	25	25	5,8	7,16	12,96	12	10	0,34	0,01	0,11	1,89	8,11	10,00	12,1
9	2	9	Cu	32	32	15,82	4,87	20,69	69	61	1,26	0,06	1,31	3,21	6,79	10,00	10,8
10	9	10	Cu	32	32	14,35	6,75	21,1	30	25	0,52	0,01	0,28	3,49	6,51	10,00	10,5
11	10	11	Cu	19	19	9,1	5,87	14,97	30	25	1,47	0,16	2,37	5,86	4,14	10,00	8,1
12	9	12	Cu	32	32	0,65	9,6	10,25	99	86	1,78	0,12	1,19	7,05	2,95	10,00	7,0

Altura de presión en punto inicial	14,0	m.c.a.
Pérdidas de carga totales	7,0	m.c.a.
Presión en punto final	7,0	m.c.a.
Cumple con el mínimo establecido	4	m.c.a.

CUADRO DE PRESIONES - RED CONVENCIONAL AGUA POTABLE
EDIFICIO INGENIERÍA CIVIL
2° Y 3° PISO CON BOMBA

TRAMO		TUBERIAS						CAUDALES		VEL.	PERDIDAS			COTA		PRESION
de	al	MAT.	DIAMETRO (mm)		LARGO			QMI	QMP		Unit.	en el tramo	Acum.	Piezom.	Punto	
			Nominal	Interior	REAL	EQUIV.	TOTAL	l/min	l/min	m/s.	m/ml	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m	m.c.a.
														24,00	9,00	24,0
1B	2B	CU	32	32	4,5	12,01	16,51	60	50	1,04	0,04	0,74	0,74	23,26	13,30	34,0
2B	3B	CU	25	25	12,3	11,76	24,06	30	25	0,85	0,04	1,04	1,78	21,49	13,30	32,2
3B	4B	CU	25	25	2,5	0,8	3,3	18	15	0,51	0,02	0,06	1,83	19,65	13,30	30,4
4B	5B	CU	25	25	1,19	1,05	2,24	15	12	0,41	0,01	0,03	1,86	17,79	13,30	28,5
5B	6B	CU	25	25	1,25	1,05	2,3	12	12	0,41	0,01	0,03	1,89	15,90	13,30	26,6
3B	7B	CU	25	25	1,4	1,05	2,45	12	12	0,41	0,01	0,03	1,92	13,99	13,30	24,7
8B	7B	CU	25	25	3	0,8	3,8	6	6	0,20	0,00	0,01	1,93	12,06	13,30	22,8
2B	9B	CU	25	25	5,7	0,4	6,1	30	25	0,85	0,04	0,26	2,19	9,87	16,60	17,3
9B	10B	CU	25	25	3	14,96	17,96	18	15	0,51	0,02	0,32	2,51	7,36	16,60	14,8
10B	11B	CU	25	25	1,1	1,05	2,15	9	7	0,24	0,00	0,01	2,52	4,84	16,60	12,2
11B	12B	CU	25	25	10,4	0,4	10,8	6	6	0,20	0,00	0,04	2,56	2,28	16,60	9,7
9B	13B	CU	19	19	3,2	11,15	14,35	12	12	0,71	0,04	0,63	3,19	-0,90	16,60	6,5

Altura de presión en punto inicial	24,0	m.c.a.
Pérdidas de carga totales	3,2	m.c.a.
Presión en punto final	6,5	m.c.a.
Cumple con el mínimo establecido	4	m.c.a.

Red alternativa de agua potable - A3C1.

