



Disertación

Maestría en Ingeniería Civil - Construcciones Civiles

***Estudio de Eficiencia Hídrica para un Edificio
Residencial en la ciudad de Quito - Ecuador***

William David Borja Quintanilla

Leiria, junio de 2018

Esta página foi intencionalmente deixada em branco



Disertación

Maestría en Ingeniería Civil - Construcciones Civiles

***Estudio de Eficiencia Hídrica para un Edificio
Residencial en la ciudad de Quito - Ecuador***

William David Borja Quintanilla

Disertación de Maestría realizada bajo la orientación del Doctor Ricardo de Jesus Gomes, Profesor de la Escuela Superior de Tecnología y Gestión del Instituto Politécnico de Leiria con la coordinación de la Doctora Carla Pimentel Rodrigues, Directora Técnica de ANQIP y del Magister Salomón Jaya, Profesor de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Central del Ecuador

Leiria, junio de 2018

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

DEDICATORIA

Este Trabajo Final de Maestría que con gran cariño y anhelo fue realizado, no hubiera sido posible sin el apoyo de personas muy importantes en mi vida tanto en el ámbito familiar como profesional, que con su granito de arena me apoyaron en cada etapa del desarrollo de este proyecto y que ahora se plasma en la presente disertación.

Por esta razón le dedico con mucho cariño este trabajo de graduación a mis padres, William y Soñita, los pilares fundamentales de mi vida que gracias a su esfuerzo, dedicación y amor hacia sus hijos, me enseñaron el valor verdadero de las cosas, y que nada en la vida llega sin sacrificio, por ser un ejemplo de personas, padres y amigos que día a día trabajan duro por sus hijos, que me enseñaron a nunca darme por vencido y más que todo a siempre triunfar en la vida, todo lo logrado en mi vida y ahora este trabajo final de mi maestría es gracias y para ustedes papitos.

A mis dos hermosas hermanitas, quienes son mi debilidad, Mishelita y Emilita, ustedes que siempre han estado ahí para mí en cada momento de mi vida, en mis victorias y mis tropiezos, gracias por ser parte de mi vida, les dedico con mucho cariño mi trabajo final de maestría.

Por ultimo quiero dedicar este trabajo a una personita muy especial en mi vida, que estuvo y ha estado presente en todos los momentos, que me ha apoyado mucho y ha estado ahí para mí desde el día en que la conocí, quien con su hermosa sencillez se ganó mi corazón, y quien sin su apoyo no hubiera logrado culminar con algunos de mis objetivos, mi novia Anita.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar un sincero agradecimiento a mis tutores, el Doctor Ricardo de Jesus Gomes profesor del Instituto Politécnico de Leiria que bajo su tutela y coordinación pude completar el presente proyecto, al Magister Salomón Jaya docente de la Universidad Central del Ecuador que ha estado pendiente de todo el avance de mi Tesis en Ecuador, y a la Doctora Carla Rodrigues perteneciente a la asociación ANQIP, quien con su amplia experiencia en lo relacionado a la Eficiencia Hídrica en edificios colaboró en gran manera a la complementación de esta disertación.

Mi sincero e infinito agradecimiento a la Secretaría de Educación Superior, Tecnología e Innovación (SENESCYT) de la República del Ecuador, quien en conjunto con el programa Globo Común Becas Cofinanciadas Senescyt – Instituto Politécnico de Leiria, nos brindaron la oportunidad de cursar nuestra maestría en el prestigioso Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, y que ahora se ve culminado mediante este proyecto final de maestría.

A mis amigos, parientes, colegas, que estuvieron prestándome su ayuda desinteresada para poder culminar con este proyecto de graduación.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

RESUMEN

El presente estudio crea su necesidad teniendo en cuenta la actual escases de agua a nivel mundial y como agravante el uso desmesurado del mismo en sistemas públicos y privados, por lo que se ve la importancia de implementar medidas para un óptimo aprovechamiento del agua potable.

Dentro de la presente investigación se pretende implementar un sistema con un uso eficiente del agua potable en sistemas prediales a través de la reducción en los consumos de agua, lo cual se puede obtener mediante métodos como la instalación de aparatos sanitarios más eficientes o sistema de aprovechamiento de agua ya sea pluvial o gris para reutilización, para lo cual se ha optado por la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises, ya que el mismo ofrece la ventaja de ser sostenible a futuro y reduce en mayor forma los consumos de agua potable, ofreciendo así una mayor eficiencia hídrica al sistema.

El estudio está desarrollado en la Ciudad de Quito – Ecuador, proyectado para un edificio de uso residencial con 13 pisos altos y 4 subsuelos, dentro del cual se implementa un sistema de aprovechamiento de aguas grises captadas de lavamanos y duchas con su respectiva conducción hacia su almacenamiento a través de los bajantes del edificio, el correspondiente proceso de tratamiento a través de una estructura multi cámaras ubicada en el último subsuelo, y la final redistribución a través de tuberías de abastecimiento de aguas gris hacia cada uno de los aparatos sanitarios a dotar de agua tratada los cuáles son inodoros y urinarios.

Finalmente la investigación presentada realiza una evaluación de Eficiencia Hídrica en el edificio a través de la reducción de consumos de agua basándose en la especificación portuguesa propuesto por la asociación ANQIP para de esta manera determinar la eficacia del sistema propuesto.

Palabras Clave: consumo de agua, agua gris, reutilización, sistemas prediales, eficiencia hídrica.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

ABSTRACT

The present study creates its need taking into account the current water scarcity worldwide and as aggravating the excessive water use in public and private systems, so it is important to implement measures for an optimal use of drinking water.

The aim of this research is to implement a system with an efficient use of drinking water in residential buildings through the reduction in water consumption, which can be obtained through methods such as the installation of more efficient sanitary devices or the use of rainwater or gray water systems for reuse, for which it has opted for the implementation of a gray water reuse system, since it offers the advantage of being sustainable in the future and reduces drinking water consumption in greater form , thus offering greater water efficiency to the system.

The study is developed in the City of Quito - Ecuador, designed for a residential building with 13 high floors and 4 undergrounds, within this is implemented a system of gray water utilization captured from sinks and showers with its respective conduction towards its storage through the downspouts of the building, the corresponding treatment process through a multi-chamber structure located in the last underground, and the final redistribution through gray water supply pipes to each of the sanitary devices to be provided with treated water which are toilets and urinals.

Finally, the presented research makes an assessment of Water Efficiency in the building through the reduction of water consumption based on the Portuguese specification proposed by the ANQIP association in order to determine the effectiveness of the proposed system.

Keywords: water consumption, gray water, reuse, property systems, water efficiency.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Distribución del agua en el mundo	4
Fig. 2 Distribución del agua, población y principales cuencas fluviales en el mundo.....	5
Fig. 3 Escasez de agua a nivel mundial.....	6
Fig. 4 Población mundial proyectada hasta el 2100.....	7
Fig. 5 Incremento y declive poblacional dividido por área en todo el mundo (2000-2080)	8
Fig. 6 Consumo medio de agua en América Latina	9
Fig. 7 Consumo promedio mensual de agua en Ecuador distribuido por provincias.....	10
Fig. 8 Gasto promedio mensual de agua potable en Ecuador distribuido por provincia	11
Fig. 9 Practica de ahorro de agua a nivel nacional.....	11
Fig. 10 Porcentaje de hogares que realizan alguna práctica de ahorro de agua potable	12
Fig. 11 Ciudades con mejor calidad de agua a nivel nacional	12
Fig. 12 Porcentaje de consumo de agua en un edificio	18
Fig. 13 Consumo promedio de agua para diferentes aparatos sanitarios en una vivienda, Ecuador.....	19
Fig. 14 Medidas para aumentar el porcentaje del indicador de eficiencia de utilización de agua.....	21
Fig. 15 Recomendaciones para ahorro de agua a nivel residencial.....	22
Fig. 16 Esquema general de la procedencia y usos para aguas grises y pluviales	23
Fig. 17 Esquema general de área de cocina y lavado en departamentos.....	25
Fig. 18 Esquema general de área de baño y limpieza personal.....	26
Fig. 19 Esquema general de uso de agua en áreas exteriores.....	28
Fig. 20 Niveles de agua no facturada en empresas de agua en el mundo en desarrollo.	30
Fig. 21 Interpretación de pérdida de agua a través de un agujero de 6 mm de diámetro y su volumen equivalente de consumo hacia los usuarios.....	31
Fig. 22 Métodos de intervención para reducir las pérdidas centrales de agua	33
Fig. 23 Relación entre cantidad de fuga (Q) y tiempo de fuga (t).....	35
Fig. 24 Deficiencia en Instalaciones Sanitarias.....	37
Fig. 25 Problemas en tuberías que causan pérdidas de agua.....	38
Fig. 26 Problemas en grifería que causan pérdidas de agua.....	39
Fig. 27 Problemas en inodoros que causan pérdidas de agua	40
Fig. 28 Problemas en estanques de almacenamiento que causan pérdidas de agua.....	40

Fig. 29 Diferencia en detección de fugas grandes y pequeñas	42
Fig. 30 Inspección visual de fuga de agua.....	43
Fig. 31 Medición de presión en un circuito cerrado a través de un manómetro	44
Fig. 32 Ensayo de estanqueidad en sistemas de agua potable residenciales	45
Fig. 33 Obturador sencillo (izquierda) y obturador con bypass (derecha)	46
Fig. 34 Videocámara con cabezal de 13 mm con iluminación integrada para diámetro pequeño.....	47
Fig. 35 Puesto de control y videocámara para diámetro medio	48
Fig. 36 Tractor móvil para traslado de cámara (izquierda) y equipo de control (derecha)	48
Fig. 37 Inspección con geófono en tuberías de distribución de agua potable.....	49
Fig. 38 Utilización de correladores en tuberías	49
Fig. 39 Esquematación de correladores de ruidos de fuga	50
Fig. 40 Equipo para detección de fugas mediante gas trazador	51
Fig. 41 Cámara termografía y la captación de temperatura de una fuga en una habitación	51
Fig. 42 Esquema general para reutilización de aguas pluviales y aguas grises en proyectos residenciales.....	57
Fig. 43 Sistema de aprovechamiento de agua lluvia en edificios.....	60
Fig. 44 Materiales típicos para recolección de agua lluvia pluvial	62
Fig. 45 Tipos de canalizaciones según el material caña de bambú (izquierda), metálico (centro) o de PVC (derecha).....	62
Fig. 46 Interceptor de primeras aguas lluvias.....	65
Fig. 47 Esquema general de un depósito acumulado de agua pluvial de hormigón armado in-situ	68
Fig. 48 Bombas de tipo periférica (izquierda), de tipo sumergible (derecha).....	70
Fig. 49 Esquema de instalación para interceptor de primeras lluvias según la Fig. 46..	72
Fig. 50 Sistema de reutilización de aguas grises en edificios	77
Fig. 51 Esquema general de captación de aguas grises para reutilización	79
Fig. 52 Esquema general del tratamiento que deben tener las aguas grises.....	81
Fig. 53 Agua gris generada y demanda de agua tratada en la descarga de cisternas (WC) en 1 día	83
Fig. 54 Sistema de distribución con recirculación de aguas grises y agua pluvial	85
Fig. 55 Reutilización de aguas grises sin tratamiento para proyectos residenciales	88

Fig. 56 Etapas y procesos generales en un sistema de tratamiento de aguas grises para reutilización	89
Fig. 57 Sistema de tratamiento físico para reutilización de aguas grises	90
Fig. 58 Sistema de tratamiento físico – químico para reutilización de aguas grises	90
Fig. 59 Sistema de tratamiento biológico para reutilización de aguas grises	91
Fig. 60 Fachada principal del Edificio en estudio (13 pisos altos – Ver en Anexo I)....	95
Fig. 61 Distribución Arquitectónica para pisos con 5 departamentos suites.....	98
Fig. 62 Distribución Arquitectónica para pisos con 4 departamentos suites.....	99
Fig. 65 Esquema de conexión sanitaria existente de desagüe de un departamento tipo	132
Fig. 66 Esquema tipo del funcionamiento del decantador	146
Fig. 67 Consumo promedio estimado de agua potable diaria del Edificio (m ³)	162
Fig. 68 Análisis comparativo de consumos de agua potable mensualizados con el nuevo sistema de reutilización de aguas grises (m ³)	166
Fig. 69 Consumo de agua potable en el Edificio anualmente	166
Fig. 70 Rótulos de Eficiencia Hídrica en Aparatos Sanitarios	168
Fig. 71 Curva de Inversión vs Rentabilidad del Sistema de Reutilización	187
Fig. 72 Especificaciones Técnicas para sistemas de reutilización de aguas grises	189
Fig. 73 Detalle de la certificación de Eficiencia Hídrica	190

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Buenas prácticas para reducir consumo de agua en las cocinas y lavadoras....	25
Tabla 2	Buenas prácticas para reducir consumos de agua en baños.....	27
Tabla 3	Buenas prácticas para reducir consumos de agua en áreas externas	28
Tabla 4	Representación del Balance Hídrico según la International Water Association (IWA)	34
Tabla 5	Volumen perdido de agua por fugas en grifos.....	38
Tabla 6	Tipos de inodoros de bajo consumo de agua.....	52
Tabla 7	Tipos de urinario de bajo consumo de agua	53
Tabla 8	Tipos de fluxómetro de bajo consumo de agua	54
Tabla 9	Tipos de regaderas de bajo consumo de agua.....	55
Tabla 10	Tipos de llaves economizadoras para bajo consumo de agua	56
Tabla 11	Uso de agua pluvial en edificios.....	59
Tabla 12	Coefficiente de rugosidad para distintos materiales en tejado.....	61
Tabla 13	Tipos de filtros para sistemas pluviales con sus respectivas características...	64
Tabla 14	Resumen de principales acciones de mantenimiento para el sistema de aprovechamiento de aguas pluviales	71
Tabla 15	Volumen en litros de cloro a colocarse por litro de agua almacenada	74
Tabla 16	Campo de aplicación para sistemas de reutilización de aguas grises en edificios	78
Tabla 17	Demanda de agua de reutilización (gris) en aparatos sanitarios.....	79
Tabla 18	Producción estimada de agua en distintos campos de aplicación.....	80
Tabla 19	Parámetros mínimos de calidad para el agua gris a la entrada de la cisterna de almacenamiento	82
Tabla 20	Requisitos del agua reciclada para poder ser reutilizada tanto en proyectos residenciales y de servicios.....	83
Tabla 21	Control analítico de propiedades del agua en cisternas de inodoros	87
Tabla 22	Control analítico de propiedades del agua para limpieza, lavado y riego	87
Tabla 23	Datos Generales del Proyecto Residencial	94
Tabla 24	Detalle general de todas las áreas de servicio del Proyecto de Estudio	96
Tabla 25	Descripción del Sistema Abastecimiento de Agua Potable del Edificio	101
Tabla 26	Descripción del Sistema de Descarga de aguas servidas del Edificio.....	102

Tabla 27 Cálculo de Caudal Medio Probable del Edificio por el método de los Pesos	106
Tabla 28 Unidades de descarga de aparatos sanitarios	108
Tabla 29 Estaciones Meteorológicas del Distrito Metropolitano de Quito	111
Tabla 30 Datos Pluviométricos medios mensuales anuales de la Estación Meteorológica del Proyecto de Estudio	112
Tabla 31 Datos Pluviométricos de diseño para el Proyecto de Estudio	113
Tabla 32 Detalle de áreas de aguas lluvias para el proyecto de estudio	114
Tabla 33 Volumen de aguas lluvias captadas mensualmente en el Edificio	115
Tabla 34 Aparatos sanitarios en el Proyecto Residencial	117
Tabla 35 Descarga de aparatos sanitarios del Edificio, casa comercial EDESA.....	117
Tabla 36 Consumo de agua en Ecuador para diferentes actividades domésticas	118
Tabla 37 Estimación del volumen de descarga total del Edificio en un día	119
Tabla 38 Volúmenes de aguas de descarga diarios del Edificio.....	122
Tabla 39 Descarga de agua gris reutilizable disponible mensualizada del Edificio....	123
Tabla 40 Análisis Oferta vs Demanda de Agua para el sistema de aguas lluvias	124
Tabla 41 Usos del agua residual para el sistema de reutilización diario	126
Tabla 42 Descarga mensualizada para el agua gris reutilizable y agua gris a reutilizar	127
Tabla 43 Análisis Oferta vs Demanda de Agua para el sistema de aguas residuales..	127
Tabla 44 Detalle de un sistema de desagüe tipo de una suite del Edificio	131
Tabla 45 Unidades Muebles de diferentes aparatos sanitarios	133
Tabla 46 Diámetros de colectores en función del número de unidades muebles	134
Tabla 47 Unidades muebles por departamento para el colector de agua servida y gris	134
Tabla 48 Implementación del sistema de descarga para aguas reutilizables	135
Tabla 49 Cálculo de Caudal Medio Probable del Edificio por el método de los Pesos	137
Tabla 50 Diámetros mínimos de tuberías de abastecimiento de agua	139
Tabla 51 Sumatoria de pesos de aparatos sanitarios de cada departamento.....	140
Tabla 52 Instalación tipo de la nueva res de abastecimiento de agua gris	141
Tabla 53 Consumo diario de Agua de todos los aparatos sanitarios	142
Tabla 54 Volumen de Agua Potable y Residual del Edificio	143
Tabla 55 Dimensiones de la estructura de tratamiento (decantador y cisterna)	148

Tabla 56	Dotación de cloro para la cisterna de almacenamiento de agua tratada	151
Tabla 57	Detalle General de funcionamiento interno de la estructura de tratamiento	152
Tabla 58	Resumen técnicos de instalaciones a implementarse en el caso de estudio .	156
Tabla 59	Resumen general de tuberías por ramales a instalarse para todo el Edificio	158
Tabla 60	Detalle de utilización del agua en el Edificio	163
Tabla 61	Balance Hídrico en el Edificio con reutilización de aguas grises.....	164
Tabla 62	Volumen ahorrado de agua potable diariamente mediante la implementación del sistema de reutilización de aguas grises	165
Tabla 63	Ahorro en consumo de agua potable anual mediante la implementación del sistema de reutilización	165
Tabla 64	Resumen de Especificaciones de los aparatos sanitarios del Edificio.....	169
Tabla 65	Tabla Auxiliar de Inodoros para evaluación de Eficiencia Hídrica.....	170
Tabla 66	Tabla Auxiliar de Lavamanos para evaluación de Eficiencia Hídrica	170
Tabla 67	Tabla Auxiliar de Duchas para evaluación de Eficiencia Hídrica.....	171
Tabla 68	Tabla Auxiliar de Fregaderos para evaluación de Eficiencia Hídrica.....	171
Tabla 69	Tabla Auxiliar de Grifos de agua para evaluación de Eficiencia Hídrica	172
Tabla 70	Tabla Auxiliar de Urinarios para evaluación de Eficiencia Hídrica.....	172
Tabla 71	Tabla Auxiliar para limpieza exterior.....	173
Tabla 72	Tabla Auxiliar para reutilización de aguas grises (Disponibilidad)	174
Tabla 73	Calculadora de consumos para evaluación de Eficiencia Hídrica en Edificios Residenciales con reutilización de agua gris	175
Tabla 74	Resumen de materiales a utilizarse en la implementación del nuevo Sistema de Hidrosanitario de Reutilización de aguas grises.....	177
Tabla 75	Presupuesto Referencial de Instalaciones Hidrosanitarias y Desagüe para la implementación del sistema de reutilización de aguas grises.....	178
Tabla 76	Presupuesto Referencial de Instalaciones Hidrosanitarias para el Edificio Original sin Reutilización de aguas grises.....	179
Tabla 77	Detalle comparativo de Presupuestos de Instalaciones Sanitarias Existentes y a ser Implementados con el sistema de reutilización	180
Tabla 78	Resumen de cantidades de materiales y precios para la construcción de la estructura de tratamiento de aguas grises	181
Tabla 79	Detalles, Especificaciones y precios de la Bomba a implementarse con el respectivo tanque hidroneumático y elementos de succión.....	182
Tabla 80	Presupuesto referencial del sistema de tratamiento y bombeo respectivo....	182

Tabla 81 Presupuesto General del Proyecto	183
Tabla 82 Estimación económica de Rentabilidad del Proyecto	186

LISTA DE SIGLAS

ANF: Agua no Facturada

ANQIP: Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

DN: Diámetro Nominal

ETA: Especificação Técnica ANQUIP

HG: Hierro Galvanizado

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

IVA: Impuesto al Valor Agregado

IWA: International Water Association

NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción

NTU: Unidad Nefelométrica de Turbidez

PVC: Policloruro de Vinilo

U.M: Unidades Mueble

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Encuadramiento general	2
1.1.1. Regularidad, cantidad y disponibilidad de los recursos hídricos	3
1.1.2. Pronóstico del crecimiento de la población y consumo de agua	6
1.1.3. Consumo de agua en Ecuador.....	9
1.2. Alcance e importancia del estudio.....	13
1.2.1. Importancia	13
1.2.2. Alcance del proyecto	14
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. Objetivo general.....	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
2. USO EFICIENTE DEL AGUA EN SISTEMAS PRIVADOS (EDIFICIOS)	17
2.1. Introducción.....	17
2.2. Indicador de eficiencia para el uso del agua.....	19
2.3. Principales medidas para reducir consumo de agua.....	21
2.3.1. Buenas prácticas para uso de agua.....	24
2.3.1.1. Área de cocina y lavado	25
2.3.1.2. Área de baño	26
2.3.1.3. Áreas exteriores: limpieza, riego en jardines y áreas verdes	27
2.3.2. Reducción de pérdidas de agua.....	29
2.3.2.1. Factores que influyen en las pérdidas de agua	33
2.3.2.2. Técnicas para detección y localización de fugas.....	41
2.3.3. Dispositivos de bajo consumo de agua	51
2.3.3.1. Sanitarios.....	52

2.3.3.2.	Urinarios.....	53
2.3.3.3.	Fluxómetros.....	54
2.3.3.4.	Regaderas	54
2.3.3.5.	Grifos (llaves).....	55
3.	SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA EN EDIFICIOS RESIDENCIALES	57
3.1.	Sistemas de reutilización de agua.....	57
3.2.	Uso de aguas de lluvia en edificios residenciales.....	58
3.2.1.	Encuadramiento general	58
3.2.2.	Sistemas de utilización de agua de lluvia	59
3.2.2.1.	Fase de captación y canalización	61
3.2.2.2.	Fase de filtración	62
3.2.2.3.	Interceptor de primeras lluvias.....	64
3.2.2.4.	Fase de almacenamiento	65
3.2.2.5.	Fase de distribución.....	68
3.2.2.6.	Fase de mantenimiento.....	70
3.2.3.	Tratamiento de aguas lluvia.....	71
3.2.3.1.	Tratamiento químico del agua lluvia.....	73
3.3.	Uso de aguas residuales (grises) en edificios residenciales.....	75
3.3.1.	Encuadramiento general	75
3.3.2.	Sistemas de utilización de aguas grises	77
3.3.2.1.	Fase de captación y canalización	78
3.3.2.2.	Fase de almacenamiento	80
3.3.2.3.	Fase de distribución.....	84
3.3.2.4.	Fase de mantenimiento.....	86
3.3.3.	Tratamiento de aguas grises.....	88
3.3.3.1.	Sistemas sin tratamiento.....	88

3.3.3.2. Sistemas con tratamiento.....	89
4. USO, RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE AGUA EN EDIFICIOS (CASO DE ESTUDIO).....	92
4.1. Introducción.....	92
4.2. Descripción del Edificio	94
4.3. Descripción Hidrosanitaria (Sistema Actual).....	100
4.3.1. Descripción Técnica del Proyecto	103
4.3.1.1. Memoria Técnica de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias del Edificio	103
4.3.1.2. Análisis de la descarga del Sistema de Aguas Lluvia.....	111
4.3.1.3. Análisis de la descarga del Sistema de Aguas Servidas.....	116
4.3.1.4. Selección del tipo de agua para el sistema de reutilización	123
4.4. Sistema de Reutilización de Agua (Nuevo Sistema).....	129
4.4.1. Descripción	129
4.4.2. Sistema de Agua gris para reutilización.....	130
4.4.2.1. Sistema de Desagüe.....	131
4.4.2.2. Sistema de Abastecimiento de Agua Gris.....	136
4.4.3. Cisterna de reutilización de aguas grises	142
4.4.3.1. Dimensionamiento	142
4.4.3.2. Tratamiento	145
4.4.3.3. Sistema de Bombeo.....	154
4.4.4. Resumen Técnico de Instalaciones Hidrosanitarias.....	156
5. DISCUSIÓN Y RESULTADOS FINALES.....	161
5.1. Introducción.....	161
5.2. Ahorro de Agua en el sistema.....	162
5.2.1. Análisis de Balance Hídrico	163
5.3. Eficiencia hídrica del proyecto	167
5.3.1. Evaluación de Eficiencia Hídrica	168

5.4.	Análisis Económico del Proyecto.....	176
5.4.1.	Análisis Presupuestario del Proyecto.....	177
5.4.2.	Análisis de Rentabilidad del Proyecto	184
5.5.	Especificaciones Técnicas y Certificaciones	188
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	191
6.1.	Conclusiones.....	191
6.2.	Recomendaciones	193
	BIBLIOGRAFÍA	194
	ANEXOS.....	200

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años el recurso vital que ha sido, es y siempre será necesario, es el agua dulce, ya que es un recurso indispensable para todos los seres vivos, y como tal este cada vez sigue siendo más requerido, especialmente para las personas y sus necesidades cotidianas indistintamente de la raza, etnia o clase social.

El agua dulce es un recurso natural limitado, por ello se requiere un uso eficiente, que haga compatible la satisfacción de las demandas con el respeto al medio ambiente y a los demás recursos naturales. La creciente presión de la demanda sobre este recurso vital e irremplazable y la necesidad de preservar el medio natural, hacen indispensable el control público de su gestión y administración, ya que atañen a la sociedad en su conjunto (ANAVAM, 2015).

De esta manera se ve la gran importancia de un uso y manejo adecuado del agua, ya sea tanto de consumo humano, servicio industrial, riego u otros. Por otro lado es importante también tener en consideración que el agua dulce al ser un recurso limitado como anteriormente se mencionó, este a lo largo de los años ira disminuyendo poco a poco en función de varios factores, uno de los primordiales en la actualidad es el calentamiento global.

Actualmente, la Organización de Naciones Unidas estima que la cuarta parte de la población mundial carece de agua potable salubre y esta proporción se duplicará dentro de veinte años. Bajo este horizonte se descarta que del total de los recursos hídricos del planeta, el agua dulce solamente representa el 3%, distribuida en un 2% en casquetes de hielo, glaciares y aguas subterráneas, mientras que tan sólo el 1% aflora en aguas superficiales (Chiesa & Rivas, 2007). De tal manera se puede evidenciar la carencia actual de agua, por lo que es necesario tener en cuenta estos cambios ambientales que serán de gran problema en un futuro no muy lejano con el recurso vital que es el agua.

Entre los distintos usos del agua, el más general alrededor del mundo es el domiciliario, ya que todos los seres humanos deben contar con agua para poder sobrevivir. El aseo personal y la preparación de alimentos son también usos con los que una gran parte de la población mundial se relaciona. Por esta razón, generar cambios en los hábitos de consumo de agua puede ser una contribución importante de adaptación ante la creciente escasez futura (Ávalos Castillo & Rovira Pinto, 2012).

