



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS DE LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS GRISES EN
EDIFICACIONES DOMICILIARIAS”

Trabajo de Titulación para la obtención del Título de Ingeniero Civil.

Autor: Jorge Luis Burbano Zambrano

Tutor: Ing. Mario García Cruz

Samborondón, Octubre 2015

Dedicatoria

Para mis padres, por todo su apoyo, su tiempo de espera incondicional, a mi esposa e hijo por estar a mi lado, a mis hermanas, a mi abuela paterna y especialmente a las personas que ya no están presente en este momento tan importante, mi abuelo paterno, mis abuelos maternos y mis tíos.

Agradecimiento

Gracias de forma sincera y especial al Ingeniero Mario García, quien ha formado parte fundamental en la elaboración de este trabajo de titulación, llevándome por el proceso adecuado para cada uno de los análisis ejecutados, así como también por la información generada para llegar a obtener nuevos criterios técnicos.

Gracias a todas las personas que de alguna forma aportaron de manera directa o indirecta a la realización este trabajo de titulación.

RESUMEN

En el presente análisis se elabora un sistema para recolectar y reutilizar las aguas grises en un edificio domiciliario, con la finalidad de generar una disminución en el consumo de agua potable para actividades que no serían necesarias, como el llenado de los tanques de los inodoros.

Las aguas grises se obtienen de la separación de las descargas de las duchas y lavamanos del sistema tradicional de aguas servidas. Con el fin de incorporar un sistema de reutilización de aguas grises en la edificación.

Una vez que se procede a la independencia de las aguas grises se puede proceder a realizar la distribución de las aguas grises tratadas.

Se propone la reutilización de las aguas grises, con la idea de disminuir el consumo de agua con respecto al consumo habitual del agua potable. Por otro medio se ahorraría el consumo de agua potable, al remplazarla con las aguas grises tratadas.

Esto se determina comparando los costos del proyecto con agua potable con abastecimiento público y por medio de tanqueros., para lograr si es viable la ejecución de este sistema en la edificación.

RESUMEN.....	7
INDICE.....	8
CAPITULO I : EL PROBLEMA	11
1.1. Planteamiento del Problema	11
1.2. Formulación del Problema	12
1.3. Sistematización del Problema.....	12
1.4. Objetivos	13
1.4.1. Objetivo General	13
1.4.2. Objetivos Específicos.....	13
1.5. Justificación	14
CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL.....	14
2.1. Tipos de Aguas Residuales	15
2.2. Aguas Grises – Características.....	17
2.3. Tratamiento de Aguas Grises	18
2.4. Reutilización de Aguas Grises	20
2.5. Experiencias en Reutilización	23
2.6. Diseño de Sistemas Hidrosanitarios en Edificios	24
2.6.1. Caudales de Diseño	24
2.6.2. Almacenamiento	25
2.6.3. Diseño de Equipo para Bombeo Hidroneumático	25

2.6.4. Diseño de Agua Grises Tratadas	28
2.6.5. Diseño de Recolección para Aguas Grises	30
2.6.6. Diseño de Redes Exteriores para Aguas Grises	32
2.7. Viabilidad Económica del Proyecto	33
2.7.1. Valor Actual Neto Van	33
2.7.2. Tasa Interna de Retorno TIR	34
2.7.3. Periodo de Recuperación.....	35
2.8 Marco Teórico Respecto a los Beneficios Ambientales del Proyecto.....	35
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	37
3.1 Diseño de la Investigación.	37
3.2. Metodología del Diseño	38
3.2.1. Descripción del caso de elaboración	38
3.2.2. Metodología del Diseño de Recolección de Aguas Grises....	39
3.2.3 Metodología del Diseño del Agua Reutilizada.....	39
3.3 Metodología del Análisis Económico	40
3.4 Metodología del Beneficio Ambiental	41
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	41
4.1. Diseño de la Independización y Recolección de las Aguas grises	41

4.2. Diseño de la Reutilización de las Aguas Grises Tratadas.....	44
4.2.1. Factibilidad Técnica	44
4.2.2. Diseño de Equipo de Bombeo de Aguas Grises Tratadas	45
4.2.3. Diseño de Redes de Agua Grises Tratadas.....	46
4.3. Factibilidad Económica	48
4.3.1 Presupuesto del Sistema de Reutilización de Aguas Grises...	48
4.3.2 Caso de Análisis con Abastecimiento Público.	49
4.3.3 Caso de Análisis con Abastecimiento por Tanqueros.....	53
4.3.4 Interpretación de resultados.....	56
4.4 Evaluación Ambiental.....	57
4.4.1 Consumo Mensual de Agua Potable por Abastecimiento de Red Pública.....	57
4.4.2 Consumo Mensual de Agua Potable por Abastecimiento de Tanqueros.....	59
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	62
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFIA.....	65
ANEXOS.....	67

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

El agua potable, en la mayor parte del Ecuador, tiene un nivel de calidad adecuado apta para consumo humano; sin embargo, dado el escaso nivel cultural y la deficiente política gubernamental, se la desperdicia en usos para los cuales tiene un nivel de calidad superior, es decir que se usa el agua de calidad potable para limpieza de pisos y llenados de inodoros, por tanto el uso cotidiano del agua “potable” no esta acorde con su nivel de calidad.

Como una medida de remediación a esta problemática y, considerando el desarrollo que se está presentando en el Ecuador en infraestructura residenciales, es importante analizar la posibilidad de reutilización de aguas grises, con el propósito de generar un cambio en los sistemas actuales, los cuales, como fue descrito, desperdician y desechan aguas grises en sistemas de alcantarillado, siendo esta una de las formas de ahorrar agua potable, considerando la reutilización de las aguas grises.

En el Ecuador, existen casos de reutilización de aguas residuales, tales como el Santuario de Santa María de la Fíat en Manglar alto, donde son reutilizadas las aguas grises provenientes de 400 duchas de niñas y niños. (Lingner, Reciclaje de aguas grises) ; otro ejemplo es el proyecto de la Ciudad Comercial Dorado que está ubicado en el cantón Daule, en la Y de la Vía La Puntilla - La Aurora, el sistema descargará su efluente

hacia una cisterna de 10m³ de capacidad que permitirá el reciclaje de aguas grises hacia el uso exclusivo de los inodoros.

Por tanto, hay experiencia de aplicación de esta propuesta, no obstante es oportuno hacer investigación sobre el tema considerando casos en condiciones específicas para analizar la factibilidad técnica, económica y ambiental de su aplicación.

1.2 Formulación del Problema

El agua “potable” es utilizada para usos cuya calidad está muy por encima tal es el caso del llenado de tanques de inodoros; entre tanto, las aguas grises son desechadas al sistema de alcantarillado sanitario, cuando podrían usarse para ciertos usos como una medida de reutilización.

Más aún, las aguas grises al ingresar a los sistemas públicos de alcantarillado sanitario generan un incremento de la problemática del manejo de las aguas residuales dado que incrementa su volumen, cuando esta podría ser reutilizada.

1.3 Sistematización del Problema

- ¿De dónde se obtendrían las aguas grises para el sistema de reutilización?
- ¿Cómo se haría la recolección de las aguas grises?
- ¿Cuáles serían los diseños a implementarse para este sistema de reutilización de aguas grises?

- ¿Cuál es el costo del m³ de agua potable en el sitio donde se llevara a cabo este análisis?
- ¿Qué conveniencia en el aspecto económico tendría la utilización de este sistema de reutilización de aguas grises en comparación con el uso del agua potable?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Aportar al desarrollo mediante el análisis de la reutilización de las aguas grises en edificaciones domiciliarias, con manejo independiente de las aguas utilizadas en duchas y lavamanos, para lograr un ahorro significativo en el consumo de agua potable.

1.4.2 Objetivos Específicos

- 1.- Diseñar un sistema que independice y recolecte las aguas grises de las duchas y lavamanos.
- 2.- Elaborar una propuesta para la reutilización de las aguas grises tratadas, para el llenado de los tanques de los inodoros.
- 3.- Analizar la factibilidad económica de la reutilización de las aguas grises.
- 4.- Analizar los beneficios ambientales que se generaría la reutilización de las aguas grises.

1.5 Justificación

Con la realización de esta investigación y análisis de la propuesta, se pretende demostrar que la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises, en edificaciones domiciliarias, se verá reflejado en beneficios debido a la reducción en el consumo de agua potable.

Aprovechar las aguas grises, es una práctica sustentable que ahorra gastos, los diferentes motivos se pueden describir:

- Disminución de la generación de aguas residuales.
- Disminución de los volúmenes de aguas residuales transportadas y tratadas.
- Disminución del volumen de aguas residuales descargadas.
- Disminución de los gastos por salud por efectos de desbordes de aguas residuales.
- Revalorización de los terrenos y predios debido a un mejor manejo de las aguas residuales.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

La escasez de agua es un problema a nivel mundial, en el Ecuador y en el mundo en general, es cada vez más notable el uso inadecuado del agua potable, el consumo agua potable en los países desarrollados es el doble de lo normal, tomando en consideración que existen varios usos

del agua potable que son innecesarios como el llenado de tanques de inodoros, riego de plantas y limpieza de calles (HARO, 2012).

La escasez cada vez mayor de las aguas dulces debido al crecimiento demográfico, de las urbanizaciones y, probablemente, a los cambios climáticos, da lugar al uso creciente de aguas grises para la agricultura, la acuicultura, la recarga de aguas subterráneas y otras áreas, en algunos casos, las aguas residuales son el único recurso hídrico de las comunidades pobres que subsisten por medio de la agricultura.

El uso de aguas residuales en la agricultura, aporta beneficios como una mejor nutrición y provisión de alimentos para muchas viviendas, el mal uso de estas aguas, está relacionado con los impactos sobre la salud humana, para lo cual se debe hacer uso de buenas prácticas.