CUADRO DE PRESIONES - RED AGUA POTABLE- A3C1

OBRA: EDIFICIO INGENIERÍA CIVIL

PRIMER PISO SIN BOMBA

PUNTO	TRAMO		TUBERIAS						CAUDALES		VEL.	PERDIDAS			COTA		PRESION m.c.a.
	de	al	MAT.	DIAMETRO (mm)		LARGO			QMI	QMP	m/s.	Unit.	en el tramo	Acum.	Piezom.	Punto	
				Nominal	Interior	REAL	EQUIV.	TOTAL	l/min	l/min		m/ml	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m	
1															14,00	9,00	14,0
2	1	2	PVC	63	63	21	7,61	28,61	45	36	0,19	0,00	0,03	0,03	8,97	10,00	13,0
4	4	2	Cu	32	32	25,23	26,14	51,37	27	21	0,44	0,01	0,50	0,53	8,47	10,00	12,5
3	3	4	Cu	25	25	11,03	5,3	16,33	12	9	0,31	0,01	0,12	0,65	8,35	10,00	12,3
5	5	6	Cu	25	25	11,16	5,25	16,41	15	12	0,41	0,01	0,20	0,85	8,15	10,00	12,2
2	2	7	Cu	32	32	15	2,71	17,71	27	21	0,44	0,01	0,17	1,02	7,98	10,00	12,0
7	7	8	Cu	25	25	13	11,77	24,77	18	15	0,51	0,02	0,44	1,46	7,54	10,00	11,5
8	8	9	Cu	25	25	1,5	1,45	2,95	15	12	0,41	0,01	0,04	1,49	7,51	10,00	11,5
9	9	10	Cu	25	25	3,65	1,05	4,7	12	12	0,41	0,01	0,06	1,55	7,45	10,00	11,5
11	8	11	Cu	19	19	3,05	1,05	4,1	12	12	0,71	0,04	0,18	1,73	7,27	10,00	11,3

Altura de presión en punto inicial	14,0	m.c.a.
Pérdidas de carga totales	1,7	m.c.a.
Presión en punto final	11,3	m.c.a.
Cumple con el mínimo establecido	4	m.c.a.

CUADRO DE PRESIONES - RED AGUA POTABLE - A3C1

OBRA:EDIFICIO INGENIERÍA CIVIL

2º Y 3º PISO CON BOMBA

PUNTO	TRAMO		TUBERIAS						CAUDALES		VEL. m/s.	PERDIDAS			COTA		PRESION m.c.a.
	de	al	MAT.	DIAMETRO (mm)		LARGO			QMI l/min	QMP l/min		Unit. m/ml	en el tramo m.c.a.	Acum. m.c.a.	Piezom. m.c.a.	Punto m	
				Nominal	Interior	REAL	EQUIV.	TOTAL									
1B															15,00	9,00	15,0
2B	1B	2B	CU	25	25	3,3	8,69	11,99	45	36	1,22	0,08	0,98	0,98	14,02	13,30	15,7
3B	2B	3B	Cu	19	19	12,3	6,65	18,95	30	25	1,47	0,16	3,01	3,98	11,02	13,30	12,7
4B	3B	4B	Cu	19	19	3,65	1,08	4,73	15	12	0,71	0,04	0,21	4,19	10,81	13,30	12,5
5B	4B	5B	Cu	19	19	1,85	1,08	2,93	12	12	0,71	0,04	0,13	4,32	10,68	13,30	12,4
2B	2B	6B	Cu	19	19	5,7	1,38	7,08	18	15	0,88	0,06	0,46	4,78	10,22	16,60	8,6
6B	6B	8B	Cu	19	19	2,2	5,7	7,9	6	6	0,35	0,01	0,10	4,88	10,12	16,60	8,5
8B	8B	9B	Cu	19	19	10,4	0,79	11,19	3	3	0,18	0,00	0,04	4,92	10,08	16,60	8,5
			Cu	19	19	2,25	5,7	7,95	12	12	0,71	0,04	0,35	5,27	9,73	16,60	8,1

Altura de presión en punto inicial		15,0	m.c.a.
Pérdidas de carga totales		5,3	m.c.a.
Presión en punto final		8,1	m.c.a.
Cumple con el mínimo establecido		4	m.c.a.

Red alternativa de aguas grises - A3C1.