Analizando toda la problemática actual, es de gran importancia considerar nuevas opciones que a futuro serán de gran ayuda ante inconvenientes de escasez de agua, especialmente en la concientización del uso del mismo. Uno de los parámetros que permite llegar a esto es el tema de un manejo eficiente del recurso hídrico, el cual permitirá tener un óptimo aprovechamiento del agua en distintas situaciones, además de ser alternativas sustentables que favorecerán en gran forma a futuro tanto hacia las personas como a los seres vivientes en general.

Por otro lado la disponibilidad del agua es puesta a prueba en períodos de sequía. Se agrega a esto la presión impuesta por el crecimiento de la población, el aumento en la demanda, sistemas fluviales agotados, las exigencias relativas al caudal ecológico y la disminución de las aguas subterráneas. Así, el manejo eficaz de los recursos hídricos se convierte en un elemento esencial dada la escasez a nivel mundial.

1.1. Encuadramiento general

El presente proyecto se enfoca en base a la necesidad actual de las personas y el consumo excesivo de agua de las mismas, para lo cual se analizará las situaciones más desfavorables donde se podrá tener un mayor desperdicio del mismo, y en un sitio estratégico que pueda ser relevante para un análisis a futuro en términos de sostenibilidad del agua. De esta forma una de las ciudades más relevante para el presente estudio dentro de Ecuador es la ciudad de Quito, su capital, la cual al ser una de las ciudades con mayor extensión, también ha tenido un gran desarrollo industrial durante los últimos años.

Actualmente la ciudad de Quito, capital de Ecuador, es una ciudad que ha tenido uno de los mayores crecimientos socioeconómicos del país y por tanto ha tenido un gran desarrollo industrial, empresarial y especialmente en la industria de la construcción. Lo cual crea un impacto positivo hacia el desarrollo social y económico de la ciudad, pero por otro lado tiene impactos negativos en términos de sostenibilidad del agua, ya que existe un mayor gasto del mismo para el desarrollo de todas las actividades cotidianas.

Por lo tanto, se puede observar que el sector de la construcción es uno de los que más gastos de agua producen, ya sea en el área específica de construcción, uso comercial, uso domiciliario, etc. Además de que a esto se suma que en la actualidad la ciudad ha tenido un gran desarrollo inmobiliario, lo cual influye bastante en el consumo de agua para la misma. Siendo así y teniendo en consideración el tipo de desarrollo de la ciudad, se puede

decir que existe una mayor demanda de agua en usos domiciliarios, actividades cotidianas de las personas, especialmente en viviendas múltiples, donde existe un uso simultáneo de agua y se puede obtener caudales máximos de consumo.

De esta manera el enfoque del proyecto se basa en el análisis de consumo de agua en lugares de vivienda multifamiliar, además de múltiples servicios, para lo cual el mejor caso de estudio para esto son los edificios residenciales, que conjuntamente con el auge inmobiliario que se ha venido desarrollando durante los últimos años en la ciudad ofrece una eficiente alternativa de análisis en consumos de agua, tomando en consideración los diferentes servicios adicionales que este puede tener y las máximas solicitudes de consumo de agua simultaneo a las cuales este puede estar sujeta.

Por otro lado, el presente proyecto se encamina también hacia el uso eficiente del agua en edificios residenciales, por las razones anteriormente mencionadas, además de la propuesta para la implementación de diferentes sistemas en los mismos que se ajusten de mejor manera a las necesidades de sus consumidores para que no exista un gasto excesivo de agua, el cual es grande en edificios de varios pisos y de uso familiar.

En el ámbito de la reutilización del agua como uso eficiente de la misma, el estudio pretende analizar las medidas más efectivas para el consumo y aprovechamiento del agua en el proyecto, por lo que será importante clasificar los tipos de agua que se tendrán disponibles en el edificio, dentro de las cuales se tienen el agua potable, aguas servidas y aguas lluvias, estas últimas obviamente dependerán del sector de análisis y las características arquitectónicas del edificio.

De esta manera a continuación se detallan ciertos parámetros que son necesarios analizar teniendo en cuenta el enfoque presentado para el desarrollo del presente proyecto.

1.1.1. Regularidad, cantidad y disponibilidad de los recursos hídricos

En la actualidad es muy importante saber que tan necesarios son los recursos hídricos, no solo en una región específica, sino a lo largo de todo el mundo, ya que este recurso es vital para el correcto desarrollo de las actividades cotidianas y por tal razón el mismo no debería faltar. Sin embargo, este caso no existe ya que en muchas poblaciones a nivel mundial se ve la escasez del recurso hídrico y aún más por los agentes externos que lo afectan como es el caso del calentamiento global.

Por otro lado, la principal característica de los recursos hídricos es que están desigualmente repartidos tanto espacial como temporalmente a escala interanual y estacional. Esto implica la existencia de cuencas y áreas geográficas con carencias de agua, debido tanto a su escasez física como a la inexistencia de infraestructuras suficientes que viabilicen la satisfacción de las demandas hídricas.

En lo que se refiere a la distribución del agua en la tierra, tal como muestra la Fig. 1, el 70% de su superficie se encuentra cubierta de ella, mayoritariamente salada, representando el 97,5% del total. Del agua restante es agua dulce (2,5%) y la mayor parte de agua dulce en el mundo está contenida en los casquetes polares, glaciares y en las aguas subterráneas profundas (2,24%) y sólo es accesible para el uso humano un 0,26%, (Mayor & Obast, 2015).

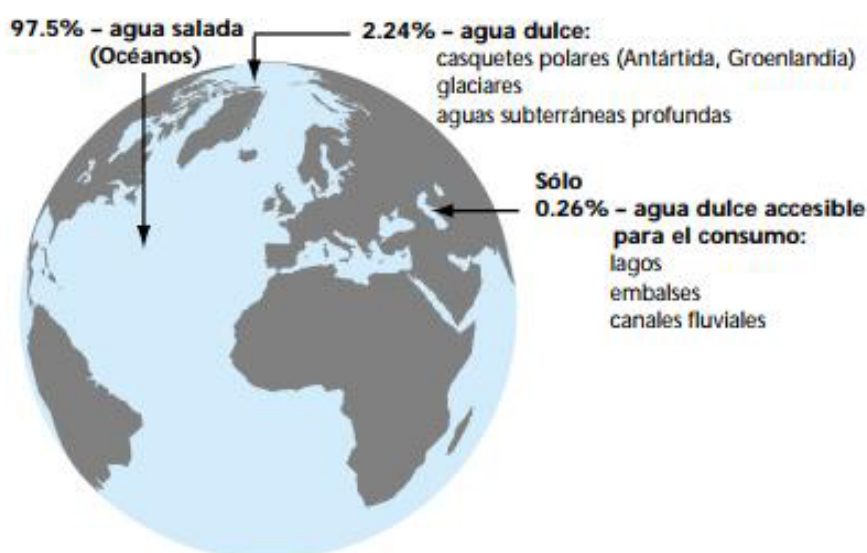


Fig. 1 Distribución del agua en el mundo

Fuente: (Mayor & Obast, 2015)

También es importante considerar que Asia y América del Sur son las áreas geográficas con mayores recursos superficiales, ya que es donde discurren los ríos más importantes del planeta, mientras que Europa y Oceanía son las zonas que cuentan con el menor volumen anual de recursos, entre ambos representan cerca del 40% de lo que corresponde a Asia. África, por su parte, dispone del orden del 10% del total de recursos superficiales, a pesar de contar con los ríos Congo, el segundo más caudaloso después del Amazonas, Níger y Nilo, que están entre los más importantes del mundo (Mayor & Obast, 2015).

A continuación la Fig. 2, muestra una representación de la distribución del agua, de la población y la denotación de las principales cuencas fluviales en todo el mundo.

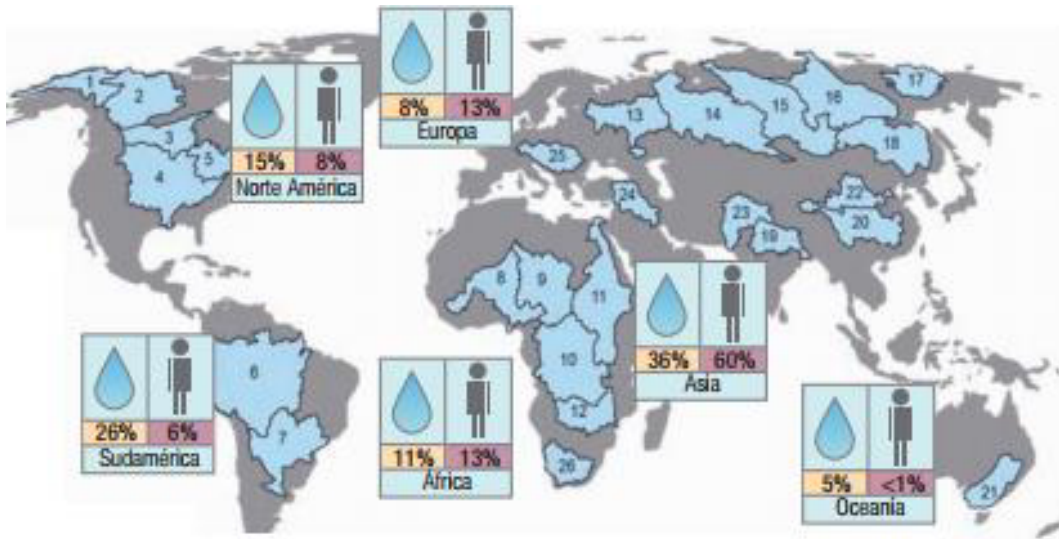


Fig. 2 Distribución del agua, población y principales cuencas fluviales en el mundo

Fuente: (Mayor & Obast, 2015)

Como se mencionó anteriormente y en base a la Fig. 2, se puede observar que América del Sur es la región que cuenta con una mayor disponibilidad de recursos por unidad de territorio, debido, fundamentalmente, a los asociados al Amazonas, Orinoco y Paraná. Esto representa un aspecto positivo en términos de disponibilidad de agua, pero teniendo en cuenta la conciencia social en manejo del recurso hídrico de este sector, se lo podría tomar como un aspecto negativo debido al desperdicio de agua generado por parte de las personas.

Por lo tanto para el consumo del agua en líneas generales se presentan dos problemáticas. La primera es la escasez física, se genera en consecuencia a que la demanda de agua es mayor que el suministro de la misma. La segunda sería la escasez económica de agua, ya que, se cree que existe disponibilidad, pero por alguna razón económica no es posible utilizar plenamente la fuente de agua (costes de extracción, agua contaminada, etc.). Fig. 3, muestra una representación de la escasez de agua a nivel mundial, teniendo en cuenta factores físicos, económicos, entre otros.

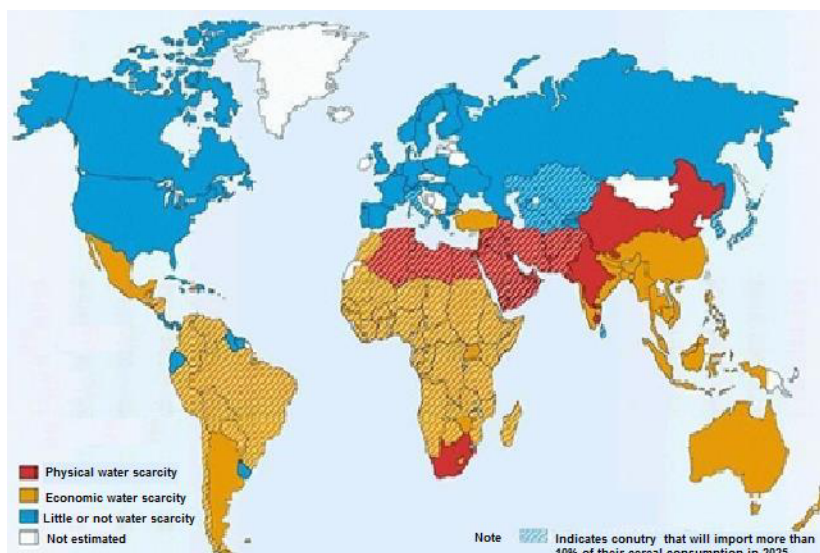


Fig. 3 Escasez de agua a nivel mundial

Fuente: (Fortuño, 2017)

De esta manera se puede observar que la región en análisis, correspondiente a Ecuador, está localizada en América del Sur y tiene una amplia área hidrográfica para aprovechamiento de recursos hídricos, pero es importante tener en consideración el buen manejo de los recursos que tiene cada país, en este caso para Ecuador en la actualidad rige el Decreto Ejecutivo 650 del 20 de abril del 2015, el cual trata acerca de la Ley de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua, en el cual denota un manual para el manejo y control del recurso hídrico en el país.

En tanto que el agua dulce es un recurso natural limitado y un bien público que tiene asociados múltiples funcionalidades y usos que compiten entre sí, es necesario abordar su gestión teniendo en cuenta consideraciones éticas. En este contexto el reconocimiento e implementación del derecho humano al agua potable y al saneamiento, es un reto que está condicionando las políticas en el sector, en la medida en que se reconoce el acceso al agua como un derecho y no como una mercancía, y que su gestión debe abordarse desde el ámbito público sin que medien expectativas de beneficio.

1.1.2. Pronóstico del crecimiento de la población y consumo de agua

Durante los últimos años se ha tenido un crecimiento poblacional muy grande a lo largo de todo el mundo, lo cual es un factor que se debe tener en consideración previo a cualquier análisis de distintos tipos de investigaciones, lo cual en el presente caso es un factor de gran importancia, ya que el consumo de agua tiene una relación directa con sus

usuarios, es decir la población. Por tal razón se debe realizar un análisis más profundo acerca de este aspecto, teniendo en cuenta que, del mismo dependerá la disponibilidad suficiente de agua a futuro.

De esta manera se puede decir que, un incremento de la población mundial implica un mayor consumo de agua potable y a su vez una mayor probabilidad de que las fuentes de agua existentes se contaminen por la acción humana. Sin embargo, en la actualidad se presentan problemas en el agua dulce por residuos industriales, pesticidas y otros contaminantes que no sólo hacen que el agua sea sucia, sino un fuerte riesgo asociado a la mortalidad.

En la actualidad, un 60% de la población mundial vive en Asia (4400 millones), un 16% en África (1200 millones), un 10% en Europa (738 millones), un 9% en Latinoamérica y el Caribe (634 millones) y el 5% restante en América del Norte (358 millones) y Oceanía (39 millones). China (1400 millones) e India (1300 millones) continúan siendo los países con mayor población. Ambos cuentan con más de 1000 millones de personas y representan el 19% y 18% de la población mundial respectivamente (NACIONES UNIDAS, 2015).

Tomando en consideración todo esto, las Naciones Unidas ha realizado una previsión para el año 2100, en el cual se pronostica que, la población mundial aumente en más de 1000 millones de personas en los próximos 15 años, por lo que se alcanzarían los 8500 millones en 2030, 9700 millones en 2050 y 11200 millones en 2100, como se muestra en la Fig. 4.

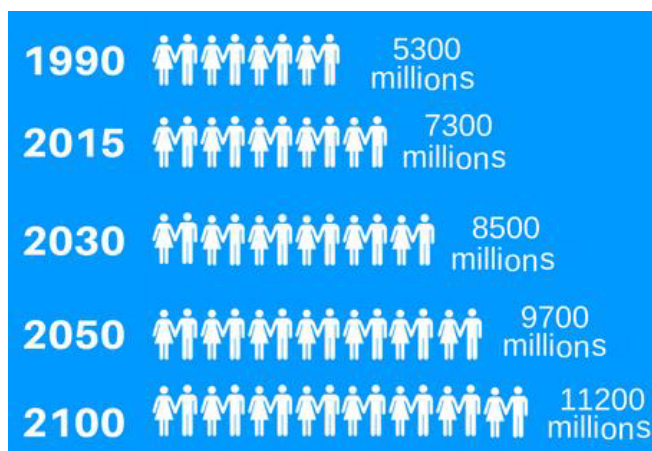


Fig. 4 Población mundial proyectada hasta el 2100

Fuente: (NACIONES UNIDAS, 2015)

Por otra parte, en términos de demanda actual de agua con relación a la población mundial, esta está creciendo a un ritmo de 80 millones de personas al año, lo que implica una demanda de agua dulce de aproximadamente 64 mil millones de metros cúbicos anuales. Con el rápido crecimiento de la población, las extracciones de agua se han triplicado en los últimos 50 años. Esta tendencia se explica en gran medida por el rápido incremento del desarrollo de sistemas de irrigación, estimulados por la alta demanda de alimentos en los años 70 y por el continuo crecimiento de economías basadas en la agricultura (UNESCO, 2017).

Este incremento de la demanda de agua dulce, se puede analizar de mejor manera mediante la tasa de crecimiento poblacional a nivel mundial, tal como indica la Fig. 5, en la que se aprecia una expectativa de áreas esperadas para el crecimiento y declive poblacional proyectado para 80 años.

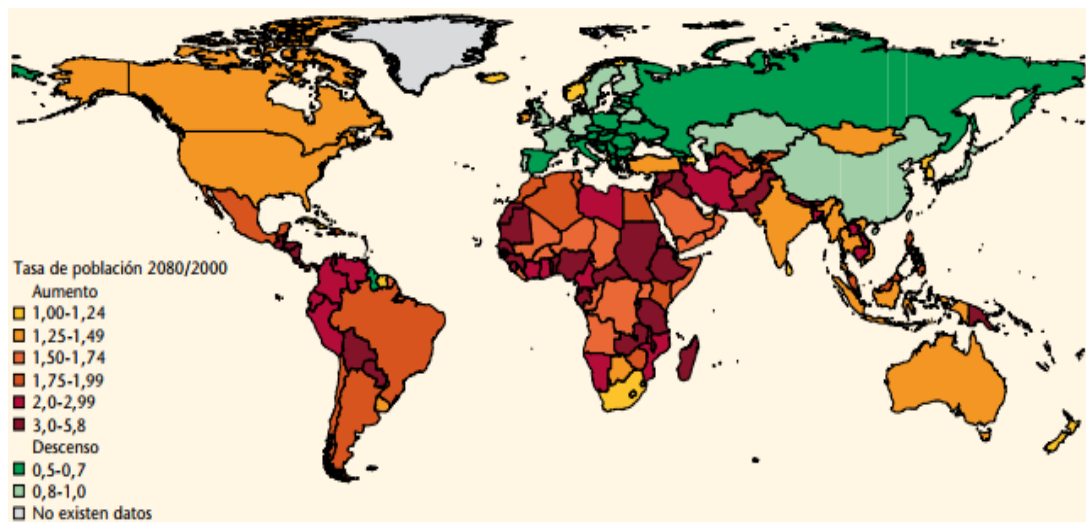


Fig. 5 Incremento y declive poblacional dividido por área en todo el mundo (2000-2080)

Fuente: (NACIONES UNIDAS, 2015)

Como se puede observar en la Fig. 5, se prevé una mayor tasa de crecimiento poblacional en lo que corresponde al continente americano, especialmente Latinoamérica y lo que corresponde al continente africano. Por otra parte en lo que concierne al continente europeo y asiático, se prevé una disminución en la tasa de crecimiento poblacional a lo largo de los sectores antes mencionados. Teniendo en consideración estos factores, es importante relacionarlos en función del uso actual del agua y por correspondiente el consumo humano, los cuales están directamente ligados.

1.1.3. Consumo de agua en Ecuador

Para el análisis en términos de manejo eficiente del agua en el sitio del proyecto, es necesario estudiar las diferentes características de la región, tanto en aprovechamiento del recurso hídrico, desperdicio del mismo, conciencia social en la población, necesidades actuales, etc.

Ecuador es el país que consume más agua potable por habitante/día en América Latina (237 litros), y sobrepasa con un 40% el promedio de la región (169 litros/habitante/día). El agua se desperdicia cuando cada persona se ducha, se lava los dientes sin cerrar la llave o tiene fugas en la tubería de su casa. Por otro lado, 37 millones de personas en la región carecen del acceso de agua potable (Sorgato, 2015).

A continuación la Fig. 6, muestra una representación del consumo de agua potable en América Latina, haciendo énfasis en el consumo y desperdicio del mismo, en Ecuador.



Fig. 6 Consumo medio de agua en América Latina

Fuente: (Sorgato, 2015)

Tal como se puede analizar en la Fig. 6 y como se mencionó anteriormente, existe un alto consumo y desperdicio de agua en Ecuador, con un promedio de 237 litros por habitante/día. Por otra parte siendo analizado de manera regional, se puede observar que los mayores gastos son en las regiones costa y sierra del país. Por lo tanto es un factor social muy importante a tener en cuenta, considerando que el presente estudio se encuentra localizado en la región sierra, en la ciudad de Quito. De esta manera se pretende optimizar el consumo en términos de reutilización de agua para el análisis de eficiencia hídrica en proyectos residenciales.

Hace más de 20 años el Distrito Metropolitano de Quito extrae agua de ríos que de manera natural drenan hacia la Amazonía (en el sector de Papallacta), la cual se encuentra fuera de su propia cuenca hidrográfica. Por otro lado, en Ibarra ya se proyecta una deficiencia de agua cruda a futuro, donde se tendrá que construir un embalse para abastecer de agua potable a una ciudad que, cada vez, tiene más habitantes. Concluye que en una época de crisis económica no se debe desperdiciar agua, pues esto significaría invertir millones de dólares en la construcción de otros trasvases (Sorgato, 2015).

Teniendo en consideración todos estos aspectos, tanto positivos (fuentes de agua potable en el país) como negativos (gran desperdicio del agua potable), es importante analizar de manera global el consumo de agua en el país distribuido por provincias, lo cual se muestran en la Fig. 7.

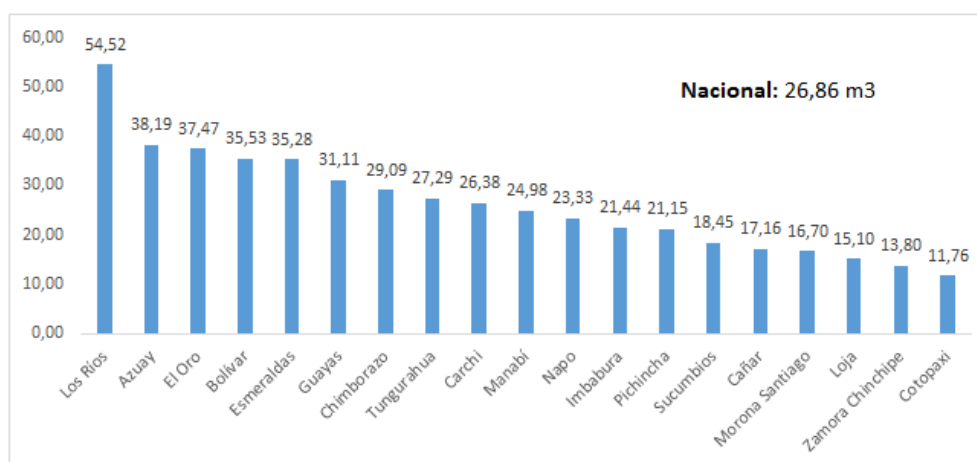


Fig. 7 Consumo promedio mensual de agua en Ecuador distribuido por provincias

Fuente: (DIEA, 2012)

Como se puede observar en la Fig. 7, el mayor consumo de agua existente es en las provincias de Los Ríos, Azuay, El Oro, Bolívar y Esmeraldas, lo cual es un aspecto muy importante a considerar en futuros diseños, por otra parte se puede observar que el consumo promedio mensual a nivel nacional es de 26,86 m³ de agua, teniendo en consideración que este dato corresponde en mayor número al área urbana.

Por otra parte en términos de costos por m³ de agua potable, la Fig. 8, muestra el gasto mensual, en dólares a nivel provincial.

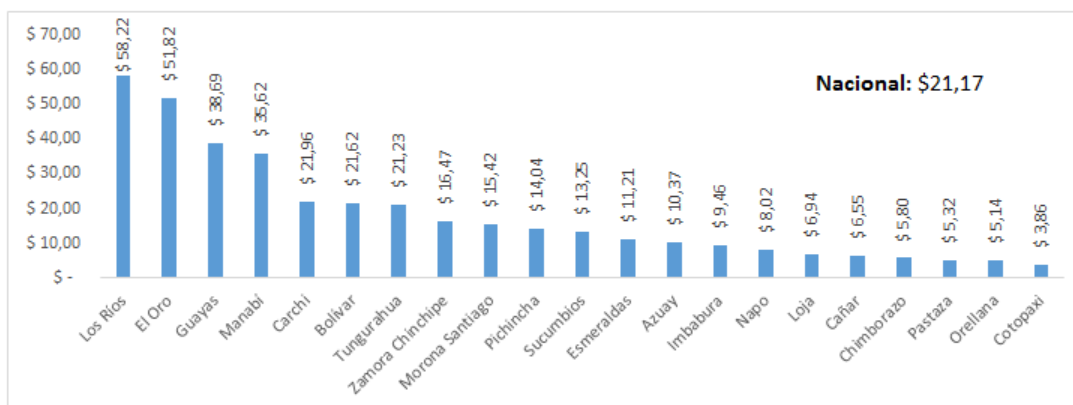


Fig. 8 Gasto promedio mensual de agua potable en Ecuador distribuido por provincia

Fuente: (DIEA, 2012)

De esta manera como se puede observar en la Fig. 8, existe un alto gasto mensual en lo que es agua potable en las provincias de Los Ríos, El Oro, Guayas y Manabí, por otra parte el promedio nacional de gasto mensual es de \$21,17, lo cual representa el gasto promedio de una vivienda familiar, de tal manera se observa así, una gran variación dependiendo de las diferentes regiones en el país.

A esto hay que añadir que el factor social en términos de ahorro y concientización del uso del agua potable es muy importante, ya que los sectores donde existe un mayor consumo de agua es a efecto del desperdicio de la misma, por tal razón a continuación se muestra un esquema donde se representa la práctica de ahorro de agua a nivel nacional.

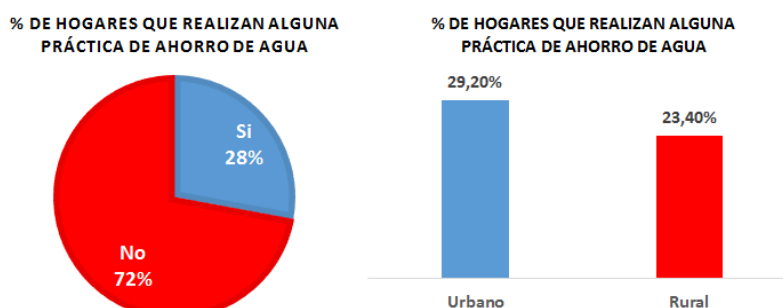


Fig. 9 Practica de ahorro de agua a nivel nacional

Fuente: (DIEA, 2012)

Como se puede observar en el esquema presentado en la Fig. 9, en Ecuador no existe una práctica de ahorro de agua, lo que ocasiona un gran problema al desperdiciar de gran manera el recurso hídrico, por lo que es importante empezar a concientizar a las personas acerca del ahorro de agua potable para así poder empezar a tener conciencia del valor que tiene este recurso en el país.

A continuación se muestra la Fig. 10, donde se aprecia un resumen de las provincias en las que se practica el ahorro de agua potable.