El consumo de agua potable, que no es reutilizada en un año es de 54.750 litros por persona, mientras que lo que se genera utilizando un sistema de reutilización de aguas grises en un año equivale a 30.112 litros. (Arronte, 2004)

2.1 Tipos De Agua Residuales

A continuación se presenta el concepto general de los diferentes tipos de aguas residuales.

Aguas Residuales Domésticas.- Proceden de viviendas y de servicios generados principalmente por el consumo y demás actividades humanas domésticas, estas provocan contaminación en estas aguas, por la carga de materia orgánica en suspensión y disuelta y algunas cantidades de nitrógeno, fósforo y sales minerales. (CYCLUS ID, 2001)

Aguas Residuales Industriales.- provienen de las actividades comerciales o industriales, que no pertenecen ni a la escorrentía pluvial, agua con alto contenido orgánico e inorgánico, con grado de toxicidad, que causan efectos biológicos a largo plazo, y son objetos de regulaciones especiales. (CYCLUS ID, 2001)

Agua Negras.- “Es agua que ha sido contaminada después de múltiples usos, pueden ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes”. (Tijuana, 2007)

Agua Bruta.- “Es aquella que no ha recibido tratamiento de ningún tipo, o agua que entra en una planta para su ulterior tratamiento”. (Tijuana, 2007)

Aguas Muertas.- “Estas aguas están en estado de escasa o nula circulación, generalmente con déficit de oxígeno”. (Tijuana, 2007)

2.2 Aguas Grises- Características

Las aguas grises, forman parte del grupo de las Aguas Residuales, son las que provienen principalmente del hogar de duchas, lavamanos, bañeras, dejando afuera los inodoros, urinarios y bidés, también quedan excluidas las aguas que provienen de la cocina que contengan o no lavavajillas. (CARAZO, 2009)

Las aguas grises tratadas de una manera eficiente son una opción para los llenados de los tanques de inodoros, el riego de jardines y la limpieza de calles, esto podría ayudar con la reducción de un 40 % aproximadamente del consumo de agua potable. (RNA 21, 2007)

Las características más relevantes de las aguas grises, se dividen en varios aspectos:

Aspecto Microbiológico de las Aguas Grises

Las aguas grises provenientes de los cuartos de baños, contienen una concentración variable de microorganismos, los cuales se presentan con ciertos parámetros como los Coliformes totales (10^1 - 10^6 UFC/100 ml), Escherichia Coli (10^1 - 10^5 UFC/100 ml). (CARAZO, 2009)

Si bien es cierto, estos valores representan un amplio rango, es posible deducir que si se tratan de aguas de lavamanos y duchas, los niveles de microorganismos deben estar por debajo de 1000 UFC/100 ml.

Aspecto Biológico de las Aguas Grises

Las aguas grises contienen baja concentración de materia orgánica biodegradable, dadas por los parámetros como DBO5 Demanda biológica de oxígeno (90 - 290 mg/l). (CARAZO, 2009)

Aspecto Físico de las Aguas Grises

Las aguas grises contienen una alta concentración de sólidos, cabello, pelusa y valores altos de turbidez, con parámetros como Sólidos en suspensión entre (45 - 330 mg/l), Turbidez (t22 - 200 NTU) y temperatura (20-30 °C) (CARAZO, 2009)

Aspecto Químico de las Aguas Grises

El agua se contamina a través de jabones, champús, tintes de cabello, pasta de dientes, crema de afeitar y varios productos químicos utilizados para el aseo personal. (CARAZO, 2009)

2.3 Tratamiento De Aguas Grises

Para la reutilización de las aguas grises se recomienda la utilización de Sistemas de Tratamiento, para lo cual deben considerarse tres factores o parámetros importantes:

Sólidos, sedimentables o en suspensión, que arrastra el agua

Carga orgánica, normalmente expresada en DBO5

Contaminación bacteriológica, cuyo principal elemento es la E. Coli. (RNA 21, 2007)

Existen varias propuestas de tratamientos que pueden ser aplicados para las aguas grises, los cuales pueden ser:

Sistemas Físicos

Son utilizados para separar las partículas sólidas en suspensión, grasas, están basados en los métodos de filtración, como mallas, arenas, etc. Estos son tratamientos económicos pero a su vez no son los más adecuados para la reutilización de agua en edificaciones, debido a que al no eliminar la carga orgánica se puede producir la fermentación y generación de malos olores. (RNA 21, 2007)

Sistemas Físico-Químicos

Este sistema es utilizado para separar la materia orgánica, grasas, coloides, turbidez y partículas en suspensión, para esto se incorpora para realizar su tratamiento algunas etapas, el uso de un pre-filtro sirve para eliminar las partículas y residuos antes del almacenar las aguas grises, los pasos para lograrlo son:

Dosificación de coagulantes / floculantes.

Filtración de afino por ejemplos (arena, multiestrato, etc.)

La desinfección para lograr evitar el crecimiento microbiológico por ejemplos (hipoclorito sódico, UV, OZONO, etc.) (RNA 21, 2007)

Sistemas Biológicos

Estos sistemas tienen variaciones en forma y complejidad, pero la idea final es la misma, que se produzca la degradación de materia orgánica

en las aguas grises utilizando microorganismos, los cuales a la aportación de oxígeno a este sistema, su implementación y su mantenimiento es costoso, pueden resultar innecesarios porque la carga orgánica en el agua gris es baja. (RNA 21, 2007)

Sistemas Mixtos

En estos sistemas se pueden mezclar los sistemas antes mencionados. (RNA 21, 2007)

Sistemas Híbridos

Son aquellos sistemas que pueden permitir el tratamiento conjunto de aguas grises y aguas pluviales. (RNA 21, 2007)

2.4 Reutilización de las Aguas Grises

Para la reutilización de las aguas es importante definir qué clase de agua es la más apropiada para los diversos usos, en España según las normativas, para la reutilización de agua se aplican ciertos criterios establecidos en el RD 865/2003, así como el valor guía indicado en el RD 1620/2007, para este caso es el llenado de tanques de inodoros utilizan estos parámetros:

FIG. # 1 Usos de las Aguas Grises y parámetros (Real decreto de España 1620/2007)

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

Es muy importante considera que con la aplicación de los sistemas de reutilización se puede dar un gran paso al ahorro del agua potable debido a que pueden tener una gran variedad de usos en diferentes áreas las cuales pueden ser utilizadas para:

Uso Doméstico

Tanques de Inodoros

Riego de Jardines Privados

Lavado Doméstico de Vehículos

Limpiezas de Suelos

Lavadoras Especialmente Diseñadas para Operar con Agua Gris Reciclada

Se excluyen casos particulares como los centros médicos, sociales y de alojamiento de personas mayores y los de enseñanza infantil y primaria.

(RNA 21, 2007)

Servicios Municipales

Riego de Zonas Verdes Urbanas.

Baldeo de Pavimentos. (RNA 21, 2007)

Usos Industriales

Según el proceso industrial de fabricación y la calidad del agua requerida para ello se podría utilizar el agua gris regenerada, pero precisa un estudio pormenorizado en cada caso. (RNA 21, 2007)

Usos Agrícolas

Riego por Goteo de Frutales

Riego de Plantas Ornamentales en Invernaderos o Jardines

Las aguas grises recicladas no se deben utilizar para el consumo humano, queda establecido en España por el real decreto 140/2003, de 7 de febrero. (RNA 21, 2007)

No deben ser utilizadas en:

Aguas recreativas de contacto: baño en aguas continentales y marinas.

Masas de agua, fuentes, etc., con acceso público, estén donde estén.

Piscinas.

Edificios clínicos y hospitalarios. (CARAZO, 2009)

2.5 Experiencias En Reutilización de Aguas Grises.

Varios países, incluido Ecuador, tienen ejemplos o pilotos de sistemas de reutilización de aguas grises, tal es el caso de la Provincia de Santa Elena, Parroquia Manglar alto, en la cual existe un proyecto de reciclaje de aguas grises en el Santuario de Santa María del Fíat, el mismo que fue mencionado en la Introducción, este sistema corresponde a un tratamiento combinado de sedimentación y tratamiento biológico natural, logrando recuperar 35 lt/d/persona de las duchas de 400 niñas y niños, hospedados en el sitio, con lo que se obtienen una recuperación de aguas grises en un total de 14m³/d, que se encuentran aptas para el uso del llenado de tanques de los inodoros y el regadío de 2.000 plantas de cítricos. (Lingner, Reciclaje de aguas grises)

En la ciudad de Quito existe una lavadora de carros llamada "CARWASH", en la cual se reutiliza el agua de lavado, es recolectada, tratada mediante procesos físicos para reducir los sedimentos y residuos, utilizan un sistema especial que consiste en un grupo de cisternas donde, se filtra y luego se oxigena el agua, quitando los malos olores, y es reutilizada hasta el 85% del agua. (CARWASH, 2000)

En España existen edificios con reutilización de aguas grises como el Edificio de siete viviendas públicas en Mataró, el cual cuenta con un sistema de reutilización de aguas grises que provienen de lavabos, duchas, y lavadoras las que se recogen en dos depósitos, junto con el 80% de las aguas pluviales se tratan con ozono para después ser utilizadas en los tanques de los inodoros y tomas para limpieza de

pavimentos. El 20% restante de las aguas pluviales las utilizan para realizar la limpieza de la red de aguas negras. (AGENDA DE LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE, 2006)

2.6 Diseño De Sistemas Hidrosanitarios En Edificios

Una vez desarrollado la aplicabilidad de la reutilización de las aguas grises, considerando que el presente trabajo de investigación tiene como uno de sus objetivos específicos el diseño de un sistema de reutilización de aguas grises a continuación se presenta el marco teórico que respalda los criterios técnicos de diseño que han sido utilizados.