CUADRO DE PRESIONES - RED AGUAS GRISES -A3C1

OBRA: EDIFICIO INGENIERÍA CIVIL
1º,2º Y 3º PISO CON BOMBA

PUNTO	TRAMO		TUBERIAS						CAUDALES		VEL. m/s.	PERDIDAS			COTA		PRESION m.c.a.
	de	al	MAT.	DIAMETRO (mm)		LARGO			QMI	QMP		Unit.	en el tramo	Acum.	Piezom.	Punto	
				Nominal	Interior	REAL	EQUIV.	TOTAL	l/min	l/min	m/ml	m.c.a.	m.c.a.	m.c.a.	m		
1															15,00	9,00	15,0
1	1	1B	PVC	32	29	3	11,76	14,76	78	65	1,64	0,11	1,67	1,67	13,33	10,00	18,3
2	1	2	PVC	32	29	0,9	11,76	12,66	54	44	1,11	0,06	0,72	0,72	14,28	10,00	19,3
3	2	3	CU	25	25	12,2	14,73	26,93	12	9	0,31	0,01	0,19	1,87	13,13	10,00	18,1
4	3	4	CU	25	25	3,5	1,6	5,1	6	6	0,20	0,00	0,02	1,88	13,12	10,00	18,1
5	5	2	Cu	25	25	16	1,45	17,45	42	35	1,19	0,08	1,35	3,24	11,76	10,00	16,8
6	5	6	Cu	25	25	10,55	11,09	21,64	6	6	0,20	0,00	0,08	3,31	11,69	10,00	16,7
1B	1B	2B	PVC	32	29	3,2	11,76	14,96	78	65	1,64	0,11	1,69	5,01	9,99	13,30	11,7
2B	2B	3B	CU	25	25	3,3	1,52	4,82	24	21	0,71	0,03	0,15	5,16	9,84	13,30	11,5
3B	3B	4B	CU	25	25	12,3	11,02	23,32	12	9	0,31	0,01	0,17	5,33	9,67	13,30	11,4
4B	4B	5B	CU	25	25	3,75	0,8	4,55	6	6	0,20	0,00	0,02	5,34	9,66	13,30	11,4
5B	5B	6B	CU	25	25	2,45	0,8	3,25	6	6	0,20	0,00	0,01	5,36	9,64	13,30	11,3
3B	3B	7B	CU	25	25	7,25	9,49	16,74	12	9	0,31	0,01	0,12	5,48	9,52	16,60	7,9
7B	7B	8B	CU	25	25	13,55	0,4	13,95	6	6	0,20	0,00	0,05	5,53	9,47	16,60	7,9

Altura de presión en punto inicial	15,0	m.c.a.
Pérdidas de carga totales	5,5	m.c.a.
Presión en punto final	7,9	m.c.a.
Cumple con el mínimo establecido	4	m.c.a.

ANEXO E “DETALLE EQUIPO A IMPLEMENTAR”

A continuación se muestran las características técnicas, marca y modelos de los equipos a utilizar para la red convencional y para la alternativa seleccionada.

Detalle de bomba e hidroneumático red convencional.

Resumen x

Marca: Pedrollo
Modelo: CPm152

Gráfica de Caudales...

Bomba : CPm152 **Curva de :** Altura

Características de CPm152

Tabla

Modelo	Potencia		Q	m3/h											
	kW	HP		0	0.6	1.2	1.8	2.4	3	3.6	4.2	4.8			
Monofásica				l/min	0	10	20	30	40	50	60	70	80		
CPm152	0.559	0.75	H (m)		33	32	31	29.5	28.5	27	25	23	19		

Caudal Máximo :	80	l/min
Altura Máxima :	33	mca
Caudal Mínimo :	0	l/min
Altura Mínima :	19	mca
Diám. Salida :	1	plg
Diám. Entrada :	1	plg
Altura Succión :		m
Voltaje :	220	Volts
Amperaje :	5.1	A

Imprimir

Tabla x

Modelo	Potencia		Q	m3/h											
	kW	HP		0	0.6	1.2	1.8	2.4	3	3.6	4.2	4.8			
Monofásica				l/min	0	10	20	30	40	50	60	70	80		
CPm152	0.559	0.75	H (m)		33	32	31	29.5	28.5	27	25	23	19		

Exportar



Detalle hidroneumático VAREM MOD.24 KOSLAN	
Uso	Automatización de bombas para suministro de agua a presión, típicamente alimentación de consumo domiciliario de agua potable.
Voltaje	220V directo - 380V sólo si se utiliza contactor.
Potencia	0,5 HP máximo si es mayor requiere contactor.

Detalle de bomba e hidroneumático alternativa A3C1- Agua potable.

Resumen | x

Marca: Pedrollo Modelo: CPm130

Gráfica de Caudales...