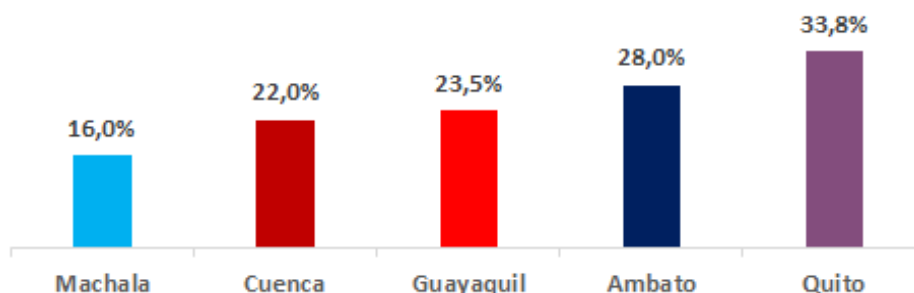


Fig. 10 Porcentaje de hogares que realizan alguna práctica de ahorro de agua potable

Fuente: (DIEA, 2012)

Como indica la Fig. 10, Quito es la ciudad con mayor porcentaje de hogares que realizan alguna práctica de ahorro de agua, mientras que los hogares de Machala son los que menos lo hacen. Lo que significa un aspecto positivo al presente proyecto para tratar de mejorar este porcentaje en términos de ahorro de agua potable en la ciudad de Quito y que pueda ser reflejado en el resto del país.

Es importante tener en consideración que estos porcentajes son analizados a nivel de hogar, es decir en viviendas familiares, para el caso de viviendas multifamiliares el consumo y respectivo gasto de agua potable serán mucho mayores, pero con relación a los presentados a nivel familiar.

En términos de calidad de agua potable, la Fig. 11 muestra las ciudades con mejor calidad de agua a nivel nacional, calificándose en una escala del 1 al 5.

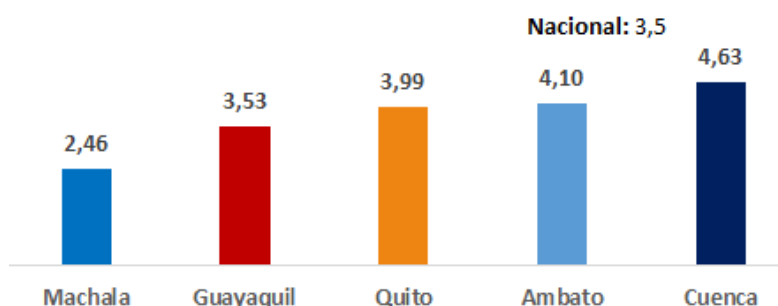


Fig. 11 Ciudades con mejor calidad de agua a nivel nacional

Fuente: (DIEA, 2012)

Como se puede observar en la Fig. 11, el agua con mejor calidad se encuentra en la ciudad de Cuenca, seguido por Ambato y Quito, que son lugares con fuentes naturales de abastecimiento de agua con vertientes directas de los volcanes Cotopaxi, Tungurahua y

Guagua Pichincha, lo que proporciona un suministro de agua más pura. De esta manera a nivel nacional se observa que la calidad del agua en promedio es de 3,5 en la escala anteriormente mencionada.

Además se aprecia que la ciudad de Quito, lugar en el que se localiza el presente proyecto; posee una calificación aproximada de 4, pudiendo asegurar así una buena calidad del agua potable, por lo que para efectos del estudio, se considera necesario un óptimo tratamiento del recurso hídrico.

1.2. Alcance e importancia del estudio

1.2.1. Importancia

Viendo la gran necesidad actual que representa el agua para cada una de las actividades diarias, y además de ser la misma, un recurso vital de los seres humanos es importante ser prudente en el uso de la misma, además teniendo en consideración, de que la misma es un recurso limitado; es importante tener conciencia del uso del agua de una manera eficiente que permita un ahorro en el uso de este, mediante técnicas que permitan disminuir impactos ambientales y ayudar al problema de sostenibilidad en el uso del agua a futuro.

Como se mencionó inicialmente, en la actualidad debido a factores externos y que son de afección mundial, como el calentamiento global; se considera importante crear planes que permitan no ser completamente dependientes del agua, teniendo en cuenta que dicho recurso podría llegar a ser escaso dentro de algunas décadas, por lo cual es importante estar preparado y evitar problemas a futuro.

Es por esta razón que se ve la necesidad de analizar estrategias que a futuro puedan disminuir el impacto de la escasez del agua dulce, visiblemente dichas estrategias deberían ser desarrolladas a manera de alto alcance, es decir, proyectos de alto consumo de agua, garantizando un gran impacto en la sociedad y en la forma de uso del recurso, esperando así obtener resultados favorables que puedan ser aplicados en otros proyectos, para así poder tener un ciclo de eficiencia hídrica en la mayor cantidad de lugares en los que pueda ser implementado.

En base a los problemas y requerimientos de la población actual, se ve la necesidad de realizar un análisis en un tipo de proyecto que permita desarrollar un manejo eficiente

del agua, para lo cual como se pudo observar anteriormente, en la actualidad uno de los proyectos donde existe un mayor consumo de agua es en edificios residenciales, donde constantemente existe un alto consumo de agua potable y en muchos de los casos es mal utilizado.

Mediante el presente análisis se pretende implementar un sistema en el cual exista un menor uso domiciliario de agua, especialmente en los edificios residenciales, donde se tienen el mayor gasto de este recurso, principalmente por la cantidad de departamentos y personas que habitan el lugar, además de los diferentes usos en las distintas instalaciones y servicios del edificio. Teniendo en cuenta estas consideraciones, el ahorro de agua será proporcional a la magnitud del proyecto, por lo tanto representa una alternativa viable en lo referente a la cantidad de ahorro, logrando así reducir el consumo en una gran capacidad.

De esta manera se puede evidenciar la importancia del uso consiente del agua, tanto de manera técnica a través de diferentes sistemas de utilización del recurso, como se propone en el presente proyecto y acompañado de una gestión social de manejo prudente del agua, estudiándose como un recurso vital no renovable que a futuro podrá tener muchos problemas por sus escasez.

Adicional a esto, es importante tener en cuenta que mediante el presente estudio, además de ser una alternativa sustentable en términos de manejo eficiente del agua por parte de las personas, también se pretende desarrollar un caso de estudio donde se maneje un sistema independiente del tipo de uso que se le dé al agua, lo cual será de gran importancia en términos de manejo independiente del agua, ya que sin la intervención de las personas y gracias a un sistema sanitario autónomo se podrá ofrecer un ahorro considerable a través de una recirculación del recurso hídrico.

1.2.2. Alcance del proyecto

El presente estudio pretende analizar e implementar un sistema hidrosanitario en un proyecto residencial, debido a que en estos existe un consumo elevado y simultaneo de agua en condiciones máximas de uso del edificio, lo cual ofrece una alternativa de análisis de uso de dicho recurso en condiciones de máximo aprovechamiento, lo que permite un estudio cotidiano en las condiciones de mayor consumo de y que estos estarán siempre en constante utilización.

Debido a estas razones, se ha escogido el presente proyecto, el cual es un edificio residencial ubicado en la ciudad de Quito enfocado a un uso mayoritario de vivienda multifamiliar y en mínima parte de uso comercial destinado a locales, además de las áreas sociales correspondientes al uso de los residentes del edificio, mediante lo cual se pretende evaluar un sistema sanitario que está en auge y ofrecer alternativas de un uso eficiente del agua.

De esta manera, se puede decir que el proyecto tendrá diferentes servicios, especialmente la utilización del agua en el aspecto domiciliario, ya sea para consumo humano, aseo personal, actividades diarias y uso comercial, con respecto a los locales que posee el edificio. Por tal razón es muy importante tener claro los diferentes usos que tendrá este recurso en el proyecto, para de así poder reutilizar el mismo de una manera eficiente y acorde a las necesidades humanas.

Por otra parte, es necesario tomar en cuenta que el edificio correspondiente a un uso residencial que está adaptado a departamento suites, los cuales como se sabe tiene un diseño arquitectónico destinado a máximo una o dos habitaciones por departamento y aparatos sanitarios correspondientes, lo cual influye directamente en el consumo de agua que requieren cada uno de los departamentos del edificio, que a su vez dependerá también del número de usuarios en cada uno de ellos.

Con respecto a la localización del proyecto, como ya se había mencionado, debido a las actuales necesidades de la población y viéndose como uno de los sectores con mayor crecimiento inmobiliario e industrial el sector centro norte de Quito, se ha escogido un edificio residencial ubicado en esta parte de la ciudad, es así que se tiene un proyecto que posee una de las formas más comunes de consumo de agua en la sociedad, de tal manera que sea aplicable en distintos proyectos similares, dependiendo de la necesidad existente.

Para el análisis de eficiencia hídrica del proyecto y el sistema a utilizar, es importante tener en cuenta que se desarrollará un método que permita el uso del agua de tal manera que sea reutilizable, independiente del mal uso de aparatos sanitarios por parte de las personas y por tanto el desperdicio respectivo. De esta manera se estará ofreciendo una alternativa sustentable de uso de agua en proyectos inmobiliarios que a futuro proveerá de grandes beneficios independientemente del buen o mal uso de este recurso de consumo en el hogar.

Se debe tener en consideración, que el edificio escogido para el análisis ha sido construido con un sistema hidrosanitario común en el que existe una descarga total del agua utilizada por el edificio al alcantarillado sanitario y pluvial, por tanto se pretende implementar un nuevo sistema que permita aprovechar todas estas aguas ya previamente utilizadas y así poder generar una fuente de abastecimiento para el edificio, garantizando que el agua pueda ser usada nuevamente en los diferente aparatos sanitarios, descartando en esta utilización las aguas negras provenientes de los inodoros, debido a su contenido orgánico.

En términos técnicos, el uso del edificio se limitará al manejo de agua potable para el consumo humano, aguas servidas provenientes del uso domiciliario y por ultimo las aguas lluvias que en función del sector en estudio se tendrá la máxima intensidad de precipitación. Gracias a esto se podrá analizar la mejor opción para uso de dicho recurso de manera eficiente en el edificio.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar un estudio de eficiencia hídrica en un edificio residencial a través del aprovechamiento de agua gris y pluvial con su respectivo tratamiento y redistribución, ubicado en la ciudad de Quito, capital de Ecuador.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar la mejor alternativa para reutilización de agua que permita abastecer al proyecto de todas las necesidades hídricas a lo largo del año.
- Evaluar y adaptar el sistema hidrosanitario que mejor se acople al presente proyecto teniendo en consideración las necesidades actuales de sus usuarios.
- Estudiar el tratamiento más adecuado para el agua de reutilización de manera que pueda ser redistribuida en todo el edificio cumpliendo normas de higiene requeridas para sus usuarios.
- Analizar en términos técnicos, económicos y de eficiencia hídrica, el ahorro de agua potable gracias al nuevo sistema de reutilización a implementarse en el edificio residencial

2. USO EFICIENTE DEL AGUA EN SISTEMAS PRIVADOS (EDIFICIOS)

2.1. Introducción

El uso eficiente de agua a nivel mundial se ha convertido en una necesidad crucial para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, considerándolo como un “recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente”, teniendo en cuenta que su “gestión debe basarse en un enfoque participativo, involucrando a usuarios, planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles” (World Meteorological Organization -Geneva, CH, WMO, 1992).

De esta manera se ve la necesidad y por ende crucial importancia de un manejo responsable del recurso hídrico, ya que, a más de ser considerado como un recurso finito, en la actualidad su disminución está aumentando cada día más a efecto de problemas como es el calentamiento global, cuyos efectos ya se hacen sentir en varios países. Por tal razón es muy importante poner en práctica un consumo o uso eficiente del agua tanto en servicios domésticos, industriales y agrícolas, etc.

Cuando se habla de uso eficiente de agua en las viviendas, en realidad se trata de un concepto muy parecido al de eficiencia en el uso de la energía. Se puede afirmar que cuando el agua utilizada en una vivienda, proviene, por ejemplo, de la recogida y almacenamiento de agua de lluvia en el sitio, y que además también es tratada in situ, dicha vivienda, en su funcionamiento, se aproxima al estándar de consumo nulo, como sucede en las net zero home, respecto al consumo de energía (Serrano Yuste, 2014).

En términos de consumo de agua hay que tomar en cuenta que el uso del agua en los hogares se distribuye de la siguiente manera (Fig. 12): 37% para la ducha, 31% para el lavabo, 13% para la lavadora, 6% para el lavavajillas, 4% para la limpieza, 4% para el riego de plantas y 5% para beber y cocinar. Esto significa que prácticamente toda el agua que se consume en un hogar no debe ser necesariamente potable o apta para el consumo humano (Barcelona Treball, 2012).

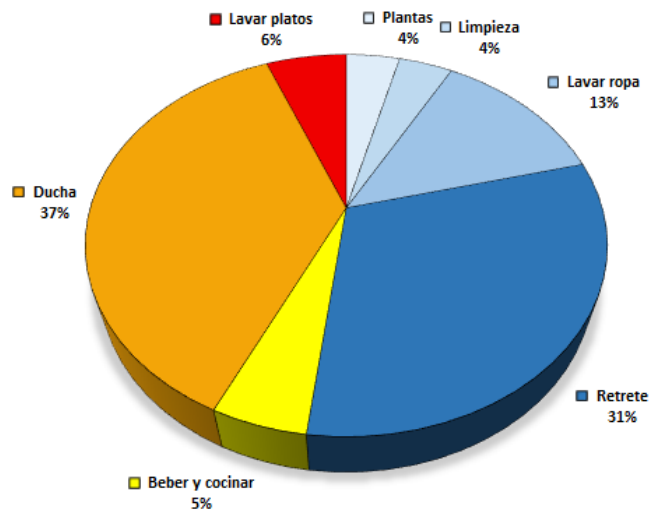


Fig. 12 Porcentaje de consumo de agua en un edificio

Fuente: (Barcelona Treball, 2012)

Por otra parte es muy importante analizar diferentes puntos de vista que resultan al tratarse de un manejo eficiente del agua en sistemas privados, ya que estos proveerán de beneficios sociales, ambientales y económicos a futuro teniendo una conciencia del buen manejo del agua en lo que concierne al uso en viviendas familiares.

El acceso al agua puede convertirse en un bien escaso como lo es en ciertas partes de la costa ecuatoriana, y aunque en zonas donde hay agua, como en la mayor parte de la serranía ecuatoriana, se puede suponer que ésta tenga que ser conducida a otras áreas más secas, o bien que de un momento a otro cambie el clima de la zona. Reducir el consumo de agua permite conservar hábitats naturales y mantener niveles adecuados en los cuerpos de agua como embalses, lagos o ríos.

En el aspecto económico, reducir el consumo de agua, puede ayudar a reducir la factura de suministro cada mes. Además, hábitos como recoger y tratar el agua de lluvia in situ, e incluso hasta el agua residual (aguas grises), puede reducir la carga de agua de la instalación municipal y general, tanto de evacuación, como de abastecimiento, reduciendo así los costes generales de evacuación, tratamiento (depuradoras) y suministro del agua.

Teniendo en consideración estos aspectos, y analizando el consumo de agua que se realiza en una vivienda tipo, es importante cuantificar este consumo según estimaciones de uso en aparatos sanitarios para así poder tener una idea clara de cómo se puede intervenir para un uso eficiente del agua en sistemas privados, lo cual se muestra en la Fig. 13.

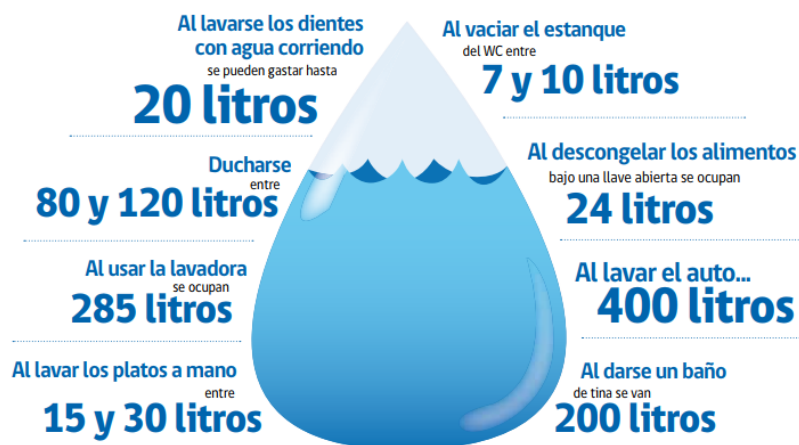


Fig. 13 Consumo promedio de agua para diferentes aparatos sanitarios en una vivienda, Ecuador

Fuente: (Espinoza Sarria, 2015)

De esta manera se puede observar el alto consumo de agua para servicios domiciliarios, por lo cual es muy importante crear estrategias para reducir el consumo, incentivar el ahorro y promover la reutilización de agua como una propuesta de sostenibilidad para el uso del recurso hídrico, lo cual es uno de los principales objetivos del presente proyecto.

2.2. Indicador de eficiencia para el uso del agua

Históricamente, los esfuerzos para mejorar la eficiencia en el uso del agua y la energía han sido llevados a cabo por separado. Mejorar la eficiencia tanto de la oferta como de la demanda permitiría a los países reducir la escasez de los recursos y maximizar los beneficios proporcionados por la infraestructura de agua y energía existente.

La eficiencia en el uso del agua es un concepto de múltiples facetas. Significa "hacer más y mejor con menos" mediante la obtención de más valor con los recursos disponibles, reduciendo el consumo de recursos y la contaminación y el impacto ambiental del uso del agua para la producción de bienes y servicios en cada etapa de la cadena de valor y de la prestación de servicios de agua (UNEP, 2014).

Mientras que la eficacia en la utilización del agua se traduce en los objetivos definidos que son realmente cumplidos, la eficiencia mide hasta qué punto el agua se utiliza de modo optimizado para la producción con eficacia del servicio pretendido (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2012).

Para definir de modo simplificado la eficiencia en la utilización de agua, existe un indicador que puede ser utilizado tanto en el sector urbano como en el sector agrícola e

industrial, y que se vuelve una comparación directa entre objetivos y resultados obtenidos, de acuerdo con la Ec. 2.1, donde el numerador y denominador se deben expresar en la mismas unidades y que sean acordes al mismo periodo de tiempo.

$$\text{Eficiencia de utilización de agua (\%)} = \frac{\text{Consumo útil}}{\text{Demanda efectiva}} * 100 \quad (2.1)$$

Fuente: (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2012)

- El “Consumo útil” corresponde al consumo mínimo necesario en un determinado sector para garantizar la eficiencia de utilización. El valor de este consumo es dependiente de un referencial de utilización que puede ser estimado tanto para la situación actual como para escenarios futuros con base en la evolución de la población y de la respectiva capitación mínima necesaria (en el caso del consumo urbano), la evolución de área regada, del tipo de cultura y de la respectiva dotación mínima necesaria (en el caso de consumo agrícola), y en la evolución de la industria y del correspondiente consumo mínimo necesario (en el caso de consumo industrial).
- La “Demanda efectiva” corresponde al volumen efectivamente utilizado y que puede ser estimado para situaciones actuales con base en los registros existentes y para escenarios futuros con base en las referencias anteriormente definidos

Por otra parte la definición de este indicador, ofrece también la información del desperdicio obtenido, lo cual se representa mediante la siguiente Ec.2.2.

$$\text{Desperdicio (\%)} = 100 - \text{Eficiencia (\%)} \quad (2.2)$$

Fuente: (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2012)

De esta manera se puede decir que la mejora de la eficiencia en el uso del agua significa aumentar la productividad del agua; es decir, reducir la intensidad de uso del agua y de la contaminación producidas por las actividades domésticas, mediante la optimización del uso del agua, mejorando así la asignación del agua entre sus diversos usos a fin de obtener un mayor valor socioeconómico por gota de agua, garantizando así el cuidado ambiental, mejorando la eficiencia de los servicios de agua y la eficiencia en la gestión de su prestación durante todo su ciclo de vida completo.

Teniendo en consideración estos aspectos, es importante promover ciertas medidas que acompañen a los indicadores de eficiencia del uso del agua para así poder obtener un mayor porcentaje de eficiencia de utilización de agua, las cuales se muestran en la Fig. 14.

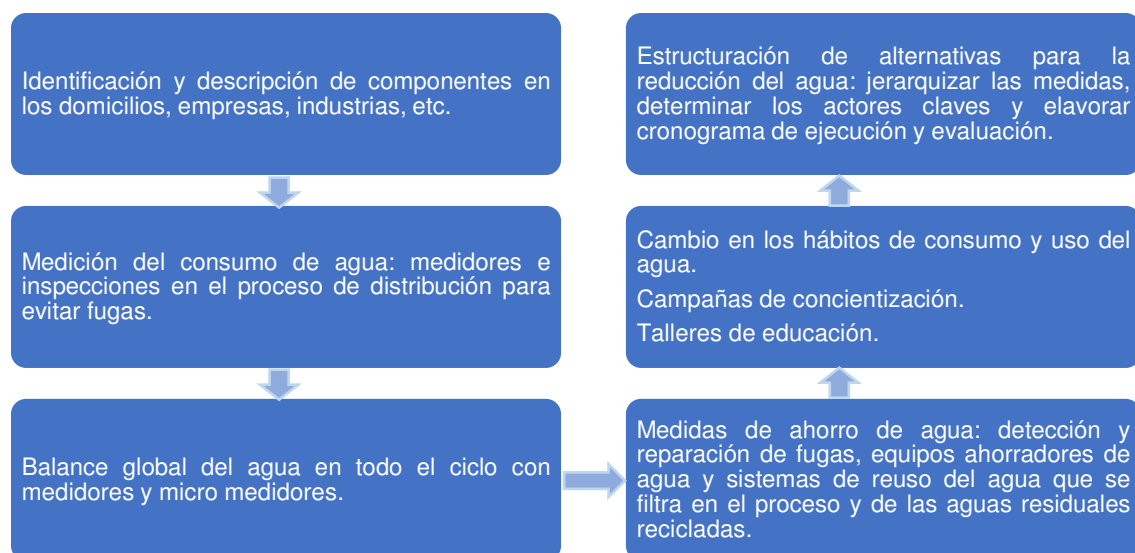


Fig. 14 Medidas para aumentar el porcentaje del indicador de eficiencia de utilización de agua

Fuente: (Bourguett, Casados, Mireles, González, & Cervantes, 2003)

Mediante las medidas anteriormente presentadas, se desea una mejora en el uso eficiente del agua y por ende corresponderá a un incremento en los indicadores de eficiencia del mismo, lo cual para el presente proyecto será de gran ayuda en edificios residenciales que es el caso de estudio.

2.3. Principales medidas para reducir consumo de agua en edificios

El crecimiento continuado de la población del planeta (9700 millones de personas en 2050), la escasez hídrica, el aumento progresivo del consumo del agua (se ha triplicado en el siglo XX), la mala gestión de la misma, y la existencia de instalaciones y grandes infraestructuras deficientes y obsoletas, pueden ser las causas del problema del agua a nivel mundial (Serrano Yuste, 2014).

La concienciación social y política respecto del uso responsable del agua, junto a los avances en tecnología enfocados al consumo y saneamiento eficiente pueden ser soluciones efectivas, tanto a nivel doméstico como en la agricultura y la industria.

Según lo que se pudo observar en la Fig. 12, existen diferentes consumos de agua a nivel residencial que pueden ocasionar gastos muy grandes como es el caso de la ducha, retrete y lavadoras. En lo que se refiere a las pérdidas de agua en las redes prediales, este valor se estima en torno al 10% (CONSUMER REPORTS, 2015). En este contexto, se deben implementar estrategias y medidas que permitan una reducción general del consumo y gasto de agua en todo el edificio, así como reducir el valor de las pérdidas.

i. Implementación de aparatos sanitarios más eficientes y mejor uso de los mismos

En el caso de la reducción de consumos de agua en un edificio es muy importante tener en cuenta que el objetivo primordial de esto es que los usuarios empiecen a usar menos agua de lo que normalmente se utiliza (sin que esto afecte su comodidad), lo cual representa un ahorro muy alto del recurso hídrico, y esto se lo puede lograr mediante dos aspectos: sociales y técnicos. En el ámbito social lo que se pretende es concientizar a los usuarios de no desperdiciar el agua, y en el aspecto técnico se podrá mejorar el sistema mediante la implementación de aparatos sanitarios que utilicen menos cantidad de agua y así eliminar el desperdicio de los aparatos sanitarios convencionales. De esta manera a continuación la Fig. 15 presenta de manera general ciertas recomendaciones para un ahorro en el uso de agua a nivel residencial.



Fig. 15 Recomendaciones para ahorro de agua a nivel residencial

Fuente: (ECOLOGÍA HOY, 2016)

ii. Aprovechamiento de aguas pluviales y aguas grises

Por otra parte, otra manera de reducir consumos de agua sin la intervención de los usuarios, que en muchos de los casos los mismos no toman conciencia de un uso razonable del recurso hídrico, es a través de la implementación de nuevos sistemas hidrosanitarios, como es el caso del aprovechamiento de aguas pluviales y grises, mediante lo cual además de reducir el consumo de agua potable, permite reutilizar la misma a lo largo de todo el edificio, logrando así una alternativa eficiente y sustentable de ahorro de agua potable. A continuación, la Fig. 16 muestra en el siguiente esquema, un resumen del uso de aguas grises y pluviales con sus diferentes usos después del tratamiento respectivo.

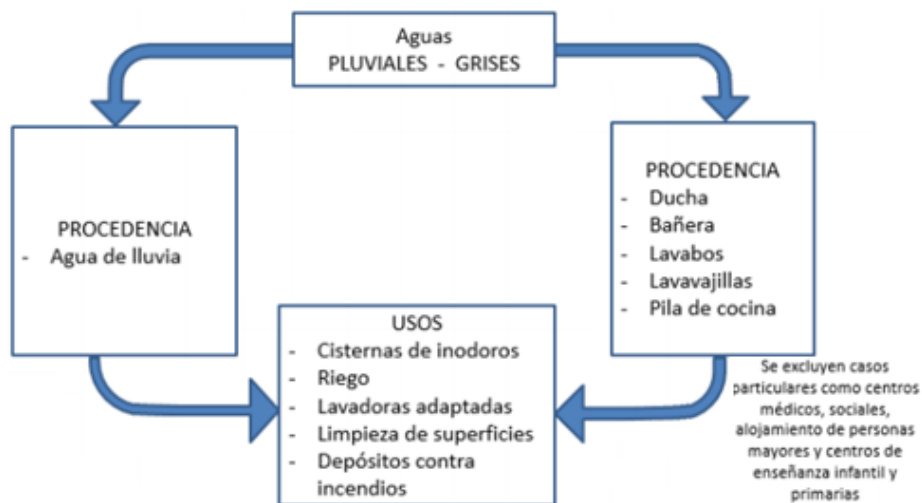


Fig. 16 Esquema general de la procedencia y usos para aguas grises y pluviales

Fuente: (ECOLOGÍA HOY, 2016)

De esta manera se puede observar que los usos para un sistema de reutilización de agua son varios, principalmente en aquellos que no son de consumo humano como es en inodoros, riego, limpieza, etc., y que como se vio anteriormente son los aparatos sanitarios con mayor consumo de agua en un edificio residencial. Por lo que esta alternativa ofrece una óptima solución en términos de reducción de consumo de agua en proyectos residenciales, que es lo que concierne al caso de estudio.

Sin embargo es importante analizar más a fondo medidas que puedan acompañar a este sistema de reutilización, como es el caso de aparatos sanitarios más eficientes y de menor consumo de agua además de la concientización de las persona en el no desperdicio de agua.

Es importante tener en cuenta que para el presente proyecto lo que se pretende principalmente es la disminución del consumo de agua sin intervención de los usuarios y a través de un sistema sustentable, y esto se lograría a través del sistema de aprovechamiento de aguas grises y pluviales. Sin embargo a manera informativa se dará a conocer medidas para la reducción del consumo de agua a través de la implementación de aparatos sanitarios más eficientes.