2.6.1 Caudales De Diseño

Para la estimación de los caudales se considera el consumo diario por habitante, en los datos reales encontrados en el Ecuador existe un estudio exploratorio realizado por la Epmaps (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito), en 2010, los resultados reflejaron que el mayor consumo es debido a la actividad doméstica, registrando que en lavado de ropa (69,8 litros), seguido por el uso de la ducha (48 litros), del fregadero (37,5 litros), del sanitario (24,7 litros) y del lavabo (17,6 litros), por habitante al día, siendo estos datos conservadores para la región costa.

Para el diseño del caudal de las redes de aguas grises se utilizan los datos de la recolección de lavamanos y duchas, y el gasto del inodoro.

2.6.2 Almacenamiento

Para el almacenamiento se debe considerar el caudal promedio diario, este caso es el caudal de los inodoros y el día de reserva o los días según el servicio que se quiera brindar, para ello se utiliza la formula (1) (CARMONA, 2002).

$$Q = \text{consumo diario} \times \text{día. (1)}$$

Lo más común es que las cisternas estén ubicadas en la parte baja, enterradas y de hormigón armado, son más utilizadas en edificaciones multifamiliares, oficinas y centro comerciales. (AYALA)

2.6.3 Diseño De Equipo Para Bombeo Hidroneumático.

Para calcular el equipo a utilizar, es necesario tener en cuenta los siguientes criterios:

Caudal de la Bomba.- es el caudal máximo del equipo de bombeo para edificios donde la cisterna no sea de tanque elevado la formula será (2)

$$Q_{MI} = Q_{total} \times k \quad (2)$$

Donde:

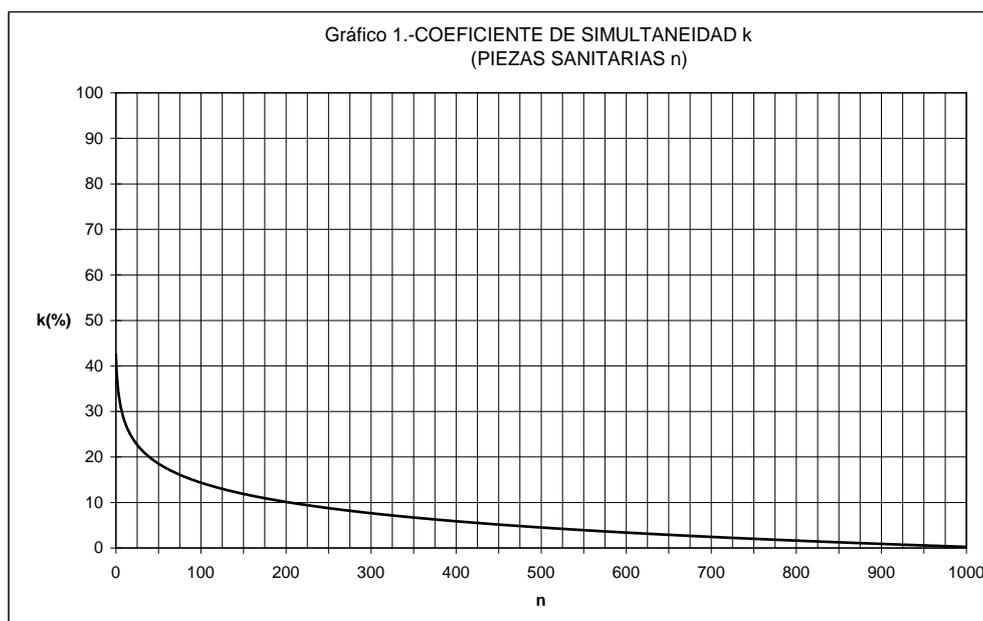
Q total = Caudal máximo instantáneo total, según la cantidad y tipo de piezas sanitarias (l/s) (Tabla # 2).

K = Factor de simultaneidad, según el número de piezas sanitarias y el tipo de edificación (adimensional). (TENORIO, 2001)

Tabla # 1.- Caudales y presiones mínimas para piezas sanitarias

PIEZAS SANITARIAS	DIAMETRO MINIMO (Pulg)	PRESION MINIMA (m)	CAUDAL Q (l/s)
Inodoro Tanque	½"	5	0.10
Inodoro de Flux	1"	14	1.50
Lavabos	½"	2	0.15
Duchas	½"	2	0.20
Lavacopas	½"	2	0.10
Fregadero de Ropa	½"	3.5	0.20
Llaves de Manguera	½"	7	0.25
Lavadora	½"	2	0.30
Urinarios	¾"	10	0.30

Fig. # 2 Coeficiente de simultaneidad



Presión dinámica (Pd) o presión mínima.- Es la presión mínima que se necesita para que la bomba proceda a dar el caudal necesario para que suministre a los aparatos sanitarios en el piso más elevado y con la presión indicada (formula 3).

$$Pd = (P_e + P_r + P_c) \times 1.10 \quad (3)$$

Donde:

Presión Estática (Pe).- Es la altura vertical medida desde el eje de la bomba hasta el nivel máximo de descarga. (m)

Presión Residual (Pr).- Es la presión mínima de descarga en las piezas sanitarias. (m)(Ver tabla # 1)

Perdida de Carga (Pc).- Es el total de pérdidas de carga en el recorrido hasta la pieza sanitaria más distante.

Potencia de la Bomba.- La potencia de la bomba se calcula con la fórmula 4,

$$P = \frac{Qb \times Pd}{76 \times \%efic} \quad (4)$$

Donde:

P = Potencia de la bomba (HP)

Qb = Caudal manejado por la bomba (l/s)

Pd = Presión dinámica (m)

% eficiencia = Porcentaje de eficiencia en decimales (adimensional), se recomienda que sea entre 50 % y 65%. (TENORIO, 2001)

2.6.4 Diseño De Agua Grises Tratadas

Para el diseño de redes principales, secundarias y ramales, la teoría a utilizarse es el Método de Hunter, tomando en cuenta que es el más utilizado para este tipo de edificaciones.

El Método de Hunter, versa sobre el funcionamiento de los aparatos sanitarios que integran las instalaciones, se consideran como eventos al azar y con esto se obtuvo la máxima frecuencia de las piezas sanitarias, además con esto se aplicó los valores promedios del volumen de agua de las diferentes piezas, en base a los valores que obtuvo Hunter definió como Unidad de mueble o unidad de gasto. (PEREZ, INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS EN EDIFICIOS)

Para el diseño de las redes de agua potable la idea es en asignar a cada aparato sanitario un número de Unidades de Gasto (UG), que corresponde al abastecimiento de un lavamanos, equivalente a 0.47 l/seg, las UG de cada aparato sanitario se consideran para el diseño la siguiente tabla.

Tabla 2.- Unidades de Gasto UG por pieza sanitaria

Aparato sanitario	Ocupación	Tipo de control del suministro	Unidades de consumo
Inodoro	Público	Flujómetro	10
Inodoro	Público	Tanque de limpieza	5
Orinal	Público	Flujómetro $\phi = 2,5$ cm	10
Orinal	Público	Flujómetro $\phi = 2,0$ cm	5
	Público	Tanque de limpieza	3
Orinal	Público	Llave	2
Lavamanos	Público	Llave	4
Ducha	Público	Válvula mezcladora	4
Fregadero de servicio	Hotel restaurante	Llave	3
Fregadero de cocina	Privado	Llave	4
Inodoro	Privado	Flujómetro	6
Inodoro	Privado	Tanque de limpieza	3
Lavamanos	Privado	Llave	1
Bidet	Privado	Llave	1
Tina	Privado	Llave	2
Ducha	Privado	Válvula mezcladora	2
Cuarto de baño	Privado	Un fluxómetro por cuarto	8
Cuarto de baño	Privado	Un tanque de limpieza por cuarto	6
Ducha separada	Privado	Válvula mezcladora	2
Fregadero de cocina	Privado	Llave	2
Lavadero	Privado	Llave	3
Lavadora	Privado	Llave	3
Combinación de accesorios	Privado	Llave	3

Con las piezas sanitarias ubicadas por cada piso multiplicado por UG correspondiente a cada pieza, se obtiene una unidad de gasto por cada piso, el método de Hunter establece una relación entre el UG y un caudal simultáneo en litros/seg, la que se muestra en la tabla, con esto se llega al caudal simultaneo por piso, que da como resultado el caudal total del edificio. (CARMONA, 2002)

Tabla # 3.- Diámetros recomendados de abastecimiento en función de la UG

DIÁMETROS ABASTECIMIENTO EN FUNCIÓN DE UG					
UG	1 al 7	8 al 17	18 al 32	33 al 50	51 al 90
Diametro	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"

2.6.5 Diseño de Recolección de Aguas Grises

Las descargas domiciliarias es el conjunto de tuberías que descargan de la evacuación de los inodoros, duchas, lavamanos, etc, en una edificación, las redes domiciliarias son de tuberías de PVC, que estas pueden ser subterráneas o sostenidas por el tumbado del piso inferior.

Este tipo de desagües recibe las descargas de las fisiologías del ser humano y también de desperdicios domésticos, que son por lo más común las aguas negras o grises.