Bomba : CPm130 Curva de : Altura

Características de CPm130

Tabla

Modelo	Potencia		Q	m3/h										
	kW	HP		0	0.6	1.2	1.8	2.4	3	3.6	4.2	4.8		
CPm130	0.372	0.5		0	10	20	30	40	50	60	70	80		
			H (m)	23	22	21	20	19	18	17	15.5	14		

Caudal Máximo :	80	l/min
Altura Máxima :	23	mca
Caudal Mínimo :	9	l/min
Altura Mínima :	14	mca
Diám. Salida :	1	plg
Diám. Entrada :	1	plg
Altura Succión :		m
Voltaje :	220	Volts
Amperaje :	3.2	A

Imprimir

Tabla

Modelo	Potencia		Q
Monofásica	kW	HP	
CPm130	0.372	0.5	

Detalle hidroneumático 10 L KOSLAN



Uso	Automatización de bombas para suministro de agua a presión, típicamente alimentación de consumo domiciliario de agua potable.
Voltaje	220V directo - 380V sólo si se utiliza contactor.
Potencia	0,5 HP máximo si es mayor requiere contactor.

Detalle de bomba e hidroneumático alternativa A3C1- Agua potable.

x

Resumen

Marca: Pedrollo

Modelo: PKSm 60

Gráfica de Caudales...

Bomba : PKSm 60
Curva de : Altura

Caudal (l/min)

Características de PKSm 60

Tabla

Modelo	Potencia		Q	m3/h										
	kW	HP		0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4		
Monofásica				0	5	10	15	20	25	30	35	40		
PKSm 60	0.372	0.5	H (m)	40	38	33.5	29	24	19.5	15	10	5		

Caudal Máximo : 40 l/min
 Altura Máxima : 40 mca
 Caudal Mínimo : 0 l/min
 Altura Mínima : 5 mca
 Diám. Salida : 1 plg
 Diám. Entrada : 1 plg
 Altura Succión : m
 Voltaje : 220 Volts
 Amperaje : 2.6 A

Imprimir

Tabla			
Modelo Monofásica	Potencia		Q
	kW	HP	
PKSm 60	0.372	0.5	

Detalle hidroneumático 5 L KOSLAN	
Uso	Automatización de bombas para suministro de agua a presión, típicamente alimentación de consumo domiciliario de agua potable.
Voltaje	220V directo - 380V sólo si se utiliza contactor.
Potencia	0,5 HP máximo si es mayor requiere contactor.



ANEXO F “COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIONALES”

A continuación se muestra en detalle las tablas Excel utilizadas para calcular los costos de implementación y operacionales para una convencional y de la alternativa seleccionada.

Tabla F1 “Costos de mantención y operación Red convencional”

(Fuente: Elaboración propia)

Costos de mantención y operación.					
ítem	Detalle	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
1	Agua potable y alcantarillado	m3	5775	359,9	2078423
2	Electricidad bombas e Hidroneumaticos	Kwh	3693	99	366685
3	Asistente	Unit	1	12000	12000
TOTAL					\$ 2.457.108

Tabla F2 “Costos de mantención y operación Alternativa A3C1”

(Fuente: Elaboración propia)

Costos de matención y operación					
Ítem	Detalle	Unidad	Cantidad	Precio unitari	Precio Total
1	Agua potable y alcantarillado	m3	3465	359,9	1247054
2	Electricidad bombas e Hidroneumaticos	Kwh	5908	99	586696
3	Solución de Cloro 10%	L	15	5234	78504
4	Asistente	Unit	2	12000	24000
TOTAL					\$ 1.936.254

Tabla F3 “Costos de inversión Red convencional”

(Fuente: Elaboración propia)