Por otra parte, las medidas de ahorro que se proponen a continuación en esta guía de mejores practica para consumo de agua deben implicar un beneficio para la economía doméstica y pública, ya que, a pesar de que algunas medidas como la recogida de aguas de lluvia y grises implican una inversión en equipos, los beneficios ambientales y económicos deben evaluarse con perspectivas de futuro.

2.3.1. Buenas prácticas para uso de agua

El agua es un elemento indispensable para garantizar el desarrollo y bienestar humano. Esta afirmación, lleva en ocasiones a relacionar un mayor consumo de agua con una mejor calidad de vida. Sin embargo, lo que proporciona desarrollo y bienestar no es la cantidad de agua que se gasta, sino el uso que se le da.

Se debe tener en cuenta que el agua no solo se requiere para cubrir los usos domésticos, sino que esas mismas fuentes deben ser compartidas con la industria, la agricultura, los usos turísticos y de recreo, etc. pero sobre todo con la naturaleza, donde desempeña un papel importantísimo.

Por lo tanto disminuir el consumo de recursos naturales significa ahorrar dinero, reducir el impacto ambiental y, sobre todo, garantizar el futuro de las generaciones venideras.

De esta manera a continuación se muestran ciertas prácticas de buen manejo del agua tanto por parte de los usuarios haciendo un buen uso de los dispositivos sanitarios e implementando nuevas tecnologías que permitan un aprovechamiento eficiente del recurso hídrico evitando el desperdicio innecesario de este.

Las siguientes recomendaciones para el buen uso del agua están divididas por espacios (cocina, baño, áreas exteriores) para que de esta manera se pueda tener una interpretación lo más clara posible hacia consumo familiar.

2.3.1.1. Área de cocina y lavado

La Fig. 17 muestra el esquema general del área de cocina y lavado en departamentos.

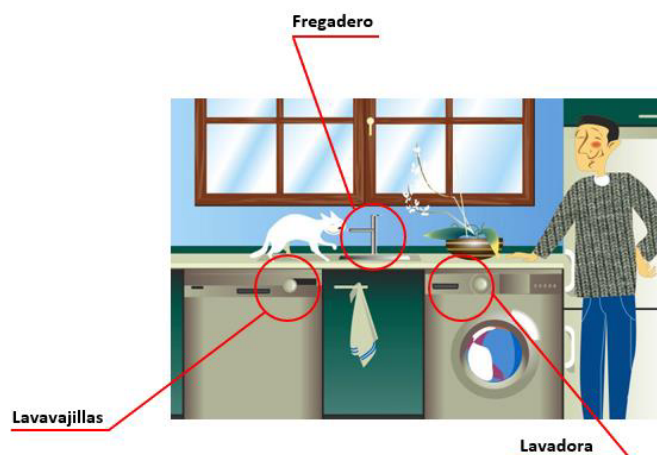


Fig. 17 Esquema general de área de cocina y lavado en departamentos

Fuente: Autor

A continuación, la Tabla 1 muestra buenas prácticas para reducir el consumo de agua en lo que se refiere a los espacios destinados a cocina y lavadora en departamentos.

Tabla 1 Buenas prácticas para reducir consumo de agua en las cocinas y lavadoras

Ahorro de agua	A través de los usuarios	A través de la tecnología
Lavavajilla	Gracias al uso de lavavajillas se puede ahorrar hasta 30 litros de agua al día en relación con el lavado a mano.	Instalar lavavajillas lo más eficiente posibles en consumo de agua y energía, preferible de clase A que ofrecen un mayor ahorro de agua.
	Se debe retirar los restos de los alimentos de las vajillas antes de meterlos en el lavavajillas.	Actualmente existen lavavajillas que consumen 7 litros de agua con capacidad para 13 servicios, que son preferibles a otros que consumen de 10-17 litros.
	Llena completamente el lavavajillas antes de ponerlo en marcha.	Asegúrate de que la medida del lavavajillas se ajusta a tus necesidades, puesto que cuanto mayor sea, más consume.
Fregadero	No descongelar los alimentos mediante el chorro de agua, es preferible descongelarlos la noche anterior.	La instalación de grifo mono-mando representa una alternativa eficiente para ahorro de agua en relación con los tradicionales grifos de ruleta.
	En casi de fregar a mano, es muy importante no desperdiciar el agua y para ello no se debe dejar el grifo abierto durante el enjabonado.	La utilización de aireadores en los grifos, los cuales a través de la incorporación de aire al chorro de agua reducen el consumo hasta un 40-50%.
	Es importante vigilar las pérdidas de agua por goteo en el grifo, ya que esta representa un despilfarro de 30 litros/día, es decir 10000 litros/año.	La instalación de reductores de caudal que se incorporan en las tuberías de los grifos para impedir que el consumo de agua exceda el consumo fijado, ahorra normalmente 8 litros/minuto.

Lavadora	Evitar el pre lavado siempre que se pueda para evitar un consumo mayor de agua.	Instalación de lavadoras eficientes que consuman menos agua, existen lavadoras en el mercado con un consumo de 6 litros/kg por ciclo.
	Aprovecha al máximo la capacidad de la lavadora e intenta trabajar siempre con carga completa, sin sobrecargarla.	Existen lavadoras con sonda de agua, que miden la suciedad del agua y solo cambian cuando es necesario hacerlo. Este sistema ahorra agua y energía.
	Llena bien la lavadora y elige el programa adecuado en función del nivel de suciedad.	Las lavadoras de carga frontal normalmente consumen menos energía y agua que las de carga superior.

Fuente: (Bilbao Bizkaia, 2015)

2.3.1.2. Área de baño

En lo que se refiere a las áreas destinadas a los servicios higienicos y de limpieza personal, se pueden distinguir los primordiales aparatos sanitarios que tienen un alto consumo de agua como son las duchas, inodoros y en menor consumo los lavabos, los cuales estan esquematizados en la Fig. 18.

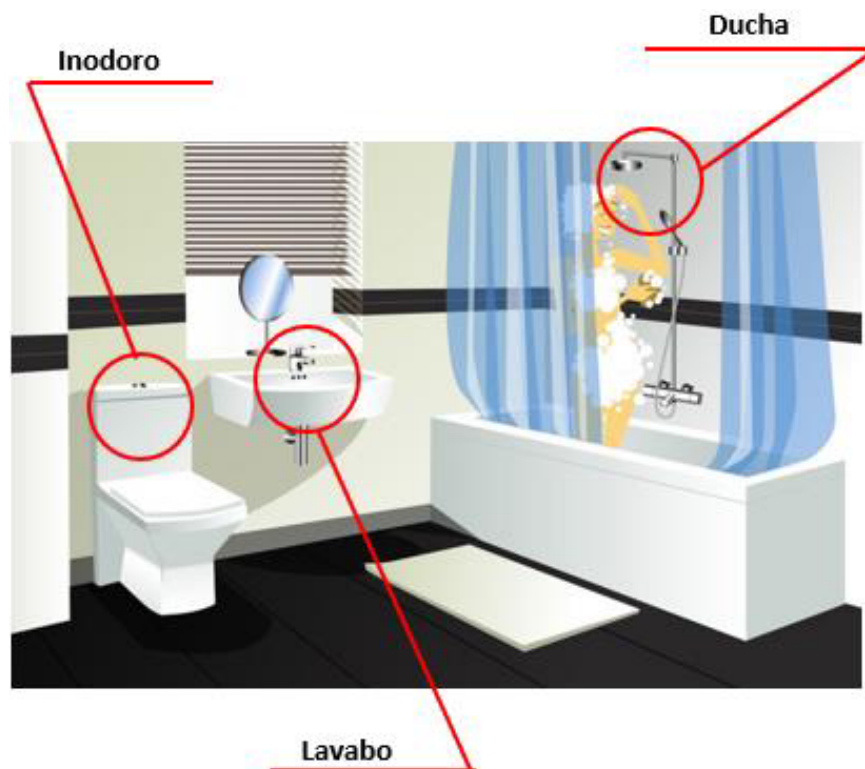


Fig. 18 Esquema general de área de baño y limpieza personal

Fuente: Autor

La Tabla 2, muestra a continuación, buenas prácticas para reducir el consumo de agua en lo que se refiere a los espacios destinados a baños.

Tabla 2 Buenas prácticas para reducir consumos de agua en baños

Ahorro de agua	A través de los usuarios	A través de la tecnología
Inodoro	No utilizar el inodoro como papelera ya que se utiliza más agua innecesariamente además de que sobrecargara las depuradoras de aguas residuales.	En inodoros con cisternas bajas se puede instalar sistemas de doble descarga o interrupción de descarga que permiten ahorrar agua, el primero entre 3-6 litros y el segundo de manera voluntaria solo pulsando un botón.
	Utiliza correctamente el doble pulsador, los contrapesos, el sistema de regulación de volumen o el interruptor de descarga, en caso de disponer de ellos.	En inodoros con cisternas elevadas no se puede instalar los mecanismos de interrupción de descarga pero se puede colocar un contrapeso en la cisterna que interrumpe el flujo al dejar de accionar el tirador.
Lavabo	Cerrar el grifo mientras te enjabonas, afeitas o cepillas.	La instalación de grifo mono-mando representa una alternativa eficiente para ahorro de agua en relación con los tradicionales grifos de ruleta.
	Es importante vigilar las pérdidas de agua por goteo en el grifo, ya que esta representa un despilfarro de 30 litros/día, es decir 10000 litros/año.	La utilización de aireadores en los grifos, los cuales a través de la incorporación de aire al chorro de agua reducen el consumo hasta un 40-50%.
Ducha	Dúchate en vez de bañarte y cierra el grifo mientras te enjabonas.	Implementación de grifos mono-mando para aumentar la eficiencia en el uso del agua para la ducha.
	Frente a los 30-40 litros de agua que se consumen por ducha, por baño se necesitan entre 100 y 250 litros.	Instalación de un reductor de caudal para reducir el caudal de salida o utilización de cabezales de ducha ahorradores de agua.
	Cuando la salida de agua caliente no sea instantánea, es importante aprovechar el agua fría inicial y guardarla para usos posteriores.	Instalación de un regulador termostático para no desperdiciar agua por no estar a la temperatura deseada.

Fuente: (Bilbao Bizkaia, 2015)

Mediante estas medidas, se puede reducir en gran forma el desperdicio de agua en los lugares donde existe un mayor gasto a nivel residencial que son los servicios higiénicos y de limpieza personal. Por otra parte, es importante tener en consideración trabajos técnicos adicionales como es la reutilización de aguas para así tener alternativas eficientes de ahorro de agua que también serán alternativas sostenibles a futuro.

2.3.1.3. Áreas exteriores: limpieza, riego en jardines y áreas verdes

El uso en áreas exteriores del agua representa otro de los grandes desperdicios en el consumo de agua, por tal razón es importante analizar medidas que permitan reducir este consumo, y una muy importante y que puede ser utilizada en cualquier vivienda familiar es a través de la utilización de agua de lluvia, la cual es una agua muy limpia que sirve para estas actividades (Fig. 19).



Fig. 19 Esquema general de uso de agua en áreas exteriores

Fuente: Autor

A continuación, la Tabla 3 muestra buenas prácticas para reducir consumos de agua en lo que se refiere a los espacios destinados a las áreas externas.

Tabla 3 Buenas prácticas para reducir consumos de agua en áreas externas

Ahorro de agua	A través de los usuarios	A través de la tecnología
Recogida de agua lluvia	Previo a la instalación de una buena captación y utilización de aguas lluvia es importante una buena planificación de los elementos constructivos y en donde va a ser usada el agua de lluvia.	Para la implementación del equipo de recolección de agua lluvia es importante que el mismo cuente con los sus elementos básicos como son: Captación, recolección, filtro, Almacenamiento y bomba en caso de requerirlo.
	Es de suma importancia la definición del lugar más apropiado donde ira ubicada la cisterna para que exista una suficiente presión de agua.	
Riego en Jardines	Es preferible regar árboles y arbustos pocas veces aunque con generosidad. Las plantas desarrollarán así mejor las raíces y se harán más resistentes a las sequías.	Los sistemas más eficientes y de bajo consumo para implementarse en el riego para jardinería son los de Riego por Aspersión y Riego Localizado.
	Es preferible dejar crecer el césped de 5-6 cm para usar menos agua en el riego.	El riego manual tiene el inconveniente de que el mismo no es constante en toda la zona de regadío.
	La limitación del empleo de fertilizantes en verano permite disminuir la demanda de agua de las plantas.	Si utilizas aspersores, ajusta los grados de giro para no mojar las zonas que no necesiten agua.

Lavado de auto y limpieza	Es mucho más eficiente llevar al coche aun centro de lavado que hacerlo a mano ya que se existe un mayor desperdicio de agua.	Existen centros de lavados eficientes y con reciclaje de agua que poseen maquinas que utilizan menos de 75 litros y también lanzas que disparan a presión y usan menos de 40 litros.
	Se recomienda no lavar el coche con la manguera, es mucho mejor usar un cubo con agua.	En el lavado de autos en casa se puede implementar mangueras con grifo adaptables, mediante las cuales se podrá suspender el consumo de agua cuando se lo requiera.
	Es preferible en la limpieza de los jardines solo realizarlos con escobas y palas, el uso de agua solo en casos que en realidad se necesite.	De igual manera para limpieza de patios en caso de ser requerido de pueden utilizar mangueras con grifos adaptables

Fuente: (Bilbao Bizkaia, 2015)

Teniendo en consideración todas estas medidas para la buena práctica del uso del agua, se puede reducir en gran forma el consumo de agua potable, en este caso se hace referencia de manera global a viviendas familiares con fines más domiciliarios.

En el caso de edificios residenciales, se puede utilizar estas mismas medidas específicamente en el caso de áreas verdes y para efectos de limpieza, que son las actividades primordiales de usuarios en edificios familiares.

2.3.2. Reducción de pérdidas de agua

El agua potable proviene de un sistema productivo compuesto por instalaciones que captan el agua cruda desde sus fuentes, la transforman en apta para el consumo humano y la distribuyen a los consumidores a través del sistema de distribución. Estas instalaciones se agrupan en las etapas de producción y distribución, y en ellas se producen diferencias entre el volumen de agua que ingresa en el sistema y el que se entrega al usuario, las que se denominan pérdidas (Albarrán, y otros, 1997).

De esta manera es muy importante analizar las diferentes pérdidas en sistema de suministro de agua con el fin de reducir los desperdicios y aumentar la capacidad instalada del sistema para hacer frente al aumento del consumo.

La enorme cantidad de agua perdida por fugas en las redes de distribución urbana de agua (pérdidas físicas o reales de agua) y los consumos no autorizados (pérdidas de agua aparentes) pueden ser los elementos que complican la situación de suministro de agua, especialmente en los países en desarrollo y en transición. Las pérdidas de agua reales y aparentes, junto con el consumo autorizado no facturado (por ejemplo para abastecer las

troncales anti incendios), constituyen la cantidad de agua no facturada en un sistema de suministro.

A continuación, en la Fig. 20 se muestra la proporción de empresas de agua y su nivel respectivo de agua no facturada.

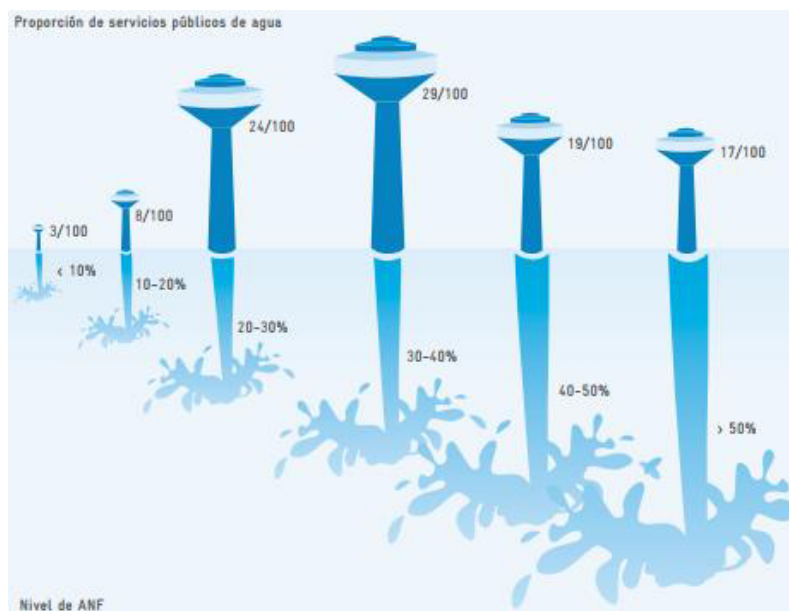


Fig. 20 Niveles de agua no facturada en empresas de agua en el mundo en desarrollo

Fuente: (Kingdom, Liemberger, & Marin, 2006)

De esta manera se puede observar que existe una gran proporción de agua que no está siendo facturada a nivel mundial principalmente en los países de desarrollo, por lo que es importante tomar medidas en el asunto ya que estas pérdidas a más de generar un desperdicio innecesario de agua, representan también un coste económico a las empresas de agua pertinentes.

La recuperación de parte del agua perdida a través de las medidas de reducción de pérdidas de agua representa a menudo una alternativa económica a explotar nuevos recursos a través de medidas de gran costo, como nuevas represas, pozos profundos o desalinización del agua de mar.

Incluso si se usa una cifra más conservadora que pone el nivel promedio de pérdidas de agua en 35% del insumo del sistema, el Banco Mundial estima que el volumen anual de ANF en los países en desarrollo está en el rango de 26,7 mil millones de m³, lo cual representa aproximadamente USD 5,9 mil millones que pierden las empresas de agua cada año. La reducción de esta cantidad de pérdida de agua a la mitad generaría ganancias

considerables y suficiente agua para suministrar agua a 90 millones de personas más en los países en desarrollo (Kingdom, Liemberger, & Marin, 2006).

Teniendo en consideración esta información, es importante analizar en forma más practica el efecto que tiene una fuga de agua en un sistema de abastecimiento y la utilización que se podría dar a este gasto innecesario de agua, de esta manera a continuación en la Fig. 21 se presenta una representación esquemática de pérdida de agua a través de una fuga.

En el caso de una fuga de agua a través de un agujero circular de 6 milímetros de diámetro en una tubería de distribución con una presión de 50 metros resulta en un gasto de 1,8 m³/hora o 1300 m³/mes, de esta manera este caudal sería suficiente para llenar una piscina olímpica de 2500 m³ en menos de dos meses o por otra parte este caudal sería suficiente para abastecer a 317 personas.



Fig. 21 Interpretación de pérdida de agua a través de un agujero de 6 mm de diámetro y su volumen equivalente de consumo hacia los usuarios

Fuente: (Ziegler, y otros, 2009)

Como se puede observar en el esquema, una sola fuga puede representar un gran desperdicio de agua, mientras que como bien se sabe en el sistema de distribución de agua potable para cualquier edificio, vivienda, industria, etc., donde no existe control alguno de esto por lo general no existe solo una fuga, por el contrario existen varias, lo que representa una gran pérdida de agua de manera global, y por ende lo que corresponde a una gran cantidad de agua que puede ser bien utilizada en otros consumos por otros usuarios.

Por último, la reducción de pérdidas de agua incrementará los ingresos generados por los servicios públicos de agua privados o municipales, y mejorará la prosperidad de los clientes comerciales y domésticos, ya que tendrán un caudal óptimo de servicio de agua.

Por otra parte una reducción de las pérdidas de agua necesita no sólo que se encuentre e implemente soluciones técnicas, sino también que se considere los aspectos financieros y gerenciales. Se debe tomar en cuenta los siguientes factores, que son cruciales para el éxito de la gestión de pérdidas de agua, cuando se comienza a desarrollar un proceso exitoso (Ziegler, y otros, 2009):

- **Aspectos Políticos:** muchos países ya tienen una estrategia del agua y consideran que la reducción de pérdidas de agua es importante. Sin embargo, su implementación a menudo es compleja ya que requiere nuevas formas de compartir responsabilidades y un cambio en el comportamiento tradicional de los consumidores.
- **Aspectos Financieros:** los costos fijos pueden representar alrededor de 80% de los costos de suministro del agua, mientras que los costos variables a menudo representan alrededor del 20%. Esto implica efectos en la motivación de distintos actores ya que los ahorros de costos pueden considerarse a menudo como marginales.
- **Aspectos Gerenciales y otros:** la reducción de pérdidas de agua en el largo plazo será exitosa solamente si se compromete plenamente a la alta gerencia de las empresas de agua. Los beneficios e incentivos apropiados son factores adicionales que pueden motivar a todo el personal.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos adicionales, se podrá tener una gestión eficiente en términos de reducción de pérdidas de agua, ya que las mismas no solo tienen repercusiones en el ámbito de gasto de agua, sino en varios como ya se lo menciono, y por tanto se deben tomar medidas acordes a la situación analizando cada uno de los aspectos.

De esta manera se ha desarrollado muchos métodos que hoy en día se reconocen como tecnologías de última generación para reducir las pérdidas de agua. No obstante, muchas empresas de agua en todo el mundo todavía no han implementado estrategias sostenibles de gestión de pérdida de agua a pesar de los obvios beneficios. A continuación, se

presentan los cuatro métodos centrales de intervención para combatir las pérdidas de agua reales, en la Fig. 22.

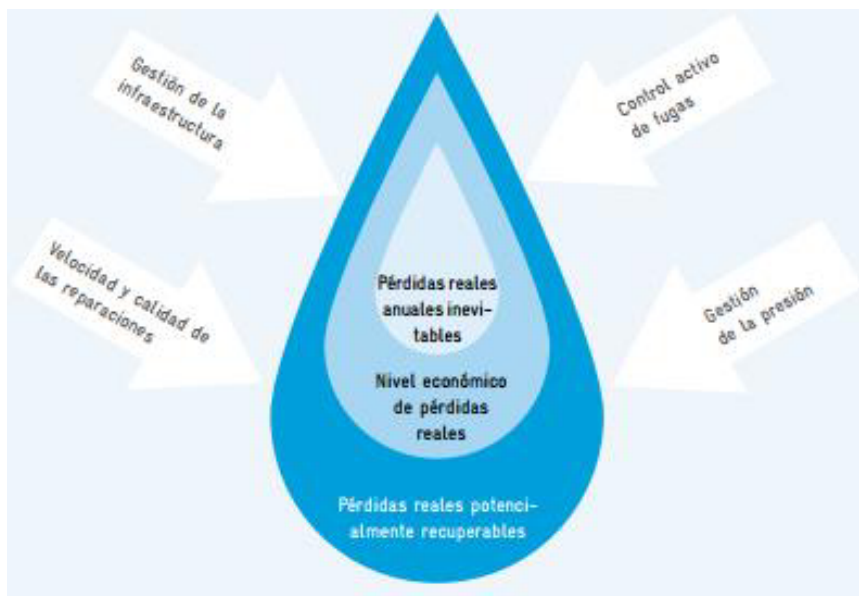


Fig. 22 Métodos de intervención para reducir las pérdidas centrales de agua

Fuente: (Pilcher, 2003)

2.3.2.1. Factores que influyen en las pérdidas de agua

Para analizar más a fondo los diferentes factores que intervienen en las pérdidas de agua, es importante primero analizar cómo está distribuida el agua dentro de su sistema de abastecimiento, sus diferentes consumos y las correspondientes pérdidas dentro del sistema, lo cual se puede representar a través del balance hídrico del sistema. Por otra parte, se encuentran las pérdidas dentro del sistema predial, lo cual representa las diferentes pérdidas producidas en las instalaciones sanitarias de la vivienda y también el desperdicio correspondiente en los respectivos aparatos sanitarios.

a. Pérdidas en los sistemas de abastecimiento

Establecer un balance hídrico a intervalos regulares proporciona la base para eliminar las pérdidas de agua. En el pasado se utilizó una gran variedad de formatos y definiciones para estos cálculos desarrollados por la International Water Association (IWA). Los componentes del balance hídrico siempre se deben calcular y expresar sobre un determinado período (usualmente, 12 meses). De esta manera los componentes del balance hídrico estándar se ilustran en la Tabla 4.

Tabla 4 Representación del Balance Hídrico según la International Water Association (IWA)

Volumen de entrada al sistema Q_I	Consumo autorizado Q_A	Consumo autorizado facturado Q_{AF}	Agua facturada exportada.	Agua facturada	
			Consumo facturado medido.		
			Consumo facturado no medido.		
	Pérdidas Q_P	Consumo autorizado no facturado Q_{AuNF}	Pérdidas aparentes Q_{PA}	Consumo no facturado medido.	Agua no facturada
				Consumo no facturado no medido.	
		Pérdidas de agua Q_{PR}	Pérdidas de agua Q_{PR}	Consumo no autorizado.	
				Inexactitudes de los medidores y errores de manejo de datos.	
				Fugas en las tuberías de aducción y distribución.	
				Fugas y reboses en tanques de almacenamiento.	
				Fugas en conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente.	

Fuente: (Lambert & Hirner, 2000)

Como se observa en la Tabla 4, mediante el balance hídrico se logra conocer con exactitud el porcentaje de los diversos componentes del consumo y pérdidas en relación con el caudal a la entrada del sistema.

De esta manera gracias al análisis del balance hídrico presentado, se puede diferenciar principalmente los dos tipos de pérdidas en una red de distribución, mediante los cuales si se analizan más a fondo se podrán tomar medidas para la reducción de las mismas.

- **Pérdidas reales**

Las pérdidas reales son volúmenes de agua perdidos dentro de un determinado periodo a través de todo tipo de fugas, estallidos y reboses. Las pérdidas reales se pueden clasificar de acuerdo a su ubicación dentro del sistema, las cuales pueden ser fugas en la distribución, fugas en las conexiones del servicio y reboses en los tanques de almacenamiento y por otro lado debido al tamaño y al tiempo durante el cual fugan.

A continuación se observa la Fig. 23, donde se puede analizar la relación existente entre la tasa de fuga y el tiempo de fuga a lo largo de la distribución, mediante lo cual se presenta el caudal de agua desperdiciado por cada caso.

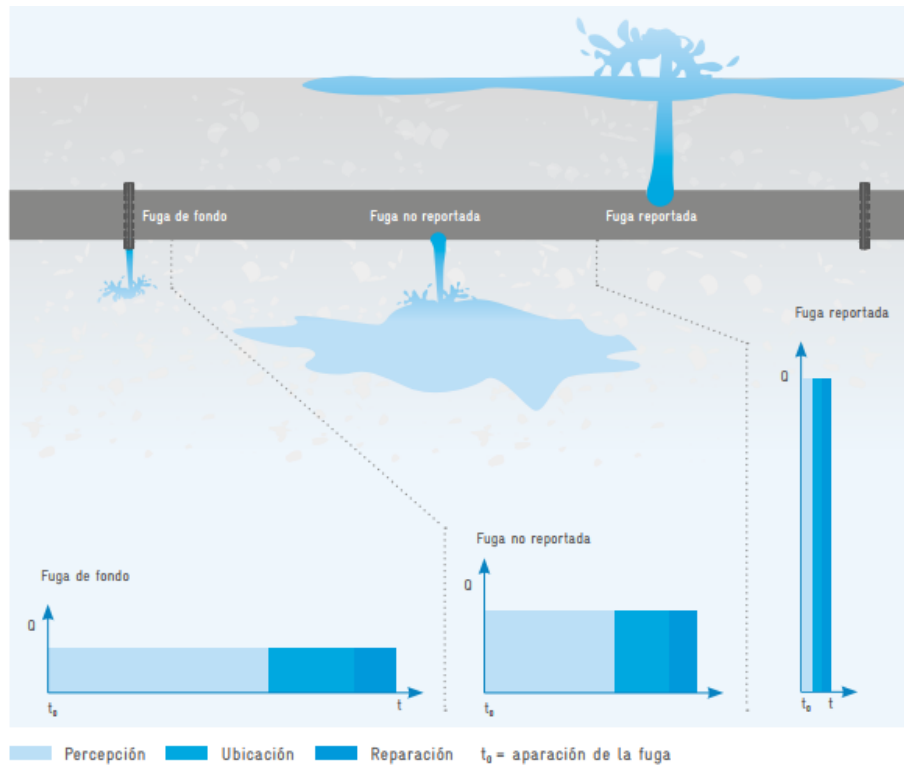


Fig. 23 Relación entre cantidad de fuga (Q) y tiempo de fuga (t)

Fuente: (Lambert & Hirner, 2000)

En los países desarrollados, las pérdidas reales representan usualmente el componente más importante de pérdidas de agua. Sin embargo, en los países en desarrollo y emergentes debido a las conexiones ilegales, a menudo los errores de medición y contabilidad pueden ser de gran importancia para las empresas de agua.