Para el diseño de las redes interiores de las aguas servidas, se considera el método de unidades de descarga que es similar al método de Hunter, en el cual cada pieza sanitaria tiene establecida un diámetro de tubería de descarga como lo establece la tabla # 4, para poder dimensionar las bajantes , primero se debe dimensionar los ramales, de acuerdo al número de unidades que recibe, teniendo en cuenta el número de pisos y la bajante se diseña para el número total de unidades que llegan a su base y el diámetro se mantiene constante hasta la cubierta. (CARMONA, 2002)

Tabla # 4.- Unidad de Descarga por Pieza Sanitaria

Aparato	Diámetro en pulgadas	Unidades de descarga
Bañera o tina	1-1/2--2"	2--3
Bidé	1--2"	1
Ducha	2"	2
Ducha publica	2"	3
Fregaderos	2"	2
Inodoro	4"	2
Inodoro fluxómetro	4"	8
Lavaplatos	2"	2
Lavadora	2"	2
Lavaplatos con triturador	2"	3
Lavamanos	2"	1--2
Baño completo	4"	3
Baño con fluxómetro	4"	6

Tabla # 5.- Máximo Número de Unidades de Descarga para Ramales

Horizontales

Diámetro	Un.	Q1/S
3	20	2,19
4	160	5,16
6	620	10,3

Tabla # 6.- Máximo Número de Unidades de Descarga para Bajantes

Bajante		Más de 3 pisos	
Díámetro	Hasta 3 pisos	Total por bajante	Total por piso
3	30	60	16
4	240	500	90
6	960	1900	350
8	2200	3600	600
10	3800	5600	1000
12	6000	8100	1500

Con los valores que se obtienen en el análisis se verifica que el diámetro es suficiente para las bajantes y ramales del diseño sanitario. (CARMONA, 2002)

2.6.6 Diseño de Aguas grises de Redes Exteriores

Para el diseño hidráulico de las tuberías exteriores del drenaje de aguas residuales se utiliza la fórmula de Manning

$$V = [(1/n) \times (RH^{2/3}) \times S^{1/2}]$$

Donde,

V= Velocidad, m/s

RH = Radio hidráulico

S = Pendiente, m/m

n = Coeficiente de rugosidad

Obtenida la velocidad, considerando el área de las tuberías, en función de los diámetros propuestos se obtuvo el caudal mediante la fórmula siguiente:

$$Q = V \times \pi \times R \times R$$

Donde,

V= Velocidad, m/s

Pi = 3.14152

R = Radio de la tubería propuesta (m)

2.7 Factibilidad Económica del Proyecto

Para decidir acerca de la realización del proyecto, es importante la evaluación económica del proyecto, el cual permitirá medir el valor, a base de la comparación de los beneficios y costos programados en la perspectiva del proyecto y con el objetivo de medir su valor económico e impacto social.

Los indicadores más utilizados en la evaluación de proyectos son el VAN y el TIR.

2.7.1 Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es una guía financiera que permite conocer los flujos de los ingresos futuros y egresos que se darán en un proyecto, para establecer, si luego de deducir la inversión de inicio, existe algún dividendo. El resultado positivo del cálculo indicara que este es viable. (MUNOZ, 2011)

El Van genera un valor del dinero actual que obtendrá en el futuro el proyecto, considerando a una tasa de interés y un determinado tiempo, cuya fórmula es la siguiente:

$$VAN = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n}$$

Los criterios para la toma de decisión para la realización del proyecto son:

- VAN > 0, el proyecto es rentable
- VAN = 0, es indiferente realizar
- VAN < 0, el proyecto no es rentable

2.7.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se define como la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero; la TIR muestra cual es la tasa de interés máxima con la que se puede comprometer para que nuestro proyecto sea rentable, cuya fórmula es la siguiente. (MUNOZ, 2011)

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

El resultado de la TIR define:

- $TIR > i$, el proyecto es rentable
- $TIR = i$, es indiferente su realización
- $TIR < i$, el proyecto no es rentable

2.7.3 Periodo de recuperación.

Hace referencia al tiempo en que tarda en recuperarse la inversión inicial considerando los flujos de caja que se han generado en el proyecto.

Cuando los flujos de caja acumulados superan a la inversión inicial, indica el año de recuperación.

2.8 Marco Teórico respecto a los Beneficios Ambientales de un Proyecto.

La reutilización de las aguas residuales se ha vuelto cada día más una obligación que una opción, disminuir la cantidad de recursos que se desperdician es el principal objetivo.

En el tema del recurso agua se busca reducir la cantidad de líquido que se utiliza en cualquier actividad, favoreciendo al mantenimiento o mejoramiento de la calidad del recurso.

Beneficios Ambientales Reutilizando las Aguas Grises

Las principales ventajas de la reutilización de aguas grises previamente tratadas, es el ahorro de agua potable, menores descargas de las aguas residuales a la red de alcantarillado público y la disminución de tratamientos de las aguas residuales.

Indicadores Ambientales

Son medidas que describen los estados y principales dinámicas ambientales de forma cuantitativa o cualitativa de un fenómeno ambiental y sus relaciones sociales y económicas, de manera selecta, procesada, descrita y contextualizada, reflejando la tendencia y evolución de los mismos, contribuyendo al desarrollo sostenible del proyecto. (Ecuador, Sistema nacional de indicadores ambientales, 2014)

Huella Hídrica

La huella hídrica es un indicador del consumo de agua a todo nivel. representa el volumen necesario de ella para la obtención de los productos y servicios consumidos por industria o persona en un determinado espacio: país, cuenca hidrográfica, fábrica, etc.

La huella hídrica es una medida de la apropiación de agua dulce existente en un producto o patrón de consumo. Tiene tres formas: la huella hídrica azul, la verde y la gris. La azul mide el volumen de agua extraída de aguas subterráneas o superficiales, menos el flujo de retorno. La verde se refiere al volumen de agua lluvia que se consume en un proceso de producción agrícola. La gris es un indicador de la contaminación de agua dulce. (El Telegrafo, 2014)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Diseño de la Investigación

Generalmente el diseño de una investigación se lo vincula al plan, la estructura y la estrategia requerida para lograr respuestas a las preguntas que se quiera analizar. Define el esquema general o programa de la investigación; la estructura es el modelo de las operaciones viables y la estrategia los métodos para recopilar y analizar los datos, para dar una respuesta a la pregunta de estudio (MORENO, 2013)

De tal manera que lo que se va a plantear en este estudio se realizará, como una investigación aplicada, ya que su principal objetivo es resolver problemas prácticos, con un margen de generalización limitado, de este modo se genera aportes limitados al conocimiento científico desde un punto de vista teórico y ofrece un aporte responsable al entorno donde se desarrolla la investigación, la metodología que se llevara a cabo de manera secuencial, dando esto a una serie de etapas a seguir de forma coherente , es una investigación de tipo cuantitativa en la que se llevara un proceso de estadísticas y matemáticas. La idea de esta investigación es elaborar un diseño de la reutilización de las aguas grises y llevarlas a medición con el costo – beneficio en el edificio analizado.

Esta es una investigación de manera práctica en la que se enfoca la realización o aplicación de los aportes adquiridos.

Como finalidad es una investigación analítica, ya que se ha propuesto una hipótesis y la realización de la investigación es tratar de obtener si es viable aplicarla.

En la presente investigación se debe tomar en cuenta los costos de aplicación de un sistema sanitario que pueda recolectar, y reutilizar las aguas grises, para esto se deben tomar en cuenta tres aspectos; los cuales son: la cantidad de aguas grises que se genera en el edificio, la cantidad de agua reutilizada que se necesita para llenar los tanques de los inodoros y elaborar el presupuesto para la construcción del sistema de reutilización; teniendo todo esto podemos realizar una elaboración del ahorro que genera al reutilizar las aguas grises como solución al llenado de los tanques de los inodoros.

3.2 Metodología del diseño

3.2.1 Descripción del caso de elaboración

La elaboración de esta investigación se la llevará a cabo, considerando como caso de estudio en un edificio ubicado el km 6 vía Samborondón, en la Isla Mocolí, Urbanización Mocolí Golf Club; es un edificio de departamentos llamado "Platinum", este edificio consta de 5 pisos, distribuidos en 10 departamentos con una área 249 m² por departamento, un área social de 327 m², y parqueos con un área de 650m².

3.2.2 Metodología del Diseño de Recolección de las Aguas Grises

El método a utilizar para la captación de las aguas grises, consiste en realizar el trazado de las redes que acogerán las descargas de las duchas y lavamanos de los cuartos de baños, y también los departamentos, una vez establecido estas redes se las dirige hasta las bajantes que por ubicación sean las adecuadas, ubicadas las bajantes en el edificio, se trazan las redes de los colectores en el exterior que son dirigidas hacia el sistema de tratamiento de las aguas grises.

Una vez que se ha realizado el trazado se procede al cálculo de los diámetros de las redes, bajantes y colectores exteriores, para el cálculo las redes bajantes se utilizara el método de hunter el cual consiste en dar un valor asignado a cada pieza sanitaria como unidades de descarga. Luego mediante las tablas se obtienen los diámetros, para los colectores exteriores, se utiliza el método de Manning para dar la certeza que los diámetros sean los adecuados.

Para el tratamiento de las aguas grises se utilizará el tratamiento directo que es un sistema de regeneración y acumulación compacto de aguas grises, que consta de tratamiento de filtración, desinfección y acumulación de aguas grises.

3.2.3 Metodología del Diseño del Agua Reutilizada

El primer paso de la investigación es comprobar que la cantidad de agua que genera las duchas y lavamos, es más o igual de la que se necesita para el llenado de tanques de los inodoros.

El método a seguir consiste en la elaboración de las redes de distribución del agua reutilizada, tanto en los departamentos, como en la distribución interna de los mismos, para lo cual se asigna un valor de unidades de gasto a los inodoros y se procede a calcular mediante las tablas dadas por el método de Hunter para el diseño de agua potable, que en este caso sería la misma forma que el de agua reutilizada.

Para el cálculo de la columna principal de distribución para todo el edificio, el proceso es diferente, debido a que este se lo realiza con la elaboración del diseño del sistema de bombeo que se necesite utilizar.