Costos estimativos implementación Alternativa Convencional					
Item	Detalle	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
1	BOMBAS				
1.1	Bomba Pedrollo	Unit	2	129600	259200
1.2	Válvula de retención, 3/4 , Bronce	Unit	2	3690	5978
1.4	Tablero electrico	Unit	1	15990	12952
2	ESTANQUE DE BOMBEO				
2.1	Estanque,8 m3,Polietileno	Unit	1	895000	724950
2.2	Codo 90°, 2" PVC clase 10	Unit	8	1260	8165
2.3	Válvula Bola, 2" , PVC	Unit	4	7516	24352
2.4	Interruptores	Unit	8	10490	67975
2.5	Hidroneumatico 60 L	Unit	2	28.640	46397
2.6	Valvula lateral 1 1/2" con flotador boya	Unit	1	33954	27503
3	TUBERIAS Y ACCESORIOS				
3.1	Tubería desagüe, PVC	Unit	10	15432	124999
3.2	Cañería Cobre 1"	m	14	42457	481462
3.3	Cañería Cobre 1 1/4"	m	8	79422	514655
3.4	Cañería Cobre 2"	m	5	121161	490702
3.5	Cañería Pvc 63	m	10	12611	102149
3.6	Valvula Globo 1"	Unit	1	6917	5603
3.7	Valvula Globo 1 1/4"	Unit	3	12072	29335
3.8	Tee Bronce 1 "	Unit	3	2389	5805
3.9	Tee Bronce 1 1/4"	Unit	9	4582	33403
3.10	Codos de 90 1"	Unit	38	4500	138510
3.11	Codos de 90 1 1/4"	Unit	3	4392	10673
3.12	Reducciones Cobre 1/2" 13mm	Unit	6	1799	8743
3.13	Reducciones Cobre 3/4" 19mm	Unit	2	1836	2974
3.14	Reducciones Cobre 1" 25mm	Unit	34	2927	80610
3.15	Reducciones Cobre 1 1/4" 32mm	Unit	7	3487	19771
TOTAL					\$ 3.226.865

**Tabla F4 “Costos de implementación Alternativa A3C1”
(Fuente: Elaboración propia)**

Costos estimativos de implementación Alternativa A1C1					
Item	Detalle	Unidad	Cantidad	unitario	Precio Total
1	BOMBAS				
1.1	Bomba Pedrollo 15 mca	Unit	2	107420	214840
1.2	Válvula de retención, 3/4 , Bronce	Unit	2	3690	5978
1.3	Tablero electrico	Unit	1	24990	20242
1.4	Bomba Pedrollo 15 mca	Unit	2	84290	136550
2	ESTANQUE DE BOMBEO				
2.1	Estanque, 8 m3, Polietileno	Unit	2	895000	1449900
2.2	Codo 90°, 2" PVC clase 10	Unit	8	1260	8165
2.3	Válvula Bola, 2" , PVC	Unit	4	7516	24352
2.4	Interruptores	unit	8	10490	67975
2.5	Hidroneumatico 5 L	Unit	2	17.471	28303
2.6	Hidroneumatico 10 L	Unit	2	33.954	55005
2.7	Valvula lateral 1 1/2" con flotador boya	Unit	1	33.954	27503
3	DODIFICACIÓN CLORO				
3.1	Bomba Dosificadora	Unit	1	123046	99667
3.2	Interruptores	Unit	1	10490	8497
4	FILTROS TIPO CARTUCHOS				
4.1	Filtro malla nylon 10" x 2,5"	Unit	6	7890	38345
4.2	Carcasa porta filtro 10 x 2,75" conexión 3/4'	Unit	6	16990	82571
5	TUBERIAS Y ACCESORIOS				
3.1	Tubería desagüe, PVC	Unit	22	15432	274998
5.1	Cañería Cobre 1/2"	m	2	18126	29364
5.2	Cañería Cobre 3/4"	m	7	29631	168008
5.3	Cañería Cobre 1"	m	22	42457	756584
5.4	Cañería Cobre 1 1/4"	m	7	79422	450323
5.5	Cañería Pvc 32	m	6	3764	18293
5.6	Cañería Pvc 63	m	4	12611	40860
5.7	Valvula Globo 3/4"	Unit	3	6917	16808
5.7	Valvula Globo 1"	Unit	7	6917	39219
5.8	Valvula Globo 1 1/4"	Unit	5	12072	48892
5.9	Tee Bronce 3/4"	Unit	3	2741	6661
5.9	Tee Bronce 1 "	Unit	9	2389	17416
5.10	Tee Bronce 1 1/4"	Unit	9	4582	33403
5.11	Codos de 90 1"	Unit	50	4500	182250
5.12	Codos de 90 1 1/4"	Unit	3	4392	10673
5.12	Codos de 90 1/4"	Unit	7	2939	16664
5.13	Reducciones Cobre 1/2" 13mm	Unit	1	1799	1457
5.14	Reducciones Cobre 3/4" 19mm	Unit	6	1836	8923
5.15	Reducciones Cobre 1" 25mm	Unit	12	2927	28450
5.16	Reducciones Cobre 1 1/4" 32mm	Unit	2	3487	5649
TOTAL					\$ 4.422.788