Las pérdidas reales normalmente constituyen una proporción importante de las pérdidas totales de agua. Las pérdidas de distintos tipos (agujeros, rajaduras longitudinales y circunferenciales, uniones que fugan, etc.) en los tubos de la red de distribución son el factor principal de las pérdidas reales. Las explicaciones siguientes imparten conocimiento básico sobre la relación entre presión y fuga.

En términos técnicos el comportamiento hidráulico de las fugas en los tubos se puede describir comúnmente utilizando una versión simplificada de la ecuación del orificio, tal como se muestra en la Ec.2.3.

$$q = c * h^{\alpha} \quad (2.3)$$

Fuente: (Lambert & Hirner, 2000)

Donde:

q = Caudal de fuga en un orificio en correlación con la presión de salida

c = Coeficiente de fuga

h = Presión

α = Exponente de fuga

El exponente de fuga α es el factor que más influencia el caudal desde una fuga debido a su posición como exponente en la ecuación. Los estudios de campo sobre análisis de fugas por presión han mostrado que α normalmente varía entre 0,5 y 2,79 y promedia 1,0. Esto significa que la fuga en los sistemas de distribución de agua es incluso más sensible a la presión que lo que se asume tradicionalmente.

En lo referente a las causas de las pérdidas reales, existen ciertos factores específicos que influencia este tipo de pérdidas, entre estos se tienen los siguientes (Gomes, 2011):

1. Disponibilidad de los Recursos
2. Presión de servicio
3. Frecuencia con que ocurren las roturas (condición y edad de la infraestructura, planeamiento y ejecución de la infraestructura, características del suelo, existencia de tráfico y movimientos del suelo)

▪ **Pérdidas aparentes**

Las pérdidas aparentes son pérdidas que no se deben a fugas físicas en la infraestructura, sino que están causadas por otros factores. De esta manera las pérdidas aparentes comprenden toda el agua que se entrega exitosamente al cliente pero que no se mide o registra con exactitud, lo que causa un error en la cantidad que consumen los clientes. Los factores que influyen las pérdidas aparentes son los siguientes: (Gomes, 2011)

1. Consumos no autorizados (conexiones ilícitas, uso fraudulento de hidrantes)
2. Errores de medición (contadores en condiciones normales de medición, deficiente dimensionamiento de la instalación, lectura de registro, avería en la medición, dificultades de acceso a los contadores).

Las pérdidas aparentes no deben subestimarse porque no generan ingreso por agua que ya ha sido producida, tratada, transportada y entregada al cliente.

La reducción de las pérdidas aparentes de agua se puede lograr en muchos casos a costos relativamente bajos y por lo tanto es usualmente un buen punto de partida que devuelve rápidamente la inversión a la empresa de agua. Los cuatro métodos centrales de intervención para combatir las pérdidas aparentes son: 1) administración de contadores; 2) Política de control de uso no autorizado; 3) control de la integridad de los datos de facturación; y 4) control y análisis de datos.

b. Pérdidas en los sistemas prediales

Por otra parte, en el sistema predial al igual que en los sistemas de abastecimiento existe un gran desperdicio de agua a efecto de las malas instalaciones, imperfeitos de los dispositivos sanitarios, entre otros (Fig. 24), lo que puede concluir a un alto desperdicio del agua dentro del predio.



Fig. 24 Deficiencia en Instalaciones Sanitarias

Fuente: (Ziegler, y otros, 2009)

Es importante mencionar que también ocurren otros tipos de fugas en el interior de los domicilios que no se ven, pero se contabilizan como consumos en los medidores con cargo a los usuarios, ya sea por tuberías rotas, goteo en llaves o por derrames en los depósitos de los inodoros. Adicionalmente, se tienen dispendios en los usos del agua en regaderas, inodoros, lavabos, lavado de utensilios y ropa, bebederos y riego de jardines.


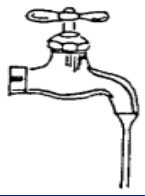
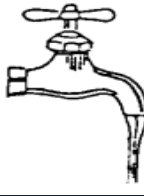
Las pérdidas de agua en el sistema predial cuando no son detectadas, pueden ser pueden tener varias consecuencias que van desde problemas no propios del edificio como significativos factores de des-confort, durabilidad reducida, problemas de humedad y problemas de salud humana.

Las instalaciones domiciliarias pueden ocasionar pérdidas comerciales que se manifiestan como bajos caudales (goteos), que son inferiores al límite de sensibilidad de

los medidores. Las más frecuentes se registran como consecuencia de desperfectos en las válvulas y diversas piezas especiales de las instalaciones.

De esta manera es importante tener en cuenta la representación de un gasto de agua en os distintos dispositivos sanitarios, como es el caso más general en el desperdicio de agua por goteo de un grifo. A continuación, en la Tabla 5, se muestra el gasto generado por la fuga por goteo de agua en un grifo y su equivalente en litros por el tiempo de gasto del mismo.

Tabla 5 Volumen perdido de agua por fugas en grifos

Pérdidas en grifos con fugas		
		
Un grifo que gotea pierde unos 100 litros en 24 horas.	Una fuga de 1,5 mm de espesor representa una pérdida de 380 litros en 24 horas.	Una fuga de 3 mm de espesor representa una pérdida de 1500 litros en 24 horas.

Fuente: (Anónimo, 2005)

Teniendo en consideración este desperdicio de agua, es importante realizar un análisis más a fondo del desperdicio de agua en los demás elementos y aparatos sanitarios, lo cual se detalla a continuación.

- **Causas de pérdidas de agua en tuberías**

Las tuberías son los elementos que se encargan de la conducción del agua hacia los distintos dispositivos sanitarios. Los problemas que se pueden presentar en el sistema de tuberías para que se produzcan pérdidas de agua son los siguientes (Fig. 25) (Anónimo, 2005):

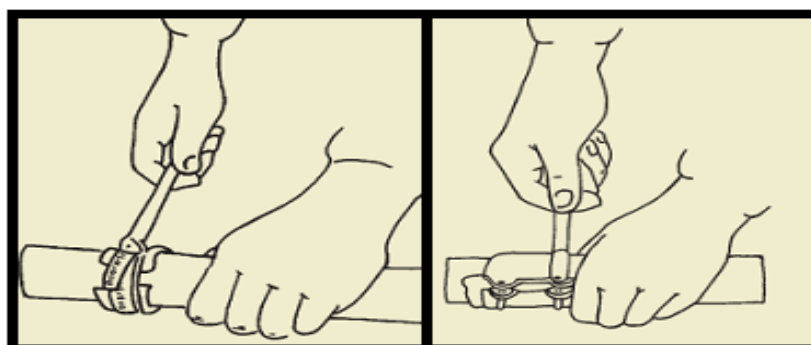


Fig. 25 Problemas en tuberías que causan pérdidas de agua

Fuente: (Anónimo, 2005)

- Las tuberías estén perforadas.
- Pérdida de agua en las uniones.
- Ruidos en la tubería, provenientes de:
 - o Mal funcionamiento de grifos.
 - o Válvulas o flotadores de inodoros defectuosos.
 - o Exceso de presión por mal dimensionamiento de las tuberías.

▪ **Causas de pérdidas de agua en grifería**

Por grifería se entiende las llaves de agua asociadas a artefactos sanitarios tales como lavamanos, lavaplatos y duchas, así como a redes de agua a modo de llaves de paso y llaves de jardín. Los problemas que se pueden presentar en las griferías para que se produzcan pérdidas de agua son los siguientes (Fig. 26) (Anónimo, 2005):

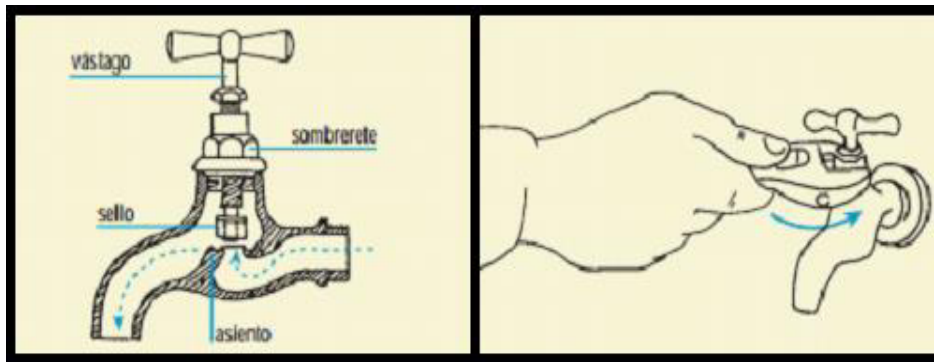


Fig. 26 Problemas en grifería que causan pérdidas de agua

Fuente: (Anónimo, 2005)

- La llave no cierra (existe goteo).
- Ruido en la llave (dispositivos con falla que provocan fuga de agua).

▪ **Causas de pérdidas de agua en inodoro con estanque**

Los inodoros con estanque son dispositivos de descarga de agua con tanques adicionales que permiten el almacenamiento de agua para su posterior descarga. Los problemas que se pueden presentar en los inodoros con estanque para que se produzcan pérdidas de agua son los siguientes (Fig. 27) (Anónimo, 2005):

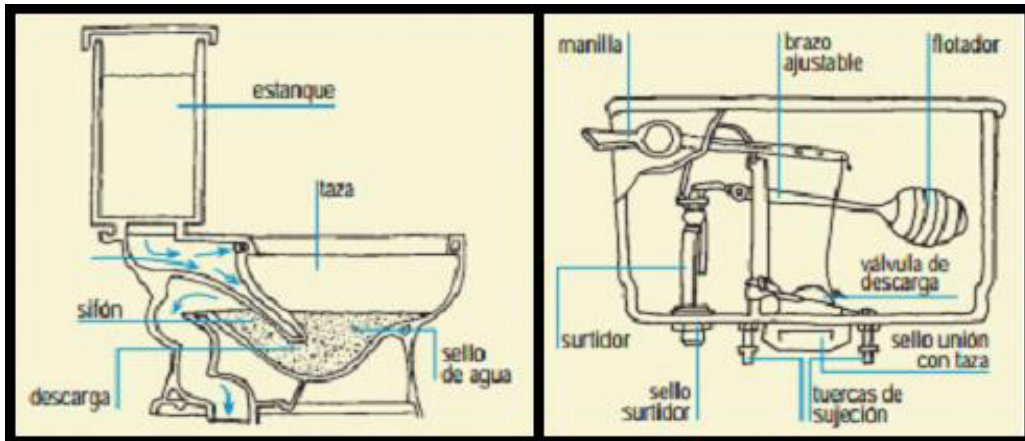


Fig. 27 Problemas en inodoros que causan pérdidas de agua

Fuente: (Anónimo, 2005)

- El flotador no sube o se traba.
- El surtidor no cierra.
- La válvula de descarga no cierra.
- La válvula de descarga queda suspendida.
- Se pierde agua por la base del surtidor del estanque.
- El estanque pierde agua por la unión con la taza.

▪ **Causas de pérdidas de agua en estanques de almacenamiento**

Es un depósito que almacena agua potable previa a su distribución al edificio. Puede ser subterráneo o elevado. Los problemas que se pueden presentar estos tanques para que se produzcan pérdidas de agua son los siguientes (Fig. 28):

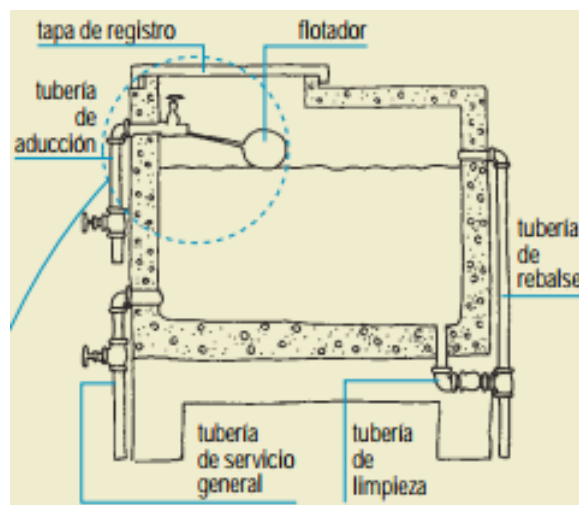


Fig. 28 Problemas en estanques de almacenamiento que causan pérdidas de agua

Fuente: (Anónimo, 2005)

- La válvula de la tubería de aducción no se cierra.
- La válvula de la tubería de aducción se rompe.
- La tubería de servicio general se perfora producto de la succión de la bomba.

2.3.2.2. Técnicas para detección y localización de fugas

Debido a la gran importancia de la reducción de las pérdidas de agua tanto a nivel urbano como a nivel predial es necesario tomar medidas para solucionar al máximo posible el problema de las pérdidas de agua, para lo cual se debe realizar un trabajo minucioso de detección de estas pérdidas de agua o fugas tanto en redes distribución como en redes de agua potable dentro de viviendas, edificios, etc.

Dentro del análisis de las fugas, es importante considerar que las fugas que ocasionan una mayor pérdida de agua son las fugas a nivel urbano, es decir en redes de distribución de agua potable, ya que las mismas manejan grandes volúmenes de agua y por tanto en el caso de existir una fuga, las perdidas serán cuantiosas, por lo que requerirá una detección, localización y reparación lo más rápida posible.

Por otra parte las fugas existentes dentro de un sistema predial, es decir en las instalaciones de agua potable de un edificio o vivienda son también importantes, pero a diferencia de las fugas en redes de distribución estas son mucho menores, de esta manera a futuro podrían ocasionar graves problemas tanto estructurales, arquitectónicos, etc., en los predios, sin embargo este coste de agua ya no dependen de la entidad administradora del agua, sino más bien es un costo interno del predio que deberán asumir los usuarios por efecto del mal funcionamiento del servicio interno.

De esta manera se puede decir que existen diferentes tipos de fugas, incluyendo fugas del servicio en línea y escapes de válvulas, pero en la mayoría de los caso, la porción más grande de agua inexplicable es pérdida a través de fugas en las tuberías principales.

Por tanto una meta importante de la detección de fugas es el encontrar exactamente donde está localizada la fuga. Típicamente, a mayor sonido, menor la distancia que se encuentra la fuga. Las fugas pequeñas a elevadas presiones usualmente emiten mayor ruido que las fugas más grandes bajo presiones mínimas. En efecto, la mayoría de fugas grandes casi no emiten algún tipo de sonido, como se muestra a continuación en la Fig. 29.

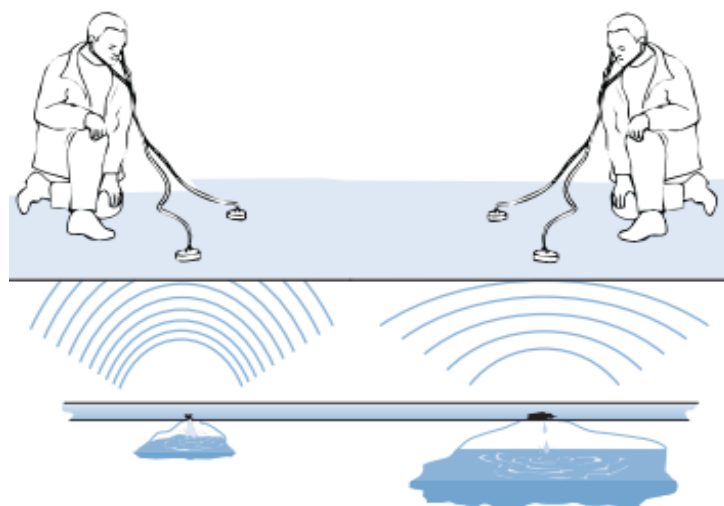


Fig. 29 Diferencia en detección de fugas grandes y pequeñas

Fuente: (Lahlou, 2007)

De esta manera para detectar y reparar con oportunidad las fugas que se presentan en el sistema de abastecimiento de agua para los predios es recomendable elaborar un programa de mantenimiento periódico, donde se incluyan las siguientes actividades (Ortega Barradas, 2015):

- **Revisión mensual del estado físico de:** medidores, tuberías y dispositivos de consumo.
- **Detección y reparación de fugas en:** inodoros, grifos, cisternas, duchas, lavaplatos, etc.
- **Revisión del nivel de consumos:** por tipo de uso o área.

Factores previos a considerar

Para la detección y localización de fugas, es muy importante previo a la ejecución de cualquier método de detección tener en consideración ciertas restricciones que dificultan el trabajo de localización de las fugas, las cuales se muestran a continuación.

- **Diámetro de tubería:** factor que se debe tomar en cuenta previo a cualquier detección ya que un diámetro pequeño dificulta enormemente el paso de herramienta.
- **Longitud de tubería:** mientras mayor sea la longitud de la tubería mayor deberá ser el cable barra de empuje de la herramienta, con lo que el control de dicha herramienta será menor, haciéndose imposible para largas distancias

- **Codos:** dificultan el paso de herramientas hacia el interior de las tuberías y además, en ocasiones el diámetro de la nueva tubería se ve reducido a su paso por dichos codos.
- **Derivaciones y conexiones con otras tuberías:** las derivaciones a otras tuberías suponen un problema similar al de los codos además del añadido por tener que dirigir la herramienta hacia la tubería que interese.

Para dar solución a estas dificultades, se utilizan diversos métodos, como son el uso de carritos dirigidos por control remoto sobre los que se coloca la herramienta (diámetros grandes), la utilización de barras rígidas para facilitar la introducción de la herramienta por empuje (diámetros medios y pequeños) o el paso de guías para poder manejar la herramienta desde dos puntos de acceso (Asensio Avellanas, 2015).

Teniendo en consideración estas dificultades se presentan las diferentes técnicas para detección y localización de fugas en proyectos residenciales y que también sirven para el caso de redes de distribución en sistemas urbanos, los cuales están divididas en función del método de detección como se muestra a continuación.

a. Métodos manuales

▪ Inspección visual

Una de las maneras más rápidas y simples de detectar fugas en nuestra redes agua potables son principalmente las de inspección visual ya que la forma, color, olor de los daños, continuidad o no del goteo, etc. pueden ofrecer mucha información sobre la procedencia de la pérdida de agua (Fig. 30).



Fig. 30 Inspección visual de fuga de agua

Fuente: (Ortega Barradas, 2015)

Así, una mancha transparente, sin olor, con alto grado de humedad y que abarca una gran superficie, revelará una fuga en la tubería de agua corriente, asegurando esto, cuando se tiene un goteo constante incluso con los grifos cerrados que cesa al cerrar la llave de paso general de la vivienda.

Asimismo, la localización de la mancha o goteo, orientarán sobre la localización de la avería.

- **Colorantes**

El uso de colorantes es útil en las instalaciones de desagüe. Se coloca colorante por una tubería y, en caso de que éste se manifieste en la zona donde haya aparecido la humedad, significará que la pérdida se encuentra en esa tubería.

- **Pruebas de presión hidráulica y estanqueidad**

En el caso correspondiente a tuberías de presión dentro de un sistema de abastecimiento de agua en un edificio se podrá realizar pruebas de presión para ver si la tubería presenta o no fugas (Fig. 31).

Para estas pruebas se debe tener un circuito cerrado entre dos válvulas y, mediante un compresor o bomba, se introduce aire o agua hasta la presión de trabajo. Si la presión se mantiene constante, se habrá descartado la existencia de escape y en caso de detectarse pérdida de presión, esto indicará que la tubería presenta fuga.



Fig. 31 Medición de presión en un circuito cerrado a través de un manómetro

Fuente: (Ortega Barradas, 2015)

Para estas pruebas de presión hidráulica se tienen que cumplir ciertos parámetros a lo largo de la red de agua potable para el correcto análisis de la existencia de fugas, dentro de las cuales se tienen las siguientes (Ortega Barradas, 2015):

- Presión mínima de 10 kgf/cm^2 (140 P.S.I o 9,80 bares) en el punto de mayor cota del tramo probado.
- Las pruebas se pueden efectuar por tramos separados de longitud no menor que 20 metros.
- La duración de la prueba debe ser de 10 minutos como mínimo, tiempo en el cual no debe existir ninguna variación en el manómetro.
- Para la verificación del correcto funcionamiento de equipos elevadores, estanques y aparatos sanitarios la prueba debe tener como mínimo de 2 horas.
- La bomba de prueba debe instalarse siempre en el punto inicial de la alimentación del tramo a probar.

Teniendo en consideración estos parámetros, al final de la prueba de presión se realiza el control de la estanqueidad, y si durante las siguientes 2 horas la caída de presión es menor que 0,2 bar., se considera que el sistema no presenta fuga, caso contrario el sistema presenta fuga, tal como se observa en la Fig. 32 (Ortega Barradas, 2015).

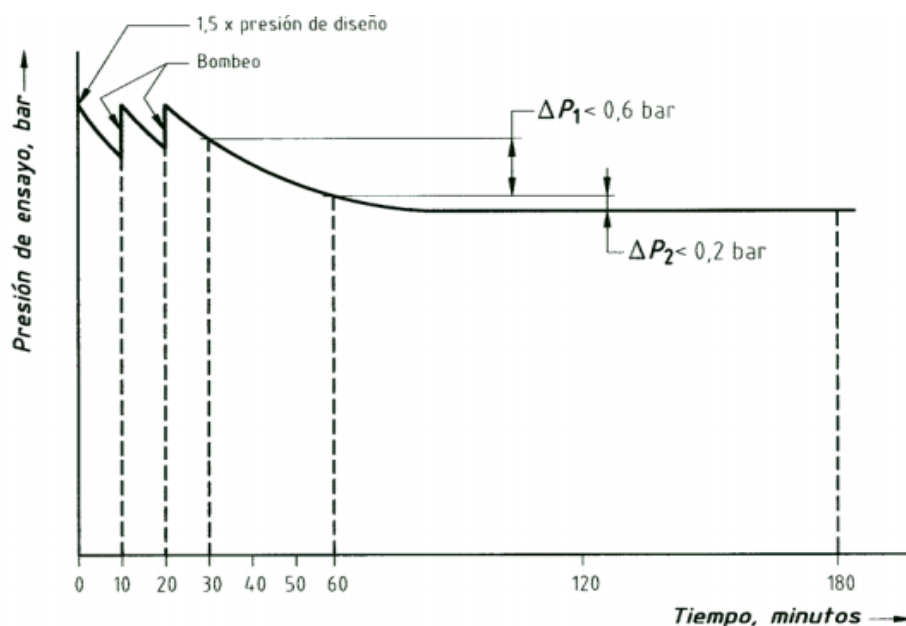


Fig. 32 Ensayo de estanqueidad en sistemas de agua potable residenciales

Fuente: (Ortega Barradas, 2015)

En referencia a las pruebas de estanqueidad, cabe mencionar que actualmente se ha facilitado la obtención de un circuito estanco gracias a la aparición de los obturadores.

Estos obturadores son cilindros o balones de caucho que se hinchan con aire a presión para conseguir el cierre total de la tubería y por cuyo interior puede discurrir un bypass que permite introducir el fluido a presión en la tubería ya cerrada para realizar la prueba

de presión (Asensio Avellanas, 2015). La Fig. 33, muestra los diferentes tipos de obturadores existentes.



Fig. 33 Obturador sencillo (izquierda) y obturador con bypass (derecha)

Fuente: (Asensio Avellanas, 2015)

b. Métodos con equipo electrónico

Con respecto a métodos con equipos electrónicos, mediante los cuales se pueden determinar las fugas de agua sin mayor trabajo de obra civil, como es el caso de una tubería dentro de una zanja, en la cual para su reparación es necesario abrir la zanja para comprobar la existencia de la fuga.

Mediante estos métodos se puede realizar las inspecciones a lo largo de toda la red de una manera más rápida, sin necesidad de trabajos adicionales y sin afección a las demás instalaciones dentro del edificio, lo cual propone una alternativa más eficiente aunque un poco más costosa.

Dentro de estos métodos se tienen los siguientes:

▪ Videocámara para inspección de tuberías

La inspección de tuberías mediante cámaras de vídeo permite, no sólo detectar fugas, sino también descubrir el estado general de una instalación sin necesidad de romper suelos, paredes, techos y sus revestimientos.

La video inspección en las reparaciones sin obras es crucial, ya que antes de plantear cualquier método de reparación o renovación, se debe conocer no sólo dónde se encuentra la fuga, sino también, si existen adherencias y/o incrustaciones en el interior de la tubería, dónde se encuentran las diferentes acometidas, etc.

De esta manera se puede observar la gran utilidad de estos tipos de métodos de detección de fugas a lo largo de las redes de distribución de agua, por otra parte es importante considerar que existen varios tipos de cámaras y la elección de las mismas dependerá del diámetro de la tubería, ya que es por estas donde se buscara la fuga

Videocámara para diámetro pequeño (DN 40-70)

Se trabajará siempre con empuje manual. La dificultad principal que se tendrá a la hora de trabajar con pequeños diámetros, es el tamaño de la cabeza de la cámara. Cuánto más pequeña, más fácil será introducirla por pequeños diámetros, sin embargo, mayor será la dificultad para obtener una buena calidad de imagen o iluminación.

El diámetro del cabezal suele ser de 23 milímetros aunque existen cabezales de hasta 13 milímetros de longitud (Fig. 34). Cuando menor sea su diámetro, más facilidad se tiene para el paso de codos y más dificultad para el control del empuje con grandes longitudes de cable.



Fig. 34 Videocámara con cabezal de 13 mm con iluminación integrada para diámetro pequeño

Fuente: (Asensio Avellanas, 2015)

Videocámara para diámetro medio (DN 70-250)

Para estos diámetros el empuje también es manual, en este caso el trabajo es más sencillo ya que requiere menos luz para poder observar correctamente la conducción a través de la red y también el paso por sus codos se vuelve más sencillo, de manera que se puede dotar el cable con un empuje con suficiente rigidez para el control de la cabeza de la cámara.

Para el direccionamiento de la cámara hacia derivaciones o codos, se puede incorporar además una guía en el cabezal, ya que sus dimensiones lo admiten.

Habitualmente, se utilizan carros de empuje manual con cabezal intercambiable. Es muy común que el carro esté dotado de dos bobinas de cable de diferente diámetro y rigidez, para poder conectar tanto los cabezales aptos para inspección de tuberías de diámetro medio y pequeño (Fig. 35).



Fig. 35 Puesto de control y videocámara para diámetro medio

Fuente: (Asensio Avellanas, 2015)

Videocámara para diámetro grande (DN 250-1200)

La conducción de gran diámetro elimina el problema del paso de la cámara por codos y derivaciones, pero requiere gran cantidad de luz y una calidad de imagen muy superior para poder observar los puntos de interés, lo que influye significativamente en el precio de los equipos.