3.3 Metodología del Análisis Económico

Una vez cumplidos los objetivos vinculados al componente técnico, es decir el diseño de los sistemas de aprovechamiento y reutilización de aguas grises, se procedió a establecer el presupuesto referencial, únicamente del sistema de aprovechamiento y reutilización.

Por otro lado, se cuantifica los gastos de ahorro de agua potable si la reutilización de las aguas grises no se realizara en la edificación.

De tal manera se podrá comparar ambos valores, los Costos y Beneficios, y se podrá determinar si es factible la inversión económica para producir un costo favorable en función de los resultados del VAN y TIR del proyecto.

Es necesario precisar que para efectos de investigar el impacto económico del proyecto, se consideró dos escenarios: uno correspondiente a una zona con abastecimiento público; y, otro caso

considerando una zona sin abastecimiento público, es decir abastecido mediante tanqueros.

3.4 Metodología del Beneficio Ambiental

Como procedimiento final, no sólo se pueden alcanzar beneficios económicos cuando se habla de desarrollo sostenible, la principal idea a implementar es llegar a reducir el uso de recursos logrando los mismos resultados sin distorsionar el desarrollo de las siguientes generaciones, por otro lado es importante conocer edificaciones que traten sus aguas grises y darles a conocer los beneficios que pueden generarse en el aspecto ambiental.

De la misma forma que para el análisis económico, en el análisis ambiental del proyecto se midieron los beneficios que tiene la implementación del proyecto en medida de los indicadores ambientales, tales como el volumen mensual de agua potable y el valor mensual del consumo de agua potable y la huella hídrica verde para este caso de estudio.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Diseño de la independización y recolección de las aguas grises

Con una recolección independiente, efectiva y rápida de las aguas grises es un objetivo para elaborar un diseño sanitario efectivo; el sistema

estará conformado de ramales que se derivan hacia las bajantes las cuales acogen la descargas provenientes de las aguas grises de las duchas y lavamanos de la edificación, estas bajantes están destinadas a tener una llegada al colector exterior de las aguas grises.

El proceso del diseño sanitario de las redes de aguas grises se realizó comenzando con el diseño de los ramales.

En la tabla # 7 siguiente se establecen los resultados del diseño de los ramales en función del número de piezas y unidades de descargas de acuerdo a la metodología a presentar.

Tabla # 7.- Cálculo de ramales de recolección de aguas grises.

	piezas sanitarias			UD por pieza		
	ramal tipo 1	ramal tipo 2	ramal tipo 3	ramal tipo 1	ramal tipo 2	ramal tipo 3
duchas	2	2	1	4	4	2
lavamanos	4	2	1	8	4	2
total	6	4	2	12	8	4
diámetro				3"	3"	3"

Por lo tanto, en cumplimiento con los datos expuesto el diámetro recomendado es el indicado según la unidades de descarga por la tabla # 5.

Para el cálculo de las bajantes de aguas grises se procedió a determinar que el número de unidades de descargas atribuidas a cada una de ellas en la tabla # 8, se observa la determinación de las unidades de descarga

para cada una de las bajantes asignando el diámetro de las bajantes según la tabla # 6.

Tabla # 8.- Bajantes de recolección de aguas grises.

	bajante 1		bajante 2		bajante 3		bajante 4		bajante 5		bajante 6	
	piezas	UD										
piso 1												
ducha	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
lavamanos	2	4	2	4	4	8	4	8	2	4	2	4
piso 2												
ducha			2	4	2	4	2	4	2	4		
lavamanos			3	6	3	6	3	6	3	6		
piso 3												
ducha			2	4	2	4	2	4	2	4		
lavamanos			3	6	3	6	3	6	3	6		
piso 4												
ducha			2	4	2	4	2	4	2	4		
lavamanos			3	6	3	6	3	6	3	6		
total	4	8	19	38	21	42	21	42	19	38	4	8
Dim. bajantes		3"		3"		3"		3"		3"		3"

Para la elaboración de los diámetros en los colectores se consideró un diámetro mínimo de 110mm; requerido para el mantenimiento; se realizó el cálculo según el criterio de la fórmula de Manning, la cual indica que para un diámetro de 110 mm y una pendiente de 0,5%, esta tubería tolera un $Q = 6,13\text{l/seg}$ con una $V = 0,64\text{m/seg}$, adicionalmente, se considerara los caudales instantáneos que generan los lavamanos y duchas expuestos por la Tabla # 1

Se procedió a realizar los cálculos, tramo por tramo como lo indica el siguiente cuadro, en el cual se puede verificar que ningún tramo excede el caudal de 6,13 l/seg.

Tabla # 9.- Colectores exteriores de aguas grises.

Tramo		CANT. P. SAN.		CAUDAL		Q AASS	Q AASS Instant.	Q Infiltrac.	Q total por Tramo	Datos de Entrada			Datos Hidráulicos	
Inicial	final	Lav.	Ducha	Lav.	Ducha					Long.	Diám.	Pen.	Vel.	Qtub
						l/s	l/s	l/s	l/s	m	mm	%	m/seg	l/seg
1	2	1	1	0,15	0,2	0,350	0,070	0,001	0,071	5,06	110,00	0,5%	0,64	6,13
2	3	3	3	0,15	0,2	1,050	0,210	0,002	0,212	9,07	110,00	0,5%	0,64	6,13
3	4	12	15	0,15	0,2	4,800	0,960	0,001	0,961	4,61	110,00	0,5%	0,64	6,13
4	5	12	15	0,15	0,2	4,800	0,960	0,003	0,963	12,76	110,00	0,5%	0,64	6,13
5	12	22	28	0,15	0,2	8,900	1,780	0,001	1,781	5,31	110,00	0,5%	0,64	6,13
6	7	1	1	0,15	0,2	0,350	0,070	0,001	0,071	5,06	110,00	0,5%	0,64	6,13
7	8	3	3	0,15	0,2	1,050	0,210	0,002	0,212	9,07	110,00	0,5%	0,64	6,13
8	10	12	15	0,15	0,2	4,800	0,960	0,001	0,961	4,61	110,00	0,5%	0,64	6,13
9	10	2	2	0,15	0,2	0,700	0,140	0,002	0,142	9,57	110,00	0,5%	0,64	6,13
10	11	14	17	0,15	0,2	5,500	1,100	0,003	1,103	12,60	110,00	0,5%	0,64	6,13
11	12	24	30	0,15	0,2	9,600	1,920	0,000	1,920	1,73	110,00	0,5%	0,64	6,13
12	13	46	48	0,15	0,2	16,500	3,300	0,003	3,303	16,05	110,00	0,5%	0,64	6,13
13	PTAR	46	48	0,15	0,2	16,500	3,300	0,002	3,302	12,44	110,00	0,5%	0,64	6,13

Como se observa en la tabla # 9 el caudal del proyecto es de 3,302 l/seg y la captación de la tubería de 110 mm a 0,5% de pendiente es de 6,13 l/seg por tanto la relación de caudal real sobre caudal teórico es $Q_r/Q_t = 0,54$.

4.2 Diseño de la Reutilización de las Aguas Grises Tratadas

4.2.1 Factibilidad Técnica

Los primeros aspectos indispensable para la realización de este análisis, es la verificación que las aguas grises que generan las duchas y lavamanos es mayor al agua que se necesitaría para el llenado de tanque de los inodoros, para este efecto se considera que para ducha y lavamanos genera (48 litros) y (17,6 litros) por habitante al día respectivamente en términos unitarios, entre tanto el inodoro genera (24,7) por habitante al día; es decir que factible en términos de volumen.

Reutilizar la aguas grises de duchas y lavamanos es factible, incluso se genera un sobrante del 62.35% lo que se observa en la tabla # 10.

Tabla # 10.- Análisis de factibilidad

ducha	48l/hab	inodoro	24,7 l/hab
lavamanos	17,6 l/hab		
total	65,6 l/hab		24,7 l/hab
diferencia	40,9 l/hab		62,35%

4.2.2 Diseño de Equipo de Bombeo de Aguas Grises Tratadas

Siguiendo la metodología expuesta en el capítulo dos el cálculo del equipo de bombeo, se inicia con el conteo de los inodoros que existen en la edificación, para obtener el caudal máximo instantáneo (QMI); para los inodoros de tanques está establecido un caudal de 0.1 l/g , se procedió a establecer el factor de simultaneidad establecido en la figura # 2, con estos datos y con la formula # 2 se obtuvo el caudal máximo instantáneo, posteriormente se estableció la presión dinámica la cual está dado por la formula # 3.

Para el cálculo del equipo de bombeo se consideró la información que se muestra en cuadro siguiente.

Tabla # 11.- Equipo de bombeo.

APARATOS	CANTIDAD	CAUDAL INSTANTANEO	CAUDAL TOTAL (l/s)	
INODOROS TANQUE	53	0,1	5,3	
		k simultaneidad=	20%	20 A 25%
CAUDAL MAX INSTANTANEO		1,06 Lts/seg		
		17 GPM		
PRESION DINAMICA				
Presión dinámica = $((z)P \text{ estática} + P. \text{ carga} + P \text{ res}) \times 1,1$				
Presión Estática =		20 m		
Presión Residual =		14 m		
Pérdidas de carga =		1,949 m		
EN LA SUCCION =		EN LA IMPULSION		
DIAMETRO DE SUCCION (mm) =	40 mm	DIAMETRO DE IMPULSION (mm) =	40 mm	
COEFICIENTE DE FRICCION C =	150	COEFICIENTE DE FRICCION C =	150	
LONGITUD DE SUCCION TOTAL L=	4 m	LONGITUD DE IMPULSION TOTAL L=	30	
LONG. HORIZONTAL =	3 m	LONG. HORIZONTAL =	15 m	
H ESTATICA VERTICAL	1 m	H ESTATICA VERTICAL =	15 m	
PERDIDAS TOTAL		PERDIDAS TOTAL		
PERDIDAS POR FRICCION m/m =	0,020	PERDIDAS POR FRICCION m	0,020	
PERDIDAS POR FRICCION L =	0,079 m	PERDIDAS POR FRICCION L :	0,592 m	
PERDIDAS POR VELOCIDAD =	0,036 m	PERDIDAS POR VELOCIDAD	0,036 m	
PERDIDAS POR CODOS =	0,084 m	PERDIDAS POR CODOS =	0,335 m	
PERDIDAS POR REDUCCION =	0,016 m	PERDIDAS POR AMPLIACION	0,008 m	
PERDIDA POR VALVULA DE PIE	0,392 m	PERDIDA POR REDUCCION:	0,048 m	
		PERDIDA POR VALVULA CONTROL=	0,070 m	
TDH EN LA SUCCION	0,606 m	PERDIDA POR CHECK =	0,253 m	
		TDH EN LA IMPULSION	1,343 m	
Presión dinámica =		35,949 m		
		52 psi		
Se instalará un Sistema de presión constante, con dos bombas funcionando alternadamente				
		Cantidad	2 bombas	
			1,06 l/s	
		CAUDAL	17,00 GPM	
		PRESION	52,00 PSI	
		POTENCIA	2,00 HP	

Por tanto, los resultados de la presentación establecen un equipo de bombeo de 2 HP, 17 GPM y presión de 52 PSI

4.2.3 Diseño de Redes de Agua Grises Tratadas

Para realizar el diseño de las redes de agua grises tratadas se utiliza el método de "Hunter" para agua potable, el cual comenzó calculando las redes principales y los ramales internos que se distribuirán a cada

departamento, se consideró la tabla # 3, que mediante la elaboración de los siguientes cuadros se encuentran los diámetros a utilizarse para el diseño de las aguas grises tratadas.

Tabla 12.- Redes principales de los departamentos.

Descripción	inodoro tanque por dep.	UDG	Diametro
		dep	Conexión
dep 1 -pb y p1	5	15	3/4"
dep 2 -pb y p2	5	15	3/4"
dep 3 -pb y p1	5	15	3/4"
dep 4 -pb y p1	5	15	3/4"
dep 5	5	15	3/4"
dep 6	5	15	3/4"
dep 7	5	15	3/4"
dep 8	5	15	3/4"
dep 9	5	15	3/4"
dep 10	5	15	3/4"

Tabla 13.- Ramales internos de los departamentos.

Descripción	inodoro tanque	UDG	Diametro
para 2 inodoros	2	6	1/2"
para 3 inodoros	3	9	3/4"
para 4 inodoros	4	12	3/4"

Como se observa en la tabla # 12 el diámetro de la red de cada departamento es equivalente a $\frac{3}{4}$ ", y con la tabla # 13 se procedió a dimensionar las redes que acojan hasta 2 inodoros estableciendo un diámetro de $\frac{1}{2}$ ".

4.3 Factibilidad Económica

4.3.1 Presupuesto del Sistema de Reutilización de Aguas Grises

Para realizar el presupuesto se consideró los rubros que se adicionarían, esto implica incrementar un 21 % del presupuesto original del sistema sanitario, para esto el único dato que se debe calcular fuera de los anteriores es el de la capacidad del equipo de tratamiento de aguas grises que se va a incorporar, para lo cual se realizó de la siguiente manera.

Se consideró que el promedio de habitantes por departamento es de cinco personas, y para el cálculo total se estima un factor del 20% por personas de visitas, personal de mantenimiento o choferes, dando este un total de 60 personas, cantidad que se establece por la dotación de cantidad de agua generada para el tratamiento de 1482 litros por día, en virtud de la cual se define la capacidad comercial de la planta de tratamiento de 1600 litros por día, cuyos valor se incluye en el presupuesto.

Tabla # 14.- Presupuesto con Reutilización de Aguas Grises

PRESUPUESTO CON REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS					
CODIGO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P. UNITARIO	P. TOTAL
1.-	SISTEMA DE AGUA TRATADA-				
1,01	Tubería y accesorios de Polipropileno termofusión d=40mm	ml	50,04	\$ 8,55	\$ 427,84
1,02	Tubería y accesorios de Polipropileno termofusión d=25mm	ml	104,2	\$ 5,15	\$ 536,63
1,03	Tubería y accesorios de Polipropileno termofusión d=20mm	ml	205,7	\$ 4,20	\$ 863,94
1,04	Válvula de compuerta d = 1/2"	U	53	\$ 15,04	\$ 797,12
1,05	Válvula de compuerta d = 3/4"	U	10	\$ 19,54	\$ 195,40
1,06	Instalación de Equipo de bombeo (incluye 2 bombas de 2 HP, y panel de control)	Global	1	\$ 3.300,00	\$ 3.300,00
1,07	Soportes para tubería	U	160	\$ 5,21	\$ 833,60
SUBTOTAL AGUA TRATADA					\$ 6.954,53
2.-	SISTEMA DE AGUAS GRISAS				
2,01	Colector de PVC NOVAFORT ø 110mm	ml	107,94	\$ 10,05	\$ 1.084,80
2,02	Redes de PVC Desague ø 50mm (incl. accesorios)	ml	86,42	\$ 4,51	\$ 389,75
2,03	Redes de PVC Desague ø 75mm (incl. accesorios)	ml	111,76	\$ 7,10	\$ 793,50
2,04	Bajante de PVC Desague ø 75mm (incl. accesorios)	ml	52	\$ 7,54	\$ 392,08
2,05	sistema de tratamineto de aguas grises (trata y almacena 1600 litros por dia , incluye importacion)	Global	1	\$ 4.928,90	\$ 4.928,90
2,06	cajas de registro (pvc)	U	13	\$ 90,00	\$ 1.170,00
2,07	Soportes para tubería	U	100	\$ 5,21	\$ 521,00
SUBTOTAL AGUAS GRISAS					\$ 9.280,03
TOTAL DEL PRESUPUESTO					\$ 16.234,56

4.3.2 Caso de Análisis con Abastecimiento Público.

Para realizar el análisis del proyecto con abastecimiento público se tomaron en cuenta los factores, Valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR)

El costo de inversión inicial es el valor monetario que se requiere invertir para elaborar el proyecto, los cuales constan de los sistemas adicionales a aplicarse en la edificación, esto se encuentra establecido en el presupuesto antes mencionado.

El proyecto analizándolo con un sistema de abastecimiento de la red pública, genera un costo que se establece de la siguiente forma:

Tabla # 15.- Abastecimiento de Agua Potable por Red Pública.

1M3	1,44	\$/m3
metro 3 por dia	1,48	
valor por dia	2,13	
valor por mes	64,02	\$/mes
valor por año	768,27	\$/año

Para esta propuesta se analizó los ingresos que provienen de los m3 que se utilizaría para el llenado de los tanques de los inodoros, considerando el valor del agua por suministro público.

Por la otra parte, los egresos provienen de los gastos de mantenimiento y consumo de energía del equipo de bombeo adicional, para lo cual se aplicó el porcentaje de inflación anual del 3.5%

Tabla # 16.- Ingresos- Egresos con abastecimiento publico

flujo ingresos		flujo egresos	
año		año	
1	\$ 768,27	1	\$ 175,25
2	\$ 795,16	2	\$ 181,38
3	\$ 822,99	3	\$ 187,73
4	\$ 851,79	4	\$ 194,30
5	\$ 881,61	5	\$ 201,10
6	\$ 912,46	6	\$ 208,14
7	\$ 944,40	7	\$ 215,43
8	\$ 977,45	8	\$ 222,97
9	\$ 1.011,66	9	\$ 230,77
10	\$ 1.047,07	10	\$ 238,85
11	\$ 1.083,72	11	\$ 247,21
12	\$ 1.121,65	12	\$ 255,86
13	\$ 1.160,91	13	\$ 264,81
14	\$ 1.201,54	14	\$ 274,08
15	\$ 1.243,59	15	\$ 283,68
16	\$ 1.287,12	16	\$ 293,60
17	\$ 1.332,17	17	\$ 303,88
18	\$ 1.378,79	18	\$ 314,52
19	\$ 1.427,05	19	\$ 325,52
20	\$ 1.477,00	20	\$ 336,92
total	\$ 21.726,40	total	\$ 4.956,01

Tabla # 17.- Diferencia Egresos-Ingresos con la red publica

diferencia ingresos -egresos	
año	
1	\$ 768,27
2	\$ 613,77
3	\$ 635,26
4	\$ 657,49
5	\$ 680,50
6	\$ 704,32
7	\$ 728,97
8	\$ 754,49
9	\$ 780,89
10	\$ 808,22
11	\$ 836,51
12	\$ 865,79
13	\$ 896,09
14	\$ 927,46
15	\$ 959,92
16	\$ 993,51
17	\$ 1.028,29
18	\$ 1.064,28
19	\$ 1.101,53
20	\$ 1.140,08
total	\$ 16.945,63

Para obtener el valor neto actual se procedió aplicar la formula expuesta en el marco teórico.