En este caso ya no se utilizara el empuje de un cable, en este caso la función del cable será de alimentación eléctrica y se controlan los movimientos desde el equipo de control. Para los casos en los que los diámetros estén entre 250-300 milímetros será necesario que la cámara vaya guiada por un tractor móvil que transporte y eleve la cámara (Fig. 36).



Fig. 36 Tractor móvil para traslado de cámara (izquierda) y equipo de control (derecha)

Fuente: (Asensio Avellanas, 2015)

▪ **Geófono**

Cuando se produce una fuga en una tubería de presión, el agua fluye a gran velocidad y produce una vibración en el material del tubo. Esta vibración se transmite por la tubería, pudiendo ser escuchada desde puntos de contacto remotos como válvulas, hidrantes, etc.

De esta manera el geófono ausculta el sonido producido por la fuga desde la superficie o por los accesos al tubo que son los mejores puntos de detección (Fig. 37).



Fig. 37 Inspección con geófono en tuberías de distribución de agua potable

Fuente: (Asensio Avellanas, 2015)

- **Correlador**

Es un equipo electrónico que analiza el sonido que captan dos sensores en contacto con la tubería. El correlador mide la distancia a la fuente de sonido por el tiempo que tarda el ruido en llegar al sensor, de esta manera al cabo de un breve espacio de tiempo (1-2 minutos) se compara el sonido en los dos sensores y, en caso de existencia de fuga, aparecerá un pico en la gráfica, que informará del punto exacto/distancia donde se localiza la fuga (Fig. 38).



Fig. 38 Utilización de correladores en tuberías

Fuente: (Asensio Avellanas, 2015)

Por otra parte, se puede interpretar a la correlación como un método matemático para calcular el retraso entre dos señales emitidas desde la misma fuente, mediante lo cual se puede analizar la existencia de fugas, hay que tomar en cuenta que el uso de la correlación es imposible si la señal es demasiado débil para alcanzar ambos micrófonos.

En base de la Fig. 39 y mediante la Ec.2.4., se puede determinar la distancia de la fuga al micrófono:

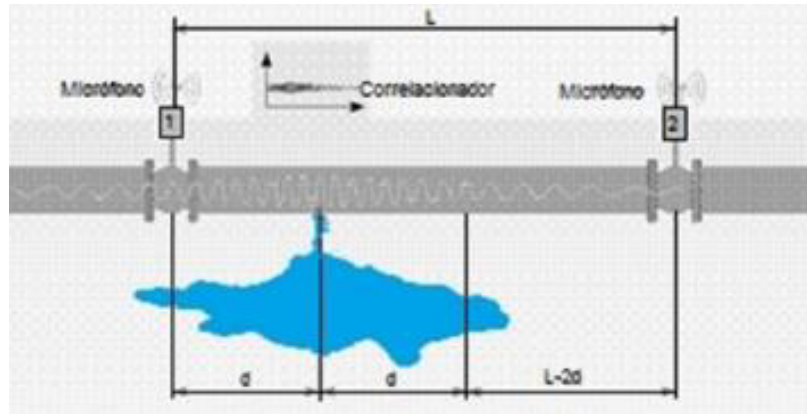


Fig. 39 Esquematación de correladores de ruidos de fuga

Fuente: (Ortega Barradas, 2015)

$$d = L - \frac{(v \cdot \Delta t)}{2} \quad (2.4)$$

Fuente: (Ortega Barradas, 2015)

Donde:

d = Distancia de la fuga al micrófono (m)

L = Longitud de la sección del tubo (m)

Δt = Demora temporal (s)

v = Velocidad de propagación de la onda acústica (m/s)

▪ Gas trazador

Cuando existen pérdidas de agua en tuberías enterradas donde no se puede observar los daños en pisos inferiores se debe proceder a la fractura de la misma hasta encontrar las fugas, lo cual implica la apertura de zanjas, pisos a lo largo de la trayectoria de la tubería. Este método evita tener que romper para localizar el punto de fuga (Fig. 40). Por otro lado, este gas, compuesto de hidrógeno y nitrógeno, tiene la particularidad de atravesar prácticamente cualquier material debido al pequeño tamaño de sus moléculas.

El gas se introduce en el interior de la tubería desde cualquier acceso a la misma y con la ayuda de un compresor, se aumenta la presión en el interior de la tubería hasta su presión de trabajo. En caso de no existir fuga, la presión se mantendrá constante, en caso de que la tubería presente fuga, la presión irá disminuyendo ya que el gas estará saliendo por el punto de fuga en vertical hacia la superficie, donde se podrá encontrar con el detector destinado a este fin. Lo que se detectará será únicamente el hidrógeno, ya que el nitrógeno sólo se utiliza para evitar la explosión del hidrógeno (Asensio Avellanas, 2015).

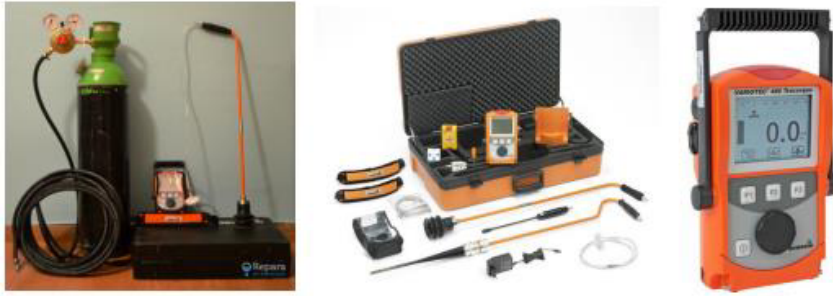


Fig. 40 Equipo para detección de fugas mediante gas trazador

Fuente: (Asensio Avellanas, 2015)

Este método es ideal para tuberías que se encuentran enterradas de manera horizontal a efecto de que el gas se escapa por la fuga de manera vertical. Por otra parte, en tuberías localizadas en cajones de obra, aunque estas estén distribuidas de manera horizontal se puede obtener resultados confusos ya que el gas se distribuye por el cajón.

- **Cámara Termográfica**

Esta cámara capta las diferencias de temperatura existentes desde la superficie. Así, al existir un escape de agua, se observará la zona donde se localiza el agua procedente del escape por su diferencia de temperatura con el resto de materiales (Fig. 41).

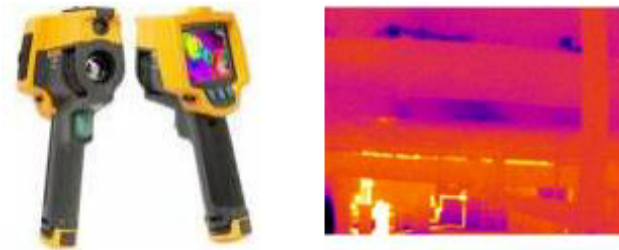


Fig. 41 Cámara termografía y la captación de temperatura de una fuga en una habitación

Fuente: (Asensio Avellanas, 2015)

2.3.3. Dispositivos de bajo consumo de agua

De manera complementaria a las medidas para reducción de consumo de agua en edificios, es también importante considerar una forma más eficiente de consumo de agua, lo cual se puede lograr a través de la implementación de dispositivos más eficientes de menor consumo que permitan un mayor ahorro del agua a nivel residencial.


Estos componentes hidráulicos y sanitarios tradicionales, tales como inodoros, regaderas, llaves de lavabo y aspersores para riego que consumen volúmenes

considerables de agua, se pueden adaptar o modificar para reducir el volumen estándar de trabajo a través de la reducción de caudal o volumen de descarga (Ortega Barradas, 2015).

2.3.3.1. Sanitarios

Si los excusados del inmueble tienen tanque de carga con capacidad de 18 a 20 litros/descarga, se puede instalar una represa o una bolsa de desplazamiento dentro del tanque para reducir el volumen de descarga (Tabla 6).

Tabla 6 Tipos de inodoros de bajo consumo de agua

Tipo de taza	
	WC Taza tanque elongado trampa expuesta; 4,8 litros por descarga, Drakar1.
	WC Taza tanque elongado trampa expuesta; 4,8 litros por descarga, Ródano1.
	WC Taza tanque elongado trampa expuesta; 4,8 litros por descarga, Bolmen1.
	Taza tanque para espacios reducidos descarga; 3,8 litros trampa expuesta blanco.
	Taza para fluxómetro trampa expuesta; 4,8 litros por descarga.
	Taza para fluxómetro altura comfortable trampa expuesta; 4,8 litros por descarga.

Fuente: (Ortega Barradas, 2015)

Los sanitarios con fluxómetro producen una gran descarga sin necesidad de tanque. Para que funcione correctamente, necesita una red con más caudal que el habitual.

2.3.3.2. Urinarios

Los urinarios son los muebles sanitarios netamente utilizado por los hombres, dentro de los cuales se pueden encontrar primordialmente dos, urinarios húmedos y secos (Tabla 7).

- **Urinarios húmedos:** existen algunos urinarios antiguos con capacidad de 7 a 9 litros por descarga. en este caso, si la válvula instalada se cambia por una válvula ahorradora, se puede reducir su capacidad a casi 3 litros por descarga.
- **Urinarios Secos:** no requieren de agua para desalojar el líquido, esto debido a su operación. Existen dos tipos de estos que son los mingitorios de gel y los mingitorios de válvula. En estos urinarios se encuentran ciertas ventajas con relación a los urinarios húmedos:
 - No más fugas en fluxómetros por fallas, mantenimiento o robo;
 - No más desbordes de agua por mal uso de llaves;
 - Ahorra inmediatamente el consumo y costo de agua;
 - Fácil de instalar, limpiar e higiénico;
 - Costo bajo de mantenimiento.

Tabla 7 Tipos de urinario de bajo consumo de agua

Urinarios Húmedos	
	Urinario cascada grande; 0,5 litros o 1,0 litro por descarga, Ferry
	Urinario cascada grande; 0,5 litros o 1,0 litro por descarga, Travis
Urinarios Secos	
	Urinario seco sistema TDS, Negev
	Urinario seco sistema TDS, Goby






Fuente: (Ortega Barradas, 2015)

Cabe señalar que hay ciertas modificaciones que se tienen que llevar a cabo para la instalación de los mismos, así como algunas medidas de diseño de los mismos que se deben de tomar en cuenta y que recomiendan los fabricantes.

2.3.3.3. Fluxómetros

Estos dispositivos son utilizados en urinarios y en inodoros. Hay de diferente forma de accionar, desde los de manija, pedal, botón o automáticos. Los fluxómetros ahorradores de agua, tienen una descarga máxima de 4,8 litros (Tabla 8) (Ortega Barradas, 2015).

Tabla 8 Tipos de fluxómetro de bajo consumo de agua

Tipos de Fluxómetros	
	Fluxómetro de manija para WC de 32 mm o 38 mm; 4,8 litros por descarga
	Fluxómetro de manija para mingitorio; 0,5 litros por descarga
	Fluxómetro de manija para mingitorio; 1,0 litro por descarga
	Fluxómetro de pedal para mingitorio; 0,5 litros por descarga
	Fluxómetro de pedal para mingitorio; 1,0 litro por descarga
	Fluxómetro de pedal para WC de 32 mm o 38 mm; 4,8 litros por descarga
	Fluxómetro de Sensor Electrónico de Baterías para WC de 32 mm o 38 mm con botón mecánico; 4,8 litros
	Fluxómetro de Sensor Electrónico de Baterías para urinario con botón accionador mecánico; 0,5 litros por descarga.
	Fluxómetro de Sensor Electrónico de Baterías para urinario con botón accionador mecánico; 1,0 litro por descarga
	Fluxómetro de Sensor Electrónico de corriente para WC de 32 mm o 38 mm con botón accionador mecánico; 4,8 litros por descarga
	Fluxómetro de Sensor Electrónico de corriente para urinario con botón accionador mecánico; 0,5 litros por descarga
	Fluxómetro de Sensor Electrónico de corriente para urinario con botón accionador mecánico; 1,0 litro por descarga
	Fluxómetro de Sensor Electrónico con dispositivo autoflux de baterías para WC de 32 mm o 38 mm con botón accionador mecánico; 4,8 litros por descarga

Fuente: (Ortega Barradas, 2015)






De esta manera se puede observar que existen varios tipos de fluxómetros que a través de los aparatos sanitarios anteriormente mencionado permiten un alto ahorro de agua a través de sus sensores electrónicos que permiten la descarga exacta de agua que el dispositivo sanitario realmente requiere.

2.3.3.4. Regaderas

Generalmente las regaderas tienen una descarga de 14 a 20 litros/minuto. En este caso, el volumen de descarga se puede disminuir a un rango de 5 a 9 litros/minuto instalando reductores de flujo, ya que estos dispositivos disminuyen el área por donde circula el agua

que abastece la cabeza de descarga de la regadera y, por lo tanto, disminuye el volumen de agua que se utiliza al tomar una ducha (Tabla 9) (Ortega Barradas, 2015).

Tabla 9 Tipos de regaderas de bajo consumo de agua

Tipos de Regaderas	
	Regadera con válvula de control de flujo, 8 litros/minuto
	Regadera de limpieza automática antirrobo con base a muro, 8 litros/minuto
	Regadera y brazo chapetón, 6 litros/minuto
	Regadera y brazo chapetón con sistema anti calcáreo, 6 litros/minuto
	Regadera, 8 litros/minuto

Fuente: (Ortega Barradas, 2015)

2.3.3.5. Grifos (llaves)

En lo referente a llaves de lavamanos, lavaderos, etc., también es posible la adaptación de reductores de flujo de agua o aireadores que ayudan a dispersar el chorro de agua y de esta manera reducir el volumen de agua utilizada en el consumo del dispositivo sanitario.










Las llaves de lavabos, en edificios de oficinas, pueden mejorar su eficiencia instalando válvulas de tiempo o sensores infrarrojos para controlar la descarga. Lo cual se puede implementar de manera adicional en el presente proyecto ya que el mismo está diseñado para viviendas y oficinas.

Dentro de las llaves ahorradoras se encuentran diferentes modelos en función del tipo de ahorro de agua, las cuales son las siguientes (Tabla 10) (Ortega Barradas, 2015):

- **Llave con aireador:** los aireadores pulverizan el agua a presión continua a partir de 1 bar de presión y sin aumentar su caudal a presiones mayores, con lo cual se consigue aumentar el volumen de agua sin aumentar el caudal.
- **Llave con regulador de caudal:** disponen de un dispositivo que permite limitar el paso máximo de agua.

- **Llave termostática:** tienen un preselector de temperatura que mantiene la salida del agua a la temperatura elegida.
- **Llave con temporizador:** se accionan mediante un pulsador y se cierran después de un tiempo establecido. Suelen permitir ajustar el tiempo de funcionamiento.
- **Llave con sensores infrarrojos:** son la última novedad del mercado. Funcionan mediante infrarrojos que se activan por proximidad, de forma que el agua cae colocando las manos bajo el grifo y cesa la salida al apartarlas.

Tabla 10 Tipos de llaves economizadoras para bajo consumo de agua

Tipos de Llaves ahorradoras	
	Llave economizadora de cierre automático; 1,9 litros/minuto
	Llave para lavabo de sensor electrónica de baterías; 1,9 litros/minuto, 15 segundos, Nimbus
	Llave para lavabo de sensor electrónica de baterías a pared; 1,9 litros/minuto, 15 segundos
	Llave para lavabo de sensor electrónica de baterías; 1,9 litros/minuto, 15 segundos Argos
	Llave para lavabo de sensor electrónica de corriente; 1,9 litros/minuto, 15 segundos Argos
	Llave para lavabo de sensor electrónica de baterías; 1,9 litros/minuto, 15 segundos Alfa
	Llave para lavabo de sensor electrónica de corriente; 1,9 litros/minuto, 15 segundos Alfa
	Llave economizadora cierre automático; 2 litros/minuto
	Mono-mando para lavabo con contra de rejilla; 6 litros/minuto, Spacio
	Mono-mando para lavabo con contra de rejilla; 1,9 litros/minuto, Spacio
	Mono-mando para fregadero; 6 litros/minuto
	Mono-mando para fregadero; 6 litros/minuto
	Mono-mando para lavabo con contra de rejilla, cartucho ecológico; 6 litros/minuto, Explora

Fuente: (Ortega Barradas, 2015)

3. SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

3.1. Sistemas de reutilización de agua

El buen manejo del recurso hídrico como ya se estudió en los capítulos anteriores influye en gran forma en el consumo de agua, por tal razón adicional a los métodos para buen manejo del agua existen sistemas netamente destinados al manejo eficiente del agua, dentro de los cuales existe la alternativa de reutilización de agua ya sea pluvial o aguas grises, las cuales en un sistema independiente de desperdicio de agua por parte de las personas se puede reutilizar través de las instalaciones sanitarias del edificio, proponiendo así una alternativa sustentable y eficiente de ahorro en el consumo de agua.

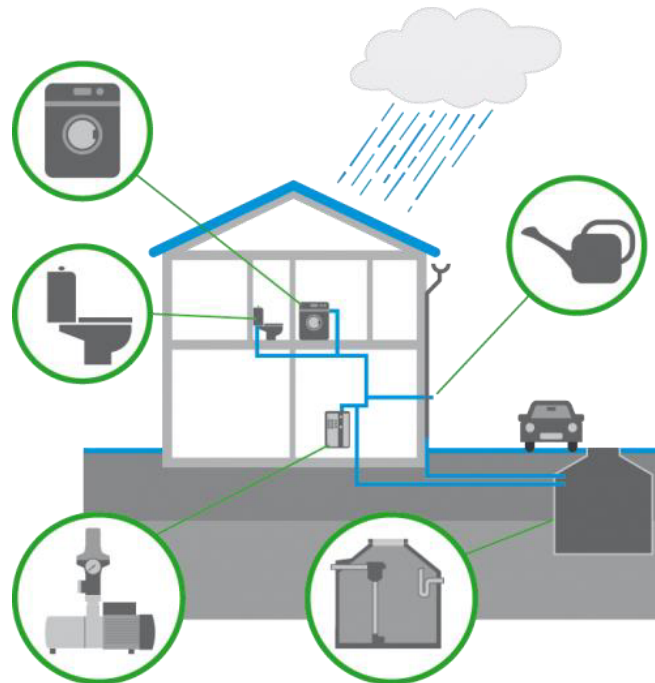


Fig. 42 Esquema general para reutilización de aguas pluviales y aguas grises en proyectos residenciales

Fuente: (EVO AQUA, 2017)

De esta manera se puede observar que la alternativa de reutilización de aguas tanto pluviales como grises ofrece muchos beneficios tanto en términos de eficiencia hídrica como en términos de sostenibilidad para un manejo eficaz del agua en edificios. Es importante analizar el tipo de uso que se puede dar para cada una de estos tipos de agua de reutilización, teniendo en consideración que el volumen de agua captado sea suficiente para todas las necesidades hídricas del edificio.

3.2. Uso de aguas de lluvia en edificios residenciales

3.2.1. Encuadramiento general

La recuperación de agua pluvial consiste en filtrar el agua de lluvia captada en una superficie determinada, generalmente el tejado o azotea, y almacenarla en un depósito. Posteriormente el agua tratada se distribuye a través de un circuito hidráulico independiente de la red de agua potable.

El principal problema del aprovechamiento de las aguas pluviales en edificios es que el agua captada no sea suficiente para abastecer a todas las necesidades de los usuarios del edificio, por tal razón es importante realizar un análisis tanto pluviométrico como arquitectónico del edificio teniendo en cuenta las áreas de recolección de agua lluvia para así poder observar si la misma va a ser suficiente para su respectiva reutilización.

La reutilización de este tipo de agua provee ciertos beneficios adicionales como los siguientes (ZUMOS ECOLÓGICOS, 2017):

- Supone el uso de un recurso ecológico y gratuito;
- Representa el auto suministro de agua de calidad;
- Ayuda a aliviar la gran demanda de las redes de suministro público;
- En las ciudades, ayuda a la recuperación de los acuíferos subterráneos.

El uso de aguas lluvia provee una alternativa ecológica y sustentable de utilización de agua especialmente en proyectos residenciales, además de que este tipo de agua es de buena calidad y no necesita un tratamiento muy estricto para su reutilización, lo cual es favorable en términos de consumo de agua directamente para el hogar.

Un aspecto muy importante que hay que tomar en cuenta dentro del uso del agua lluvia en predios privados es el área de recogida de lluvia y la respectiva precipitación del sector en estudio, para de esta manera determinar la existencia o no del suficiente abastecimiento para todos los usuarios del edificio.

Teniendo en consideración estos parámetros de volúmenes de agua recolectadas, es importante también definir los tipos de usos que puede tener el agua lluvia y a donde se pueden destinar los mismo a lo largo de todas las áreas de los predios, tanto de manera interna como externa, tal como se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11 Uso de agua pluvial en edificios

Sitio	Destino de uso de agua	Observaciones
Interior de edificios	Cisternas e inodoros	Excluido en centros médicos y sociales, residencias de la tercera edad, escuelas de infantil y primaria.
	Lavados de suelos	
	Lavadora (aconsejable un tratamiento complementario)	
Exterior de edificios	Riego de zonas ajardinadas	El riego por aspersión debe hacerse fuera de los periodos de afluencia pública.
	Lavado de suelos	
	Lavado de vehículos	
Usos industriales	Limpieza de superficies y vehículos industriales	Se recomienda un estudio para cada aplicación

Fuente: (Lluís Huguet, 2007)

De esta manera el presente proyecto se direcciona al aprovechamiento de aguas lluvias y/o grises dependiendo de la viabilidad de uso de cada una de las mismas. En este caso para las aguas lluvias será importante considerar la viabilidad del uso de agua lluvia en función de las características arquitectónicas del edificio y pluviométricas del sector en estudio para así poder analizar si el agua recogida será suficiente para la utilización en dispositivos sanitarios o riego, y por otra parte en cuales de estos dispositivos se deberá utilizar, como se mencionó anteriormente.

En el caso de no ser suficiente el agua de lluvia, la misma se combina con otras fuentes de suministro de agua, principalmente, la red convencional. La duplicidad de calidades del agua (lluvia y red) necesita un sistema de gestión eficiente. Este aspecto deberá ser analizado más a fondo en el estudio pluviométrico para el edificio en estudio.

Adicional a lo anteriormente mencionado, es importante tener en consideración de que el objetivo principal del uso de aguas lluvia para el presente proyecto es reducir los consumos de agua potable de la red pública, a nivel de vivienda, para lo cual como se mencionó anteriormente es importante saber cómo ahorrar agua mediante la lluvia y donde utilizarlo de manera eficiente, siempre y cuando el abastecimiento sea suficiente, caso contrario deberá ser complemento a la reutilización de aguas grises.

3.2.2. Sistemas de utilización de agua de lluvia

El sistema de captación de agua pluvial, es un mecanismo ampliamente desarrollado en otras áreas del mundo donde la emergencia de respuesta a la necesidad de contar con fuentes confiables de acceso al agua potable, ha originado la investigación de Instituciones tanto públicas como privadas.

El mecanismo consiste en generar superficies captadoras principalmente en azoteas, como también balcones y conducir por gravedad el agua, interceptada por diferentes filtros a lo largo del tramo, hasta un depósito acumulador, que luego por un sistema de bombeo, permite la distribución de agua hacia los artefactos sanitarios, riego o limpieza dependiendo del uso que se le vaya a dar a la misma (Fig. 43).

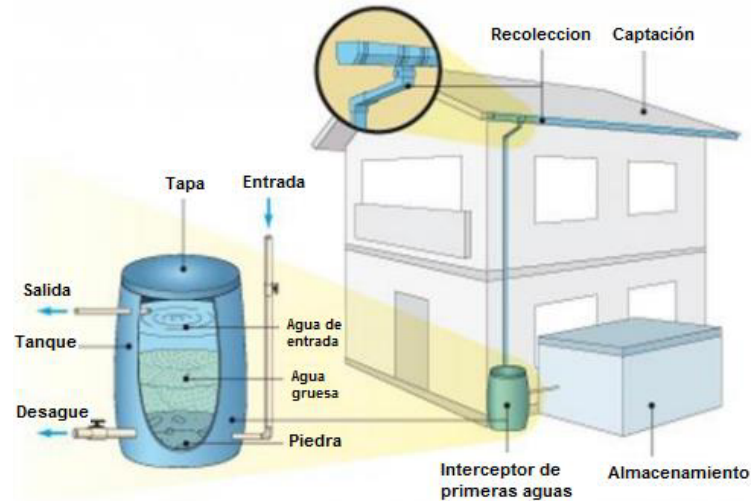


Fig. 43 Sistema de aprovechamiento de agua lluvia en edificios

Fuente: (Figuerola & Guaraglia, 2014)

La elección de los usos de agua a cubrir con este sistema, es un factor altamente decisivo para determinar la demanda real de agua que se necesita para satisfacer las necesidades de consumo y que, además, determinará su factibilidad económica en el corto o mediano plazo.

El aprovechamiento de aguas de lluvia puede contemplarse con suma efectividad en los programas residenciales tanto individuales como colectivos y permite generar un ahorro importante de agua, así también como mecanismo rector en contextos donde la red de abastecimiento pública no se encuentra presente por diferentes motivos.

Una instalación para aprovechamiento de aguas pluviales consta de una serie de elementos esenciales: una superficie de recogida, un depósito de acumulación (con bomba de presión y rebosadero) y las canalizaciones que conectan la zona de recogida con el depósito y éste con los puntos de consumo. Esta descripción es esquemática, pues la complejidad del sistema varía en función del uso posterior que se le quiera dar al agua de lluvia recogida, tal como se muestra a continuación.

3.2.2.1. Fase de captación y canalización

Captación

Se considerarán superficies de captación aquellas que, salvo operaciones de mantenimiento, no sean transitables. Desde un punto de vista cuantitativo se pueden usar todas las superficies de recogida disponibles que sean adecuadas cualitativamente. El diseño de las pendientes de las cubiertas, los sistemas de drenaje así como los sumideros se deberá realizar de acuerdo al código técnico de la edificación vigente.

Las superficies de captación pueden ser diversas y hay que considerar el efecto que a nivel cuantitativo y cualitativo producen en el agua recogida. A nivel cualitativo hay que tomar en cuenta las limitaciones del tejado ya sea verde (aportación de nutrientes), asfalto (aportación de hidrocarburos), metálico (aportación de iones metálicos), fibrocemento, entre otros. A nivel cuantitativo la posición, inclinación, orientación y composición de la superficie de captación, deben ser tomadas en consideración (Tabla 12) (Huguet, Oró, Tormo, Pastor, & González, 2016).

Tabla 12 Coeficiente de rugosidad para distintos materiales en tejado

Composición	Coeficiente
Tejado duro inclinado*	0,8
Tejado plano sin gravilla	0,8
Tejado plano con gravilla	0,6
Tejado verde intensivo	0,3
Tejado verde extensivo	0,5
Superficie empedrada	0,5
Revestimiento asfáltico	0,8

* desviaciones en función de la capacidad de absorción y la rugosidad

Fuente: (Huguet, Oró, Tormo, Pastor, & González, 2016)

Es importante, además, conocer el régimen de precipitaciones del lugar para determinar el área de captación; cuanto mayor sea el nivel de precipitación neta, menor superficie se requerirá para acumular.

Del total de lluvia caída sobre la superficie captadora, se estima un 85% de rendimiento; puesto que el restante 15% se desperdicia como consecuencia del salpicamiento en canaletas debido a la velocidad de caída, desbordamiento por acumulación instantánea en un margen corto de tiempo y el régimen de vientos (Fig. 44).