Tabla # 18.- Tabla de Valor Actual Neto VAN y Tasa Interna de Retorno TIR para Análisis Económico por Medio de Abastecimiento Publico

n	fn	(1+i)^n	FN/(1+i)^n
0	\$ (16.234,56)		\$ (16.234,56)
1	\$ 768,27	1,12	\$ 685,95
2	\$ 613,77	1,25	\$ 489,30
3	\$ 635,26	1,40	\$ 452,16
4	\$ 657,49	1,57	\$ 417,85
5	\$ 680,50	1,76	\$ 386,14
6	\$ 704,32	1,97	\$ 356,83
7	\$ 728,97	2,21	\$ 329,75
8	\$ 754,49	2,48	\$ 304,72
9	\$ 780,89	2,77	\$ 281,60
10	\$ 808,22	3,11	\$ 260,23
11	\$ 836,51	3,48	\$ 240,48
12	\$ 865,79	3,90	\$ 222,23
13	\$ 896,09	4,36	\$ 205,36
14	\$ 927,46	4,89	\$ 189,78
15	\$ 959,92	5,47	\$ 175,37
16	\$ 993,51	6,13	\$ 162,06
17	\$ 1.028,29	6,87	\$ 149,76
18	\$ 1.064,28	7,69	\$ 138,40
19	\$ 1.101,53	8,61	\$ 127,89
20	\$ 1.140,08	9,65	\$ 118,19
		VAN	\$ (10.540,51)
		TIR	-10%

Como se observa el valor actual neto es negativo, para el TIR lo recomendado es que el valor sea igual o mayor a la tasa impuesta por la inversión en este análisis el proyecto se le aplicó una tasa del 12%.

Tabla # 19.- Cuadro de análisis económico con abastecimiento público

Inversión Inicial	\$ 16.234,56
Tasa de Interés	12,00%
VAN	(\$ 10.540,51)
TIR	-10,00%

4.3.3 Caso de Análisis con Abastecimiento por Tanqueros

Para realizar el análisis del proyecto con abastecimiento por tanqueros se tomaron en cuenta los mismos factores para la elaboración de análisis por abastecimiento público; tomando en cuenta que la inversión inicial es igual para ambos análisis económicos.

El proyecto analizándolo con un sistema de abastecimiento de agua potable por tanqueros, genera un costo que se establece de la siguiente forma:

Tabla # 20.- Abastecimiento de agua potable por tanqueros.

1M3	5,71	\$/m3
metro 3 por dia	1,48	
valor por dia	8,46	
valor por mes	253,87	\$/mes
valor por año	3046,40	\$/año

Para esta propuesta se consideró el mismo análisis y se utilizó el mismo porcentaje de inflación anual.

Tabla # 21.- Ingresos- Egresos con abastecimiento por tanqueros

flujo ingresos		flujo egresos	
año		año	
1	\$ 3.046,40	1	\$ 175,25
2	\$ 3.153,02	2	\$ 181,38
3	\$ 3.263,38	3	\$ 187,73
4	\$ 3.377,60	4	\$ 194,30
5	\$ 3.495,81	5	\$ 201,10
6	\$ 3.618,17	6	\$ 208,14
7	\$ 3.744,80	7	\$ 215,43
8	\$ 3.875,87	8	\$ 222,97
9	\$ 4.011,53	9	\$ 230,77
10	\$ 4.151,93	10	\$ 238,85
11	\$ 4.297,25	11	\$ 247,21
12	\$ 4.447,65	12	\$ 255,86
13	\$ 4.603,32	13	\$ 264,81
14	\$ 4.764,43	14	\$ 274,08
15	\$ 4.931,19	15	\$ 283,68
16	\$ 5.103,78	16	\$ 293,60
17	\$ 5.282,41	17	\$ 303,88
18	\$ 5.467,30	18	\$ 314,52
19	\$ 5.658,65	19	\$ 325,52
20	\$ 5.856,71	20	\$ 336,92
total	\$ 86.151,20	total	\$ 4.956,01

Tabla #22.- Diferencia Egresos-Ingresos por tanqueros

diferencia ingresos -egresos	
año	
1	\$ 3.046,40
2	\$ 2.971,64
3	\$ 3.075,65
4	\$ 3.183,29
5	\$ 3.294,71
6	\$ 3.410,02
7	\$ 3.529,38
8	\$ 3.652,90
9	\$ 3.780,76
10	\$ 3.913,08
11	\$ 4.050,04
12	\$ 4.191,79
13	\$ 4.338,50
14	\$ 4.490,35
15	\$ 4.647,51
16	\$ 4.810,18
17	\$ 4.978,53
18	\$ 5.152,78
19	\$ 5.333,13
20	\$ 5.519,79
total	\$ 81.370,44

Tabla # 23.- Tabla de Valor Actual Neto VAN y Tasa Interna de Retorno
TIR para Análisis Económico por Medio de Abastecimiento por Tanquero

n	fn	(1+i)^n	FN/(1+i)^n
0	\$ (16.234,56)		\$ (16.234,56)
1	\$ 3.046,40	1,12	\$ 2.720,00
2	\$ 2.971,64	1,25	\$ 2.368,97
3	\$ 3.075,65	1,40	\$ 2.189,18
4	\$ 3.183,29	1,57	\$ 2.023,04
5	\$ 3.294,71	1,76	\$ 1.869,51
6	\$ 3.410,02	1,97	\$ 1.727,62
7	\$ 3.529,38	2,21	\$ 1.596,51
8	\$ 3.652,90	2,48	\$ 1.475,35
9	\$ 3.780,76	2,77	\$ 1.363,38
10	\$ 3.913,08	3,11	\$ 1.259,91
11	\$ 4.050,04	3,48	\$ 1.164,29
12	\$ 4.191,79	3,90	\$ 1.075,93
13	\$ 4.338,50	4,36	\$ 994,27
14	\$ 4.490,35	4,89	\$ 918,81
15	\$ 4.647,51	5,47	\$ 849,08
16	\$ 4.810,18	6,13	\$ 784,64
17	\$ 4.978,53	6,87	\$ 725,10
18	\$ 5.152,78	7,69	\$ 670,07
19	\$ 5.333,13	8,61	\$ 619,21
20	\$ 5.519,79	9,65	\$ 572,22
		VAN	\$ 10.732,54
		TIR	7,6%

Como se observa el valor actual neto es positivo, para el TIR lo recomendado es que el valor sea igual o mayor a la tasa impuesta por la inversión en este análisis el proyecto se le aplicó una tasa del 12%.

Tabla # 24.- Cuadro Periodo Recuperación

Año	\$	VAN/año
1	\$ 3.046,40	\$ 2.720,00
2	\$ 3.153,02	\$ 5.873,02
3	\$ 3.263,38	\$ 9.136,40
4	\$ 3.377,60	\$ 12.514,00
5	\$ 3.495,81	\$ 16.009,81
6	\$ 3.618,17	\$ 19.627,98

Tabla # 25.- Cuadro de análisis económico del proyecto

Inversión Inicial	\$ 16.234,56
Tasa de Interés	12,00%
VAN	\$ 10.732,54
TIR	7,60%
Periodo recuperación	6

4.3.4 Interpretación de Resultados

Como lo indica la teoría de valor actual neto VAN cuando es un valor mayor a cero el proyecto da valores que aportan ganancias, para el análisis de la tasa interna de retorno TIR es mayor que la tasa de interés que se propuso en el proyecto la apuesta económica es viable.

En el análisis económico en el cual se considera con abastecimiento público se observa en la tabla # 19 que el valor de VAN es de (\$ - 10.540,51) y un TIR (-10%), para el análisis económico por abastecimiento de tanquero se observa en la tabla # 25 que el valor de VAN es de (\$ 10.732,54), un TIR (7.6%) y un periodo de recuperación de 6 años.

Como se puede apreciar los resultados del análisis económico establecen que el proyecto, para el caso del abastecimiento con red pública no es rentable y, para el caso del abastecimiento mediante tanquero, es rentable pero bajo una tasa de interés inferior a la tasa de oportunidad; al respecto, es necesario precisar que el presente análisis ha sido efectuado considerando una visión enteramente comercial, es decir de inversión; motivo por el cual no se han cuantificado otros

beneficios que podrían generar como, la revalorización de los predios por manejo adecuado de las aguas grises, disminución de los costos de operación y mantenimiento de planta de tratamiento; análisis que está fuera del alcance de los objetivos de esta investigación, no obstante es necesario precisarlo como una alternativa que pudiera arrojar resultados favorables.

4.4 Evaluación Ambiental

Potencial del Ahorro del Agua Potable

Con la implementación de la propuesta de reutilizar las aguas grises se puede medir el ahorro de dos formas que benefician al ambiente como a la comunidad, por un lado el ahorro económico como ya se observó en el ítem anterior, y también el ahorro del suministro de agua potable.

4.4.1 Consumo Mensual de Agua Potable por Abastecimiento de Red Pública

El consumo del mes de agua potable que se destinaria para el llenado de tanques de inodoros, si no se contara con el sistema de reutilización de aguas grises tratadas seria de 1,48 m³/día lo que equivaldría a 44,4 m³/mes.

En el Ecuador, específicamente en la ciudad de Guayaquil, una persona promedio consume alrededor de 6,5 m³/hab/mes. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2012)

Esto significa que con el ahorro de volumen de agua potable, el proyecto sería capaz de abastecer a 7 personas durante un mes con este servicio.

Costo de Suministro Mensual de Agua Potable

En términos económicos, se ha descrito que el volumen de agua potable ahorrado es de 44,4 m³/mes, si el m³ que suministra la red pública tiene un valor de \$1,44/m³, podemos contar con un ahorro de \$ 64,02/ mes.

Si el salario mínimo actual está alrededor de los \$354 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2012) con este ahorro mensual se puede generar fuente de ingreso aproximadamente para 1 trabajador cada seis meses.

El costo de la canasta básica se ubica en los \$628,27 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2012) con el ahorro mensual proyectado se podría abastecer de alimento una vez al año a 1 familia aproximadamente.

Huella Hídrica

La huella hídrica de una persona, empresa o país se define como el volumen total de agua dulce usada para producir los bienes y servicios consumidos por dicha persona, empresa o país. La huella hídrica se expresa por lo general en términos de volumen de agua utilizada por año (UNESCO Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2006)

La producción de 1 kilo de:

- arroz requiere 3 m³ de agua
- maíz requiere 0.9m³ de agua

- trigo requiere 1.350 m³ de agua
- carne de vacuno requiere 16 m³ de agua.