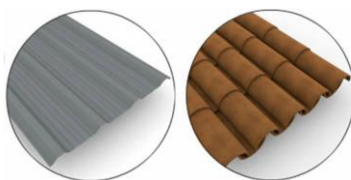


Fig. 44 Materiales típicos para recolección de agua lluvia pluvial

Fuente: (Figueroa & Guaraglia, 2014)

Canaletas y Columnas

Las canaletas son dispositivos lineales ubicados en los puntos bajos de pendiente donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua, y con piezas que se unan fácilmente entre sí, a fin de reducir fugas de agua. Pueden ser materiales plásticos como PVC, así también como acero galvanizado (Fig. 45).

Las canaletas o conducciones verticales pueden ser colocadas en el interior o exterior de edificios. En el caso de conducciones interiores se debería considerar su accesibilidad para labores de mantenimiento en puntos estratégicos y en cualquier caso según establezcan las normas y reglamentos competentes vigentes en cada momento.

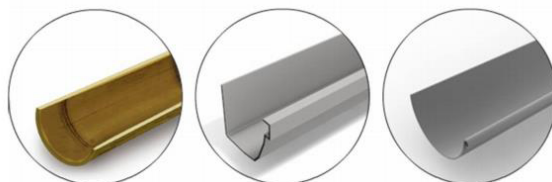


Fig. 45 Tipos de canalizaciones según el material caña de bambú (izquierda), metálico (centro) o de PVC (derecha)

Fuente: (Figueroa & Guaraglia, 2014)

Tanto canaletas como columnas son propensas a acumular restos orgánicos que pueden obstruir la conducción de agua. Para ello se debe disponer de rejillas o mallas en la parte superior o de lo contrario disponer de filtros de hojas en las columnas bajantes, dependiendo del mecanismo más económico o más cómodo para efectuar la limpieza.

3.2.2.2. Fase de filtración

Previo a la entrada en los depósitos de acumulación, las aguas pluviales deben ser filtradas para evitar la entrada de suciedad en los depósitos de almacenaje que pueden causar averías de funcionamiento del sistema, empeorar la calidad del agua almacenada

o conllevar costes de mantenimiento innecesarios. De esta manera a continuación, se detalla las características principales que deben cumplir los filtros para tener una correcta filtración en el sistema (Huguet, Oró, Tormo, Pastor, & González, 2016).

a. Tipos de filtros

Se puede distinguir tres tipos de filtros en función de su ubicación:

- **Tipo U1:** filtros para la instalación en bajantes
- **Tipo U2:** filtros para la instalación en depósitos
- **Tipo U3:** filtros para la instalación individual (en arquetas, enterradas o en superficie)

Con respecto al principio de funcionamiento existen dos tipos básicos:

- **Tipo F1:** filtros con expulsión de la suciedad “auto limpiantes” (el término “auto limpiante” no significa que los filtros correspondientes estén libres de mantenimiento)
- **Tipo F2:** filtros con acumulación de la suciedad

b. Eficiencia

La eficiencia de los filtros varía en función del diseño y de la intensidad de la lluvia. En función de la luz de paso, la mayoría de los filtros disponibles en el mercado tiene una eficiencia superior al 80% respecto a los materiales que pretenden remover.

c. Grados de filtración

Los filtros disponibles en el mercado tienen un grado de filtración habitual entre 0,5 y 3 milímetros. En función del uso del agua previsto y el filtro de entrada elegido puede ser necesaria la instalación de filtros más finos en la correspondiente línea de suministro. Es recomendable, combinar distintos tipos de filtros para conseguir unos gradientes de filtración que permitan aumentar el aprovechamiento y disminuir los sólidos en suspensión del agua captada.

d. Dimensionado y capacidad de los filtros

Los filtros deben ser dimensionados en función del caudal de agua que puede pasar por ellos. Como orientación se pueden utilizar las informaciones de los fabricantes que en muchos casos asignan una máxima superficie de recogida a sus filtros (por ejemplo, hasta 150 m²).

e. Instalación de filtros

Los filtros deben ser instalados de forma que se facilite su mantenimiento y limpieza. Es importante en las instalaciones de los filtros tipo U2 y U3, tener en cuenta la posible pérdida de nivel entre la entrada y la salida del filtro. En las instalaciones de los filtros tipo F1 se debe prever la conexión de la tubería del agua de rechazo con un sistema adecuado de desagüe.

f. Mantenimiento

De forma general, se deben seguir las instrucciones y recomendaciones de los fabricantes en relación a su mantenimiento, como mínimo se recomienda una revisión mensual. El mantenimiento y control es especialmente importante en instalaciones con filtros tipo F2.

- Considerando los parámetros anteriormente mencionados, a continuación se muestra un resumen general de los filtros disponibles con sus respectivas características.

Tabla 13 Tipos de filtros para sistemas pluviales con sus respectivas características

Tipo	Eficiencia	Grado fil mm	Mantenimiento	Capacidad	Coste
U1/F2 Tipo bajante	80% - 90%	0,70 – 1,70	Bajo	Bajo	Bajo
U2/U3/F2 Tipo cesta	99%	0,40 – 1,00	Alto/medio	Media/alta	Medio
U2/U3/F1 Tipo auto limpiantes	90% - 95%	0,35 – 2,00	Bajo	Media	Alto

Fuente: (Huguet, Oró, Tormo, Pastor, & González, 2016)

3.2.2.3. Interceptor de primeras lluvias

Durante los primeros instantes de lluvia (10 a 15 minutos) el agua caída puede arrastrar sedimentos e impurezas provenientes del techo, por lo tanto esa agua no es deseable para el consumo humano y es necesario eliminarla del sistema de acumulación. El interceptor de primeras lluvias es un dispositivo que permite acumular los primeros litros de lluvia caída, separa la parte más sucia de cada aguacero para que no entre al depósito acumulador de agua (Figuerola & Guaraglia, 2014).

A continuación, se muestra un detalle del interceptor de primeras aguas lluvia con su respectiva conexión en la Fig. 46.

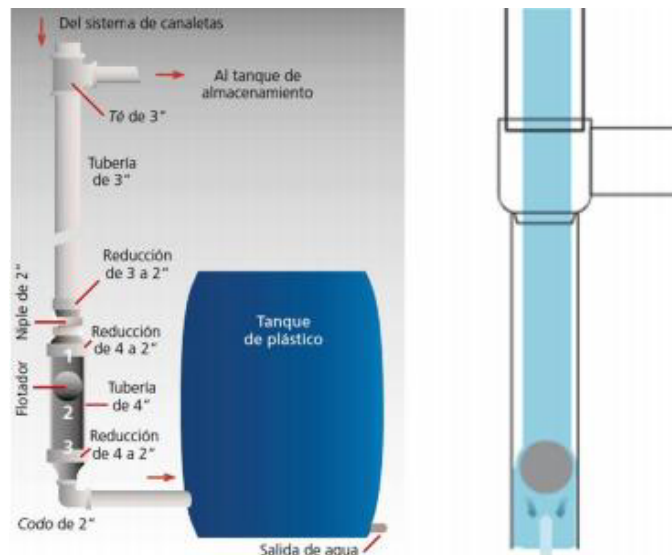


Fig. 46 Interceptor de primeras aguas lluvias

Fuente: (Figueroa & Guaraglia, 2014)

3.2.2.4. Fase de almacenamiento

El objetivo del almacenamiento de agua de lluvia es acumular con las mejores garantías el agua procedente de la lluvia, para poder ser utilizada posteriormente para los usos designados.

Existen numerosos tipos de depósitos de almacenamiento según el diseño; circulares o prismáticas y según los materiales desde las prefabricadas en acero inoxidable, fibrocemento, polietileno y PVC; o construidas in situ en hormigón armado, mampostería revocada o en madera. Para garantizar el correcto funcionamiento de la fase de almacenamiento y el sistema en general se deben cumplir ciertas condiciones.

a. Criterios básicos para el almacenamiento

- Debe ser totalmente impermeable para evitar la pérdida de agua, así como evitar infiltraciones de agentes que ataquen con la calidad del agua.
- Se recomienda una altura no mayor a dos metros, para evitar así posibles presiones sobre el suelo; sobre todo en sitios donde el régimen de precipitaciones es abundante o suelos expansivos.
- Es imprescindible mantener un registro o arqueta de entrada al depósito, para permitir su inspección, limpieza y mantenimiento, así como asegurar la prevención de su acceso a personal no autorizado.

- La tapa de acceso debe estar cerrada herméticamente para evitar el ingreso de polvo, insectos y la luz solar.
- Debe poseer un rebose que permite drenar el agua excedente al desagüe y el mismo debe tener incorporada alguna malla para evitar la entrada de insectos o roedores.
- Se debe contar con una válvula de desagüe para retirar el contenido de agua para casos de mantenimiento o reparaciones.

b. Dimensionado del depósito de almacenamiento

Para el cálculo del volumen del depósito de almacenamiento se debe tener en consideración dos parámetros importantes.

- Demanda generada por el sistema (aparatos conectados al agua lluvia y número de usuarios del sistema).
- Oferta pluvial generada por la superficie de captación y la precipitación local donde se sitúa la instalación.

Un aspecto relevante y necesario es la cloración del agua almacenada, con el fin de mantener su conservación y eliminar bacterias y microorganismos. Es necesario calcular la concentración de cloro admisible a colocar, en función de la cantidad de agua que se encuentre en el depósito.

Existen numerosas formas de cálculo del volumen del depósito, todas ellas empíricamente probadas para diversas hipótesis de los factores anteriores. De cualquier manera, para el presente estudio posteriormente se analizará los volúmenes requeridos para suplir las necesidades del proyecto conjuntamente con la viabilidad de su uso.

Teniendo en consideración esto, a continuación se presenta un cálculo empírico para la estimación del dimensionado del depósito para aguas pluviales.

▪ Demanda

La demanda se calculará mediante las necesidades de consumo de agua no potable, y se determina en función de la Ec.3.1.

$$D = D_{WC} + D_{RJ} + D_L + D_{LV} \quad (3.1)$$

Fuente: (Figueroa & Guaraglia, 2014)

Donde:

D = Demanda

D_{WC} = Demanda de las cisternas de los inodoros

D_{RJ} = Demanda del riego de jardín

D_L = Demanda para limpieza de superficies

D_{LV} = Demanda de la lavadora adaptada al uso de aguas pluviales (no se aplica en el estudio)

▪ **Oferta**

La oferta se calculará mediante la capacidad de captación de las aguas pluviales, y se determina en función de la Ec.3.2.

$$O = S \times C_{sc} \times P \quad (3.2)$$

Fuente: (Figueroa & Guaraglia, 2014)

Donde:

O = Oferta de agua no potable

S = Superficie de recogida (m^2)

C_{sc} = Coeficiente de superficie de captación (Revisar Tabla 13)

P = Pluviometría anual ($mm/m^2/año$ o $l/m^2/año$), según la zona se recurre al Instituto Nacional de Meteorología o a estaciones meteorológicas locales

▪ **Volumen de la cisterna de aguas pluviales**

Para el dimensionado del volumen de la cisterna se tiene que analizar la oferta y demanda anteriormente mencionado según lo siguiente.

- Si $D < O$ se tomará la demanda como base de cálculo.
- Si $D > O$ se descarta algún uso de agua no potable (ya que no se satisfacen las necesidades de los usuarios)

Nota: Prevalece siempre el valor de la demanda como referencia en el caso de $D > O$

Considerando todos los anteriores parámetros, a continuación se muestra la Ec.3.3., para calcular el volumen de la cisterna.

$$V_{DEPOSITO} = D / 365 \text{días} \times F_D \times P \quad (3.3)$$

Fuente: (Figueroa & Guaraglia, 2014)

Donde:

$V_{DEPOSITO}$ = Volumen del depósito de recogida de aguas lluvias (*litros*)

D = Necesidades de agua diaria (*litros*)

F_D = Factor de dimensionamiento, aumento entre 15-20% debido al contenido de sedimentos en el fondo del depósito que produce la pérdida de volumen útil.

P = Período de retorno máximo entre dos episodios de lluvia significativa 30-40 días (*día*)

En resumen, a continuación se presenta un esquema general de una cisterna o depósito de acumulación de aguas lluvias con sus respectivos componentes (Fig. 47).

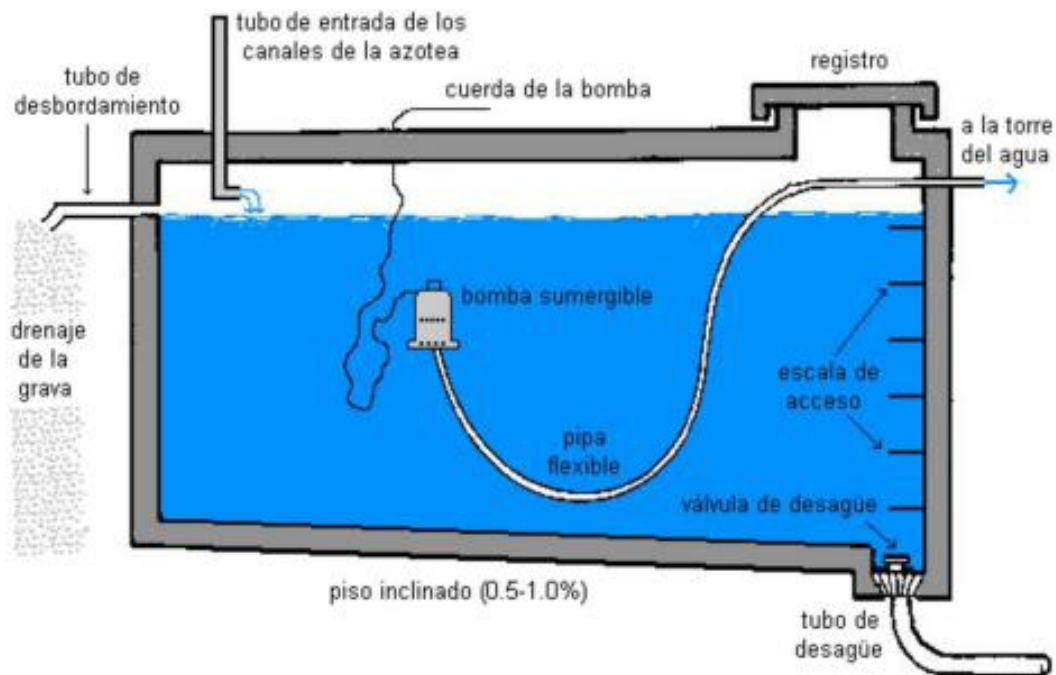


Fig. 47 Esquema general de un depósito acumulado de agua pluvial de hormigón armado in-situ

Fuente: (Figuerola & Guaraglia, 2014)

3.2.2.5. Fase de distribución

Para garantizar que el agua pluvial almacenada en el depósito llegue a los puntos de suministro previstos en una instalación, a no ser que se pueda garantizar la distribución por gravedad, se dispondrá de un sistema de impulsión. En el caso del presente proyecto se deberá implementar una bomba ya que al ser un proyecto de varios pisos se debe garantizar la presión de agua.

a. Tipos de instalaciones de distribución

Como ya se mencionó anteriormente, en función de las necesidades arquitectónicas e hidráulicas del proyecto se destinará el tipo de sistema de distribución.

- Por Gravedad: Cuando el depósito se encuentra a un nivel superior al de los puntos de suministro.
- En carga con grupo de presión: Aquellas cuyo depósito se encuentra a un nivel igual o superior al del sistema de captación o recogida
- En aspiración con grupo de presión de superficie: Aquellas cuyo depósito se encuentra a un nivel inferior al de los puntos de suministro. En este caso se requiere la instalación de un equipo de bombeo auto-aspirante.

b. Tipos de redes de distribución

Por otra parte, se analiza el tipo de red de distribución en función de la garantía de suministro de agua, es decir si la misma abastece o no a la red.

- **Con garantía de suministro:** En los casos en que el suministro se limita a la disponibilidad de agua de lluvia en el depósito.
- **Sin garantía de suministro:** En los casos en que el suministro debe garantizarse a los puntos de servicio durante todo el año con independencia de que pueda agotarse el agua pluvial del depósito y se disponga de una fuente alternativa de agua, como el agua de red.

c. Componentes de la red de distribución

En resumen, para la fase de distribución se debe tener en cuenta los siguientes componentes.

- **Sistema de bombeo:** Debe realizarse la correcta selección del equipo de impulsión con arreglo a las especificaciones de la obra siguiendo el criterio de máxima eficiencia y mínimo consumo. La potencia de la bomba debe ser tal, que permita el pasaje por los filtros, los mismos reducen la presión del agua por eso hay que tener en cuenta este aspecto para seleccionar la bomba adecuada (Fig. 48).



Fig. 48 Bombas de tipo periférica (izquierda), de tipo sumergible (derecha)

Fuente: (Figuerola & Guaraglia, 2014)

- **Sistema de Conmutación:** mecanismo manual o automático que deberá asegurar la correcta conmutación entre las dos redes de agua, cuando el nivel de agua pluvial en el depósito no sea suficiente para garantizar el suministro en los puntos de entrega.
- **Sistema de conducción hasta los suministros:** debe ser específica para agua de lluvia. Con el fin de separar la red de agua potable de otras redes no potables deben instalarse dispositivos de separación física.

3.2.2.6. Fase de mantenimiento

Es necesario mantener la calidad del agua del depósito con un sistema de control y vigilancia, atendiendo a los diferentes usos finales que se le dará al agua y de las características de la propia instalación.

Se realizará un mantenimiento periódico de todo el sistema de reaprovechamiento de agua pluvial, como mínimo de una vez al año.

Dentro del mantenimiento se deben tomar en cuenta todos los componentes a lo largo del sistema, para lo cual se debe revisar periódicamente los siguientes elementos:

- **Captación:** revisión de cubiertas, canaletas y bajantes para comprobar su estado de conservación y para evitar posibles obturaciones y suciedad.
- **Equipo de descarte de las primeras aguas:** en el caso de que se disponga. Revisión periódica del estado de conservación y limpieza.
- **Filtración:** revisar y limpiar periódicamente el sistema de filtración
- **Almacenamiento:** revisión del depósito y sus equipos (en especial rebosadero y válvula de pie) para verificar las necesidades de limpieza y el estado de conservación.

- **Sistema de distribución:** es especialmente importante hacer el correcto mantenimiento del sistema de bombeo.
- **Sistema automático de desinfección, en el caso de que se disponga:** se debe comprobar periódicamente su correcto funcionamiento.

De manera general y como resumen de actividades para mantenimiento, se presenta la Tabla 14.

Tabla 14 Resumen de principales acciones de mantenimiento para el sistema de aprovechamiento de aguas pluviales

	Acción	Periodicidad
Canaletas y bajantes	Inspección/limpieza	Semestral/anual
Descarte de las primeras aguas (opcional)	Inspección/limpieza	Semestral/anual
Filtración	Inspección/limpieza	Mensual
Almacenamiento	Inspección/limpieza e higienización	Anual
Sistema de distribución (bombeo)	Inspección/mantenimiento	Semestral/anual
Sistema de distribución (conducción y puntos de uso)	Inspección/control señalización	Semestral/anual
Sistema de desinfección (opcional)	Inspección/mantenimiento	Mensual/anual
Accesorios	Inspección	Anual

Fuente: (Huguet, Oró, Tormo, Pastor, & González, 2016)

3.2.3. Tratamiento de aguas lluvia

En el caso particular del tratamiento para aguas lluvias se debe considerar primordialmente que este tipo de agua al ser proveniente de la lluvia tiene buenas características, ya que son aguas que no han sido contaminados por ningún organismo. Aquí lo que si se debe tener en cuenta es la contaminación por agentes externos que en este caso son las superficies de recogida de aguas lluvia, las cuáles pueden contener restos contaminantes químicos, orgánicos, entre otros.

De esta manera es importante para este tipo de tratamiento primero considerar un análisis del área de recogida de agua lluvia y las funciones que tiene el mismo para así poder evaluar el tipo de contaminantes que tendrá y así poder analizar la mejor manera para captar el agua de lluvia con la menor contaminación posible.

Por otro lado es importante también como una fase de pre-tratamiento la implementación de filtros mientras se realiza la captación y canalización, tal y como se mencionó anteriormente en la etapa de filtración existen diferentes filtros que pueden ser utilizados según el requerimiento tal y como se detalla en la Tabla 13.

Adicional a esta fase es importante también tener en cuenta la implementación del sistema interceptor de primeras lluvias que se detalló anteriormente para así poder contar con agua de buena calidad antes del tratamiento final, el cuál gracias a las medidas tomadas anteriormente no tendrá que ser muy exigente ya que la calidad del agua entrante al almacenamiento será buena.

Según la Fig. 49 donde se detalla cómo es el esquema general del interceptor de primeras lluvias que como ya se mencionó es uno de los parámetros primordiales para un pre-tratamiento, a continuación se muestra un esquema adicional con detalles específicos que se deberán tener en consideración para esta fase, lo cual se muestra en la Fig. 49.

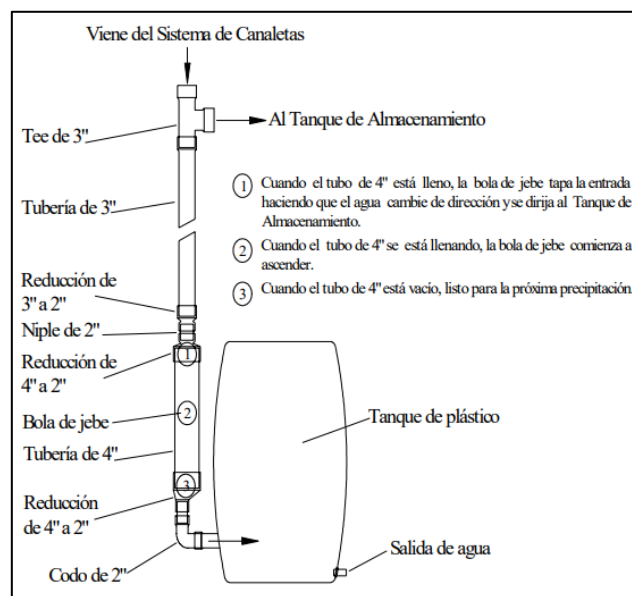


Fig. 49 Esquema de instalación para interceptor de primeras lluvias según la Fig. 46

Fuente: (Figuroa & Guaraglia, 2014)

Como consideración adicional es importante tener en cuenta que el esquema anterior mostrado es un modelo para la instalación del interceptor de primeras lluvias con un diámetro de bajante general, en el caso de que el proyecto en estudio este diseñado para otro diámetro se deberá considerar la modificación respectiva con los accesorios correspondientes en el diseño.

De cualquier manera considerando que pueden existir contaminantes que no pueden ser eliminados mediante filtración y debido a la contaminación por canalización del agua lluvia se deben tomar acciones adicionales por seguridad lo cual será un tratamiento químico no muy exigente como es en el caso de las aguas grises.

El tratamiento debe estar dirigido a la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, y en segundo lugar al acondicionamiento bacteriológico. El tratamiento puede efectuarse por medio de filtros de mesa de arena seguida de la desinfección con cloro.

3.2.3.1. Tratamiento químico del agua lluvia

Teniendo en cuenta las consideraciones de pre-tratamiento antes mencionadas, se puede analizar la opción de un tratamiento simple y no muy exigente ya que el agua de lluvia será tratado mediante filtros y otros dispositivos, lo cual garantizará previamente aguas de buena calidad por lo que adicional una desinfección por cloración es la opción más adaptable a cualquier sistema de aguas lluvias teniendo en cuenta sus buenas características.

Uno de los tipos de tratamientos más eficientes que se pueden aplicar para este tipo de sistemas es la cloración, el cual permiten una desinfección del agua de lluvia garantizando la buena calidad del agua almacenada combatiendo los microorganismos patógenos, bacterias y materia orgánica.

Esta sustancia química es de fácil acceso y su costo es relativamente bajo, siendo el método de desinfección más utilizado como en plantas potabilizadoras, niveles domiciliarios, tratamiento de aguas residuales, entre otros. Es necesario considerar la aplicación de la dosis correcta de cloro, que dependerá de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua a tratar, así como también del sistema de dosificación. De esta manera se puede decir que el cloro tiene las siguientes ventajas frente al tratamiento de aguas lluvias para reutilización.

- **Eficacia:** es una de las sustancias más efectivas en remoción de virus, bacterias y cualquier microorganismo patógeno que pueda contaminar el agua.
- **Bajo costo:** es uno de los elementos químicos de desinfección más económicos del mercado que no requieren costos de construcción ni mantenimiento.
- **Protección a largo plazo:** si existe una dosificación correcta en la cantidad de cloro que se implanta en el sistema la desinfección tiene excelentes resultados, adicionalmente a esto se provee de cloro residual al sistema, el cual es una sustancia que permanece en el agua tratada evitando su nueva contaminación. Además este cloro residual favorece a la conducción del agua dentro de la distribución ya que evita el crecimiento biológico que se producen dentro de las tuberías

Para la dosificación del cloro de desinfección se considera una gota por cada litro de agua lluvia almacenada, habiendo un aproximado de 20 gotas en 1 cm³. Por lo tanto para aplicar una dosis correcta de cloro es importante determinar la altura del agua del reservorio y por otro lado el volumen de agua a clorar mediante el cual se puede determinar la cantidad de cloro para el tanque del reservorio.

Tabla 15 Volumen en litros de cloro a colocarse por litro de agua almacenada

VOLUMEN DE CLORO POR LITRO DE AGUA			
Altura de Agua	Volumen	Cloro	Cloro
metros	litros	cm ³	litros
0,10	380	19	0,019
0,20	760	38	0,038
0,30	1140	57	0,057
0,40	4520	76	0,076
0,50	1900	95	0,095
0,60	2280	114	0,114
0,70	2660	133	0,133
0,80	3040	152	0,152
0,90	3419	171	0,171
1,00	3799	190	0,190
1,10	4179	209	0,209
1,20	4559	228	0,228
1,30	4939	247	0,247
1,40	5319	266	0,266
1,50	5699	285	0,285
1,60	6079	304	0,304
1,70	6459	323	0,323
1,80	6839	342	0,342
1,90	7219	361	0,361
2,00	7599	380	0,380
2,10	7979	399	0,399
2,20	8359	418	0,418
2,30	8739	437	0,437
2,40	9119	456	0,456
2,50	9499	475	0,475
2,60	9878	494	0,494
2,70	10258	513	0,513
2,80	10638	532	0,532
2,90	11018	551	0,551

Fuente: (Gonzaba, 2015)

La correcta aplicación de cloro garantiza un 100% de eliminación de todo microorganismo contaminante, la Tabla 15 indica la dosificación que debe ser aplica de esta sustancia en el agua de manera general para una cisterna con una base con 2,20 metros de diámetro. En case de tener una base de reservorio con diferentes dimensiones se hará referencia al volumen de agua almacenada para la dotación de cloro requerida para el tanque.

3.3. Uso de aguas residuales (grises) en edificios residenciales

3.3.1. Encuadramiento general

Las aguas grises son aguas que provienen, la colada, el cuarto de baño, el lavabo, el fregadero, la regadera, etc. Se trata de aguas que, a primera vista, pueden resultar inservibles y que, sin embargo, su reutilización consigue disminuir el gasto en agua potable, así como reducir el vertido de aguas residuales (Fernández Muerza, 2006).

A diferencia de las aguas negras perteneciente a inodoros y aguas sumamente contaminadas, el agua gris puede ser tratada y reutilizada en aparatos sanitarios tales como inodoros donde no se necesita agua de buena calidad, y por otro lado también se puede utilizar en riego en áreas verdes, lo cual propone una alternativa de aprovechamiento muy eficiente.