Con el ahorro anual de aproximadamente 540,93 m³ de agua la huella hídrica la industria se disminuiría de tal manera que sería posible producir:

- 180 kilos de arroz
- 600 kilos de maíz
- 400 kilos de trigo
- 33.81 kilos de carne de vacuno.

Esto es utilizar apropiadamente un recurso, es la base del desarrollo sostenible.

4.4.2 Consumo Mensual de Agua Potable por Abastecimiento de Tanqueros

Costo de Suministro Mensual de Agua Potable por medio de Tanqueros

En términos económicos, se ha dicho que el volumen de agua potable ahorrado es de 44,4 m³/mes si el m³ que suministran los tanqueros tiene un valor de \$5,71/m³, se podrá contar con un ahorro de \$ 253,87/ mes.

Si el salario mínimo actual está alrededor de los \$354 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2012) con este ahorro mensual se puede generar fuente de ingreso aproximadamente para 1 trabajador cada dos meses.

El costo de la canasta básica se ubica en los \$628,27 (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2012) con el ahorro mensual proyectado se podría abastecer de alimento a una familia cada 3 meses aproximadamente.

Huella Hídrica

La huella hídrica de una persona, empresa o país se define como el volumen total de agua dulce usada para producir los bienes y servicios consumidos por dicha persona, empresa o país. La huella hídrica se expresa por lo general en términos de volumen de agua utilizada por año (UNESCO Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2006)

La producción de 1 kilo de:

- arroz requiere 3 m³ de agua
- maíz requiere 0.9m³ de agua
- trigo requiere 1.350 m³ de agua
- carne de vacuno requiere 16 m³ de agua.

Con el ahorro anual de aproximadamente 540,93 m³ de agua la huella hídrica la industria se disminuiría de tal manera que sería posible producir:

- 180 kilos de arroz
- 600 kilos de maíz
- 400 kilos de trigo

- 33.81 kilos de carne de vacuno.

Esto es utilizar apropiadamente un recurso, es la base del desarrollo sostenible.

Otros indicadores complementarios.

Si bien es cierto en los ítems anteriores han sido determinados una gama de indicadores ambientales típicos; no obstante, debido a las características del presente proyecto es prudente complementar esta información con los siguientes aspectos de importancia ambiental.

- El hecho de reutilizar aguas grises en un volumen de 1.48 m³/día, quiere decir que este volumen de agua no ingresará al Sistema Público de Alcantarillado; por tanto, los riesgos por desbordes de aguas residuales en las redes de alcantarillado disminuyen y sus consecuentes afectaciones a la salud pública; además de la consecuente mejora en la plusvalía.
- Consecuente con el análisis antes realizado, la reutilización del agua gris motiva un beneficio ambiental en el sentido que este volumen dejará de ser tratado y descargado a un cuerpo receptor.
- Por último y dentro del ámbito económico ambiental, al reutilizar las aguas grises en 1.48 m³/día, implica el construir una planta de tratamiento de menor caudal.

Lo anterior expuesto permite entender que, si bien es cierto el proyecto en términos de rentabilidad de la inversión, no genera un impacto; considerando beneficios ambientales, más allá de los típicos indicadores

ambientales, vinculados a la salud pública y a los ahorros por tratamiento de aguas residuales, se genera un impacto positivo ambiental representativo; por tanto, en términos de Política Pública debería ser aplicado puesto que la reducción en la recolección, transporte, tratamiento y descarga final se reduce en aproximadamente el 11.38%.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

Tomando en cuenta la información recopilada, se obtuvo las siguientes conclusiones:

Para elaborar un diseño práctico y planteado de manera correcta, en el cual se canalice las aguas grises para su reutilización, se puede utilizar los mismos criterios para el sistema tradicional de diseño de aguas servidas.

En el diseño de los colectores exteriores de las aguas grises se obtuvo como resultado que una tubería de 110 mm, es suficiente para el drenaje de las aguas grises, con un coeficiente de Caudal Teórico vs. Caudal Real del 54 %.

Los volúmenes de aguas grises generadas por los lavamanos y duchas para el llenado de los tanques de los inodoros corresponden al 37.65 % de las aguas grises que genera en su totalidad el proyecto.

La aplicación de un sistema de reutilización de aguas grises incide en una inversión adicional sobre los proyectos tradicionales.

En el caso de la aplicación de un sistema de reutilización de aguas grises en lugares con abastecimiento público de agua potable los resultados indican que, en términos de inversión, el proyecto no es rentable; únicamente analizando como gastos el consumo de agua potable.

Sobre el caso de aplicarse un sistema de reutilización de aguas grises en lugares de abastecimiento con tanqueros el proyecto es rentable con una tasa interna de retorno por debajo de la tasa de oportunidad del proyecto, únicamente analizando, como gastos el consumo de agua potable.

El volumen de agua por el uso de inodoros representa el 11.38% del volumen de agua de uso doméstico total; por tanto, la reutilización de las aguas del inodoro motiva una disminución de la descarga de aguas residuales en este mismo porcentaje.

Similar al caso anterior, si se lograra la reutilización de las aguas grises en su totalidad, se llegaría a disminuir las descargas a las redes públicas aproximadamente en 30.30%.

Se podría dar una disminución en esos mismos porcentajes para plantas de tratamientos, tuberías, personal de mantenimiento, entre otros rubros que ayudarían en el ámbito ambiental y económico.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos y las diferentes variables analizadas como parte de esta investigación se recomienda lo siguiente:

Investigar acerca de los gastos por aspectos de salud como consecuencia de la reutilización de las aguas grises.

Investigar otras opciones de orden domésticas del para el re-uso de las aguas grises.

Investigar el impacto económico de la reutilización de aguas grises en edificaciones de un mayor número de niveles y áreas utilizadas, considerando la reutilización total de las aguas grises generadas.

Investigar, en campo, si las bajantes de 3" funcionan de manera correcta para la recolección y transporte de las aguas grises.

Bibliografía

- (s.f.). Recuperado el 05 de diciembre de 2013, de
<http://metodologia02.blogspot.com/p/operacionalizacion-de-variables.html>
- AGENDA DE LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE. (2006). *AGENDA DE LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE*. Obtenido de
http://www.csostenible.net/index.php/es/casos_practics/siete-viviendas-publicas-mataro
- Arronte, F. G. (2004). *AGUA.ORG.MX*. Obtenido de
http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=article&id=21173:44-formas-de-cuidar-el-agua&catid=1555:consejos-de-ahorro-de-agua&Itemid=300079
- Astorqui, J. S. (s.f.). Recuperado el 05 de diciembre de 2013, de
http://www.euatm.upm.es/santacruz/Documentos/informeAGUAS_RESIDUAL ES.pdf
- AYALA, P. I. (s.f.). PROGRAMA DE ESTUDIO ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL UNIVERSIDAD DE GYE. GUAYAQUIL.
- CARAZO, I. J. (25 de junio de 2009). Recuperado el 04 de diciembre de 2013, de
www.five.es/cursos-jornadas/Agua250609/C_Ignacio_Palma_Carazo/4.pdf
- CARMONA, R. P. (2002). *DISEÑO DE INSTALACIONES HIDROSANITARIAS Y DE GAS PARA EDIFICIOS*. BOGOTÁ: ECOE EDICIONES.
- CARWASH. (2000). *CARWASH*. Obtenido de
http://www.carwash.nicotinamedia.com/mambiente_reciclaje.html
- CYCLUS ID. (2001). *CYCLUS ID*. Obtenido de <http://www.cyclucid.com/tecnologias-aguas-residuales/tipologias/>
- El Telegrafo. (16 de junio de 2014). La Huella Hidrica.
- HARO, G. (15 de MAYO de 2012). *ARQZINE*. Obtenido de
<http://arqzine.com/mag/sustentable/reutilizar-agua-un-medio-que-todos-podemos-lograr-en-casa/>
- Lingner, D. I. (s.f.). Recuperado el 04 de diciembre de 2013, de
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/ecuador10/gris.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2014). *Sistema nacional de indicadores ambientales*. Obtenido de
<http://licenciamiento.ambiente.gob.ec:8090/environmentalIndicators/pages/welcome.jsf>

- MORENO, E. (13 de AGOSTO de 2013). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION, PAUTAS PARA HACER UNA TESIS*. Obtenido de <http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/concepto-de-diseno-de-investigacion.html>
- MUNOZ, M. P. (2011). *UNIVERSIDAD ARTURO PRAT DEL ESTADO DE CHILE*. Obtenido de <http://www.mpuga.com/docencia/Fundamentos%20de%20Finanzas/Van%20y%20Tir%202011.pdf>
- PEREZ, G. (s.f.). *INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS EN EDIFICIOS*. Obtenido de <http://hidraulica.umich.mx/bperez/APUNTES%20INST-HID-SAN.pdf>
- RNA 21. (2007). *TODO AGUAS GRISES*.
- Santafé, M. F. (s.f.). Recuperado el 16 de diciembre de 2013, de http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6263/4/03_Mem%C3%B2ria.pdf
- TENORIO, R. G. (2001). Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/134/1/163.pdf>
- Tijuana, C. E. (2007). *CUIDOELAGUA.ORG*. Obtenido de <http://www.cuidoelagua.org/empapate/origendelagua/tiposagua.html>
- UNESCO. (23 de junio de 2006). *Organizacion de las naciones unidas para la educacion, la ciencia y la cultura*. Obtenido de http://www.unesco.org/water/news/newsletter/145_es.shtml

Anexos

Anexo A.- Planos de redes para recolección de las aguas grises

Anexo B.- Planos de redes de agua reciclada