La utilización de este tipo de agua proporciona ciertos beneficios adicionales en sistemas prediales tales como (Allen, 2015):

- Disminuir el uso de agua potable de 16% a 40%, dependiendo del sitio y el diseño del sistema;
- Disminuir el monto de los recibos de agua y la factura por aguas residuales;
- Diversificar los suministros de agua municipales y proporcionar una fuente alternativa de agua para riego, reservando el agua tratada para necesidades de más alta calidad;
- Reducir las necesidades de energía y químicos usados para tratar las aguas residuales.

Por otro lado, es necesario recordar que el ahorro en muchas ocasiones como la del ejemplo es doble: menos consumo de agua de red y menos envío de agua a la depuradora municipal.

Por otra parte, esta alternativa es mayormente favorable en términos de altos consumos de agua en el que el uso de agua pluvial no pueda suplir las necesidades de los diferentes aparatos sanitarios en el edificio a efecto de que este siempre dependerá de la pluviometría del sitio y el área de captación.

En este caso el uso de agua potable es constante, por lo cual siempre habrá descarga de aguas residuales, de esta manera captando la mayor parte de aguas todavía aprovechables (grises), se puede abastecer de manera constante con agua de reutilización al edificio.

Teniendo este aspecto en consideración se ve la ventaja del uso de aguas grises como sistema de reutilización en proyectos de gran magnitud, donde existe un alto consumo de agua. Por otra parte es importante también analizar que así como existe una gran fuente de abastecimiento de agua para reutilización, la misma también tiene que ser tratada de manera correcta para brindar una fuente segura e higiénica de agua de reutilización, ya que estas al ser agua con contaminantes; es más propensa a la transmisión enfermedades hacia los usuarios.

Analizando lo mencionado, es importante también la definición exacta de los aparatos sanitarios en los que es factible el uso de este tipo de agua reutilizada. En este caso al ser un proyecto residencial de gran magnitud, se debería tomar en cuenta los aparatos sanitarios con un alto consumo de agua, continuidad del uso de la misma y que no requieran un alto tratamiento debido al tipo de agua a utilizarse, en este caso los aparatos sanitarios más favorable a ser utilizados son los inodoros y urinarios, en los cuales su descarga es continua y el gasto es alto, además de necesitar agua solo para descarga, por lo cual se deberá considerar estos aspectos a futuro en el diseño.

De cualquier manera, para la implementación de este tipo de sistemas en edificios es importante tener en consideración distintos parámetros, campos de aplicabilidad, normas y requerimientos necesarios para el uso seguro del sistema, lo cual se presenta en el siguiente capítulo.

Adicional a todo lo mencionado anteriormente, se debe tener en consideración de que para el presente proyecto posteriormente se analizara la forma más viable para el aprovechamiento de agua, ya sea pluvial, grises e incluso la posibilidad de un uso mixto de los dos sistemas, teniendo siempre en cuenta el origen de cada tipo de agua y la función que va a tener cada uno en el edificio para de esta manera hablar de eficiencia hídrica en un edificio.

3.3.2. Sistemas de utilización de aguas grises

El sistema de reutilización de aguas grises tiene algunas diferencias respecto al de captación pluvial. En primero, el aporte de agua a considerar es el producto de las actividades domésticas, que a pesar de ser variable es a grandes rasgos, sostenido en el tiempo. En segundo, se produce un cambio significativo en la concepción del sistema de instalación sanitaria; la misma debe constituirse de manera independiente, es decir, separando las aguas provenientes de duchas y grifos hacia un depósito de acumulación, en lugar de canalizarlas a la red primaria de desagües, como tradicionalmente se conoce (Figuroa & Guaraglia, 2014).

La Fig. 50 muestra un esquema general del sistema de reutilización de aguas grises en edificios, direccionando el uso del agua en aparatos sanitarios, riego y limpieza en todo el edificio.

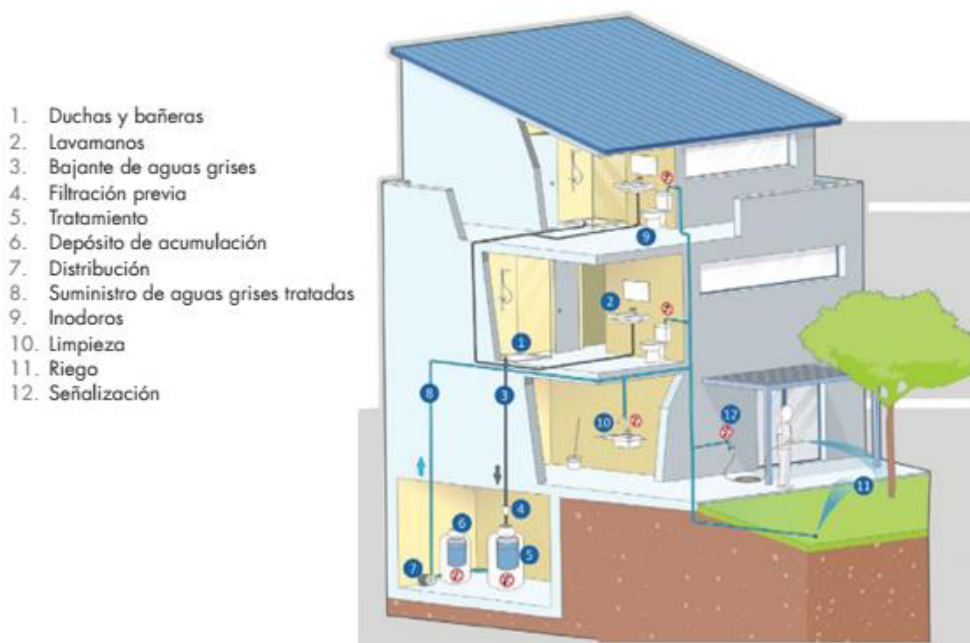


Fig. 50 Sistema de reutilización de aguas grises en edificios

Fuente: (Oró, y otros, 2016)

Como se puede observar en la Fig. 50, el sistema para la utilización de aguas grises varía un poco en función del tipo de recolección, como es en este caso el agua generada por los aparatos sanitarios del edificio mismo, como son lavamanos, duchas, lavadoras que generan agua en buenas condiciones que puede ser reutilizada en aparatos sanitarios que tengan la función de solo descarga como son inodoros, urinarios y limpieza en áreas exteriores.

En esta consideración es importante tener en cuenta que para poder realizar una reutilización óptima del agua reciclada es necesario realizar un tratamiento a este tipo de aguas, que como ya se mencionó anteriormente son aguas que vienen con restos de jabón, tintas, colorantes, etc., que una vez el agua sea apta para los usos mencionados podrá ser redistribuida.

Las aguas grises, una vez tratadas, tienen en la actualidad múltiples ámbitos de aplicación, en viviendas, hoteles y residencias, polideportivos, edificios industriales, grandes superficies, etc. A continuación, se presentan la Tabla 16 donde son los usos más habituales de este tipo de agua reciclada.

Tabla 16 Campo de aplicación para sistemas de reutilización de aguas grises en edificios

Campo de Aplicación	Uso
Residencial	Cisterna de Inodoros
	Riego de jardines privados
Servicios	Riego de zonas urbanas
	Baldeo de pavimentos
	Lavado domestico de vehículos
	Limpieza de suelos
Usos industriales	Los sistemas para el reciclaje de aguas grises para usos industriales, se recomienda sean analizados caso por caso.

Fuente: (Gonzaba, 2015)

El sistema de aprovechamiento de aguas grises consta de una serie de elementos esenciales: recolección de aguas grises de aparatos sanitarios que evacuen este tipo de agua, un depósito de acumulación (con bomba de presión y rebosadero) y las canalizaciones que conectan la zona de recogida con el depósito y éste con los puntos de consumo.

3.3.2.1. Fase de captación y canalización

a. Captación

La captación se realiza por todos los puntos de entrada de aguas grises que se conocen normalmente: lavabos, grifos, desagüe de lavarropas, etc. y en los registros sanitarios habituales como rejillas de piso en duchas, pavimentos interiores o cajas sifones. El mantenimiento se realiza mediante la inspección de los registros para constatar posibles obturaciones por presencia de elementos extraños, restos de jabón, cabellos, etc.

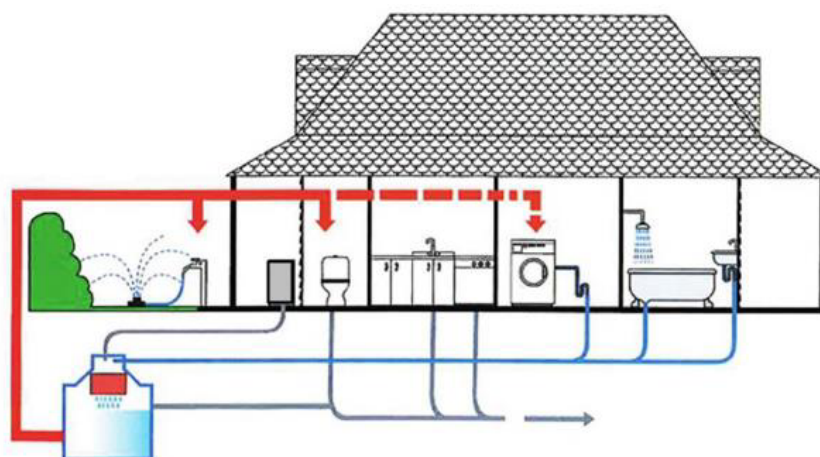


Fig. 51 Esquema general de captación de aguas grises para reutilización

Fuente: (Grey Water Net, 2015)

Para el análisis del volumen de captación es importante tener en cuenta tanto la demanda de agua de los aparatos sanitarios que van a utilizar la misma, así como la producción del agua gris para la reutilización, además de otros parámetros que se detallan a continuación.

▪ **Demanda de agua tratada**

Para analizar la demanda de agua para los edificios es importante también definir un consumo promedio de cada uno de estos aparatos sanitarios ya que la captación de este tipo de agua gris está directamente ligada con la demanda de agua tratada para que así se pueda estimar si es suficiente el agua gris para su redistribución a posterior.

La Tabla 17 muestra una estimación de la demanda de aparatos sanitarios que utilizan el agua gris de reutilización.

Tabla 17 Demanda de agua de reutilización (gris) en aparatos sanitarios

Aplicación	Demanda estimada	Observación
Recarga de cisternas de inodoro	18-45 litros/persona/día	Es una de las aplicaciones más habituales
Riego de jardines	2-6 litros/m ² /día	Variable en función del tipo de vegetal y de la estación del año
Baldeo de pavimentos exteriores	2-6 litros/m ²	
Lavado de vehículos	250 litros/lavado	Lavado de un turismo
Otras aplicaciones que permitan el uso de aguas grises tratadas: consultar sus consumos al fabricante		

Fuente: (Gonzaba, 2015)

Es importante tener en consideración que estos valores son estimados para consumos de agua promedio en edificios y considerando aparatos sanitarios de consumo normal de

agua. Esta tabla muestra también una demanda diaria de agua lo cual se puede ponderar en general para todos los aparatos sanitarios del edificio y así tener una media mensual de demanda de agua para estos aparatos sanitarios de reutilización.

- **Producción de agua gris**

Como aguas grises se consideran generalmente las aguas procedentes de lavabos, duchas y bañeras. Se deben excluir las aguas procedentes de cocinas, bidets, inodoros, lavavajillas, procesos industriales o con productos químicos contaminantes y/o un elevado número de agentes patógenos y/o restos fecales.

El volumen de aguas grises aportadas depende principalmente de las características y uso del edificio. A continuación, se detalla una producción estimada para diferentes tipos de residencias.

Tabla 18 Producción estimada de agua en distintos campos de aplicación

Aplicación	Producción estimada
Viviendas	50-100 litros/persona/día
Hoteles	50-150 litros/persona/día
Complejos deportivos	30-60 litros/persona/día

Fuente: (Gonzaba, 2015)

b. Canalización

La canalización se realiza por el sistema de desagües como se conoce habitualmente. El implemento de este sistema, encarece sensiblemente el proyecto arquitectónico debido al que sistema separativo de desagües sanitarios agrega más recorridos para el transporte de las aguas.

Este es un aspecto muy importante a tomar en cuenta que se deberá analizar a posterior para el estudio de factibilidad y económico del proyecto, ya que la implementación de un sistema independiente del agua potable tiene que ser costado para un proyecto de gran magnitud en el cual existirá un alto ahorro de agua, lo cual representará grandes beneficios, pero a su vez su inversión también será un poco elevada.

3.3.2.2. Fase de almacenamiento

El volumen de acumulación está ligado directamente al consumo total de los usuarios del programa y por tanto es más sencillo de prever. Se descarta la utilización de estas aguas para usos potables. Para estos es importante definir que para el almacenamiento se

deberá destinar diferentes cisternas de almacenamiento tanto para el agua a tratar y el agua tratada.

Previo a la acumulación, el agua residual es sometida a un proceso de tratamiento para eliminar gran parte de las impurezas que podría alterar el mediano plazo el funcionamiento de los artefactos sanitarios. A continuación en la Fig. 52, de manera general se detalla un proceso general de tratamiento, se detallará más a fondo en los capítulos posteriores.

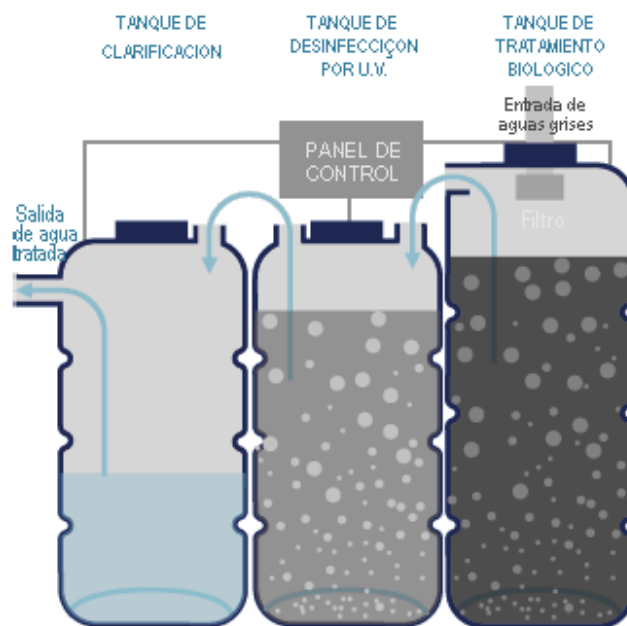


Fig. 52 Esquema general del tratamiento que deben tener las aguas grises

Fuente: (Grey Water Net, 2015)

El esquema presentado está analizado de manera general para aguas grises, se tendrá que analizar a posterior en función del tipo de proyecto y espacio del mismo para el tratamiento en la cisterna de reciclaje. Por otra parte a continuación se detallan las etapas de tratamiento de manera general en un sistema de tratamiento integral de aguas grises domiciliarias.

- **Tratamiento Biológico:** permite la descomposición de las partículas más grandes de suciedad y restos orgánicos disueltos en agua.
- **Fase de esterilización:** el agua es sometida a rayos ultravioleta mediante una lámpara que ilumina el flujo sin alterar la estructura molecular del agua.
- **Fase de clarificación:** el agua se somete a un mecanismo de cloración para brindar mejor seguridad.

Según lo mencionado anteriormente en el esquema general de tratamiento se ve la necesidad de analizar ciertos parámetros de calidad a la entrada y salida del almacenamiento para de esta manera garantizar la salud de los usuarios de los proyectos residenciales.

a. Calidad del agua (entrada y salida)

Para poder realizar la reutilización de aguas grises y su respectiva distribución primeramente es importante analizar las calidades del agua a la entrada y salida de la captación y por otra parte analizar si la demanda es suplida por la oferta de agua a través de un análisis de balance hídrico del sistema de reutilización de aguas grises.

▪ **Entrada**

Normalmente, junto con la contaminación orgánica y microbiológica generada en la higiene personal, las aguas grises pueden contener pequeñas cantidades de jabones, champús, dentífricos, cremas de afeitar, detergentes, pelos, aceites corporales, y cosméticos en general, junto con restos de tierra, arena y suciedad.

A continuación, se detallan ciertos parámetros de calidad que debe cumplir el agua a la entrada de la captación en la Tabla 19.

Tabla 19 Parámetros mínimos de calidad para el agua gris a la entrada de la cisterna de almacenamiento

Parámetro	Valor
Sólidos en suspensión	45-330 mg/litro
Turbidez	22-200 NTU
DBO ₅ (O ₂)	90-290 mg/litro
Coliformes totales	10 ¹ -10 ⁶ UFC/100 ml
Escherichia Coli	10 ¹ -10 ⁵ UFC/100 ml
Nitrógeno Kjeldahl (N)	2,1-31,5 mg/litro

Fuente: (Gonzaba, 2015)

▪ **Salida**

De igual manera como a la entrada, a la salida también se deben cumplir requisitos de calidad, en este caso el agua reutilizada debe ser apta para el uso en diferentes aparatos sanitarios que sean solo de descarga de agua como son inodoros, urinarios y limpieza en el caso de requerirlo, es decir agua que no pueda ser utilizada para consumo humano.

Estos parámetros mínimos de calidad a la salida del tanque o cisterna de tratamiento se muestran a continuación en la Tabla 20.

Tabla 20 Requisitos del agua reciclada para poder ser reutilizada tanto en proyectos residenciales y de servicios

Aplicación	Residencial	Servicios
CONTROL en el AGUA TRATADA	RESULTADOS	
Turbidez (NTU)	< 5	< 10
E. Coli (UCF/100 ml)	No detectado	< 200
Biocida activo. En caso de cloro residual libre, si se adiciona cloro (Cl ₂ mg/litro)	0,5-2,0	0,5-2,0
pH, si se adiciona cloro	7,8-8,0	7,8-8,0

Fuente: (Gonzaba, 2015)

Para que el agua a ser reutilizada tenga parámetros mínimos de calidad a lo largo de su distribución debe cumplir todos los requisitos mencionado anteriormente para diferentes aplicaciones.

b. Balance hídrico

En general, el aporte de aguas grises y el consumo de las aguas una vez tratadas, son muy variables a lo largo del día. Por lo tanto, debe considerarse la instalación de un sistema de almacenamiento que optimice su aprovechamiento, es decir que incluso en horas de baja producción de agua gris se garantice el suministro de agua tratada (Gonzaba, 2015).

La Fig. 53 muestra una relación entre el agua gris generada y la demanda de agua para proyectos de vivienda unifamiliar que es el caso del presente estudio para cada departamento del edificio.

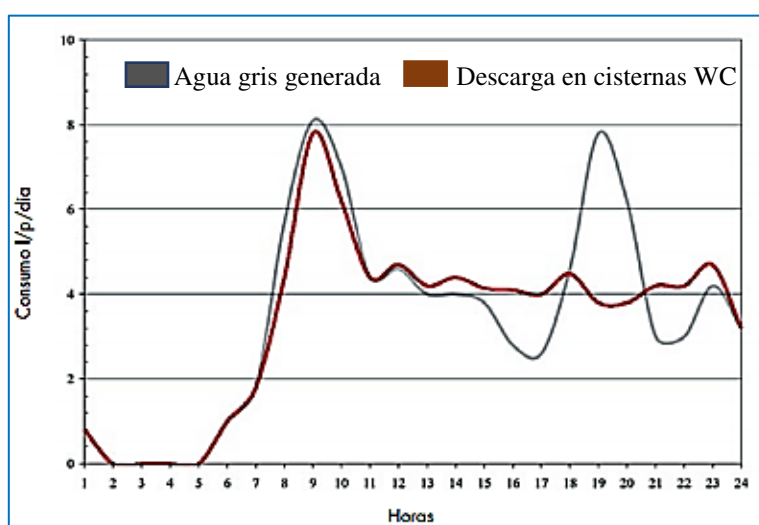


Fig. 53 Agua gris generada y demanda de agua tratada en la descarga de cisternas (WC) en 1 día

Fuente: (Surendran & Wheatley, 1998)

Como se puede observar en el gráfico anterior el agua gris generada se produce en horas pico de la mañana y noche a través de las actividades de aseo personal diarias como ducharse, cepillarse los dientes, etc., y por otra parte la demanda de agua tratada en la descarga de cisternas es constante a lo largo del día ya que siempre existe un uso continuo de los inodoros.

A partir del balance hídrico, se determinan los volúmenes de acumulación del agua bruta y de la tratada, así como los caudales y flujos de agua. El tiempo de residencia en los depósitos tiene que garantizar el suministro de agua reciclada reduciendo al máximo el aporte de agua de red.

c. Almacenamiento del agua tratada

El almacenaje de las aguas grises recicladas, podrá realizarse como parte del propio sistema de tratamiento de aguas grises o en un depósito separado, lo cuál debe ser analizado según los requerimientos de calidad del agua a reutilizar.

Teniendo en consideración estos aspectos, a continuación, se muestran algunas recomendaciones importantes para el almacenamiento del agua tratada:

- Se recomienda minimizar el volumen del tanque de almacenaje para evitar problemas de deterioro de las aguas tratadas;
- Un tiempo de almacenaje de agua tratada equivalente a 1 día, se considera normalmente suficiente;
- El fabricante debe considerar los caudales y tiempos de servicio mínimos para asegurar un óptimo funcionamiento de la instalación.

3.3.2.3. Fase de distribución

Se realiza mediante el empleo de bombas que impulsan el agua en reposo contenida en el depósito hacia un tanque superior para su distribución, o bien se puede impulsar el agua directamente sobre las tuberías. Los artefactos sanitarios, son de sistema mixto de abastecimiento, es decir, que además siempre están conectados a la red de agua potable como mecanismo de seguridad. Los mismos, cuentan a su vez con un sistema de filtros para otorgar mayor efectividad de uso.

Las tuberías, canalizaciones, elementos de racorería asociados, etc., deben cumplir con las normativas vigentes, poniendo especial atención a los siguientes puntos:

- Los sistemas de ventilación, desagüe o purga que pudieran conllevar estos equipos, deben ser colocados de forma que la suciedad, los gases de alcantarillado, insectos, pequeños animales, etc. no puedan acceder a su interior;
- Las tuberías de aguas grises, en caso de ser instaladas en paralelo con las de agua caliente sanitaria, deben estar completamente aisladas del calor.

Durante los periodos de poco uso del agua gris, (vacaciones, fines de semana, etc.) es cuando más posibilidad existe de la aparición de malos olores, debido al agua estancada que pueda quedar en los elementos y tramos finales de la red de distribución (canalizaciones, inodoros, etc.).

Por ello en instalaciones centralizadas, se debe valorar la posibilidad de realizar la canalización de distribución, con retorno al último depósito del sistema de tratamiento para garantizar la correcta calidad del agua.

Por otra parte, en el caso que sea posible la utilización mixta de agua gris y agua pluvial es importante tener en cuenta los destinos para el aprovechamiento de cada uno de estos tipos de agua, teniendo en cuenta las características anteriormente mencionada tal como se muestra en la Fig. 54.

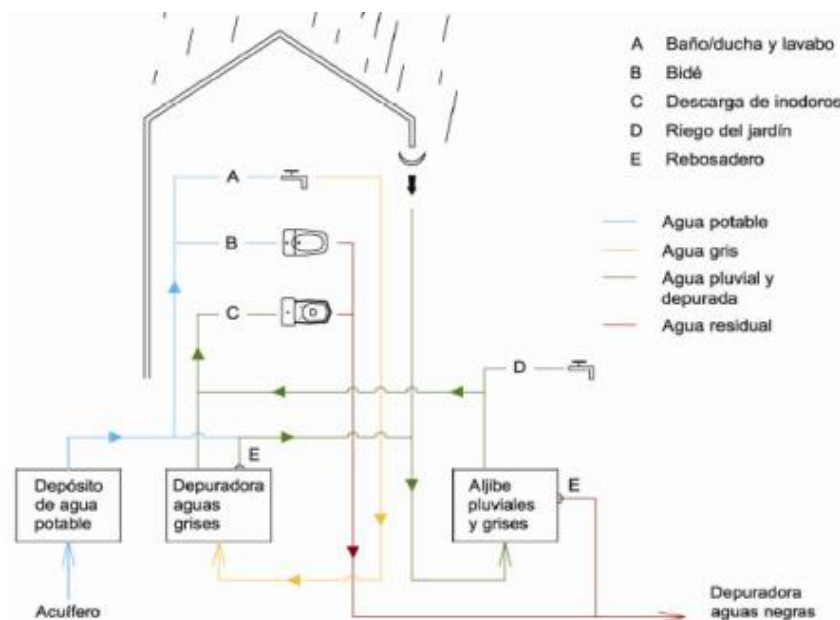


Fig. 54 Sistema de distribución con recirculación de aguas grises y agua pluvial

Fuente: (Bermejo Arnaldos, 2012)

3.3.2.4. Fase de mantenimiento

El mantenimiento de todo el sistema de recogida consiste en una inspección general en los registros en eventuales obturaciones de las cañerías, revisión anual del sistema de tratamiento para eliminar partículas de elevado calibre y evitar su mal funcionamiento debido a obstrucciones.

Por otra parte se requiere mantenimiento del depósito al menos una vez al año y efectuar las operaciones de cloración como mecanismo de seguridad. Además se deben revisar los filtros de algunos artefactos, tales como cisternas de inodoros o de las lavadoras de ropa.

Durante las operaciones de mantenimiento, se debe tener un especial cuidado para impedir cualquier contaminación del agua gris reciclada. Por otra parte se debe considerar también que el personal de mantenimiento debe ir adecuadamente equipado, cumpliendo la normativa vigente en cada momento sobre higiene y seguridad en el trabajo.

Dentro de los procedimientos principales a considerar para un buen mantenimiento del sistema se debe tener en cuenta los siguientes (Gonzaba, 2015):

- Verificación del correcto funcionamiento de cada etapa del tratamiento;
- Sustitución de piezas desgastadas, caducadas y/o desechables;
- Limpieza de los depósitos de acumulación cuando proceda; se realizará con una frecuencia mínima anual;
 - Para evitar posibles reacciones químicas entre los agentes empleados en la limpieza de los depósitos, y sustancias vertidas por los usuarios en las aguas grises, es imprescindible el vaciado total de los depósitos y a ser posible su enjuague con agua antes de proceder a la limpieza de los mismos.
- Limpieza y/o desinfección de los componentes del tratamiento que lo requieran según la documentación de operación y mantenimiento del equipo, se realizará con la frecuencia especificada por el fabricante y, como mínimo anualmente;
- En función de las características de la instalación puede ser recomendable hacer una limpieza periódica de la red de distribución;
- La comprobación y calibración de los elementos de control, cuando proceda; se realizará con la frecuencia indicada por el fabricante y como mínimo anual.

Según lo anteriormente mencionado dentro del mantenimiento, es necesario tener en consideración también ciertos aspectos de calidad para los diferentes aparatos sanitarios en los cual se va a distribuir el agua reutilizada, tal como se muestra en la Tabla 21 y Tabla 22 respectivamente.

Tabla 21 Control analítico de propiedades del agua en cisternas de inodoros

Aplicación	Cisternas de inodoros – Riego de jardines privados		
Control en el agua tratada	Frecuencia	Resultados	Acciones en caso de incumplimiento
Turbidez (NTU)	Quincenal	< 2	Verificar tratamiento; realizar las operaciones de limpieza necesarias,
E. Coli (UFC/100 ml)	Semestral	Ausencia	Realizar una desinfección de la instalación y repetir el análisis.
Biocida activo. En caso de cloro residual libre, si se adiciona cloro (Cl ₂ mg/litro)	Quincenal	0,5-2,0	Verificar los sistemas de dosificación y control de cloro.
pH, si se adiciona cloro	Quincenal	7,0-8,0	Verificar los sistemas de dosificación y control de pH.

Fuente: (Gonzaba, 2015)

En el caso de utilización de aguas grises recicladas para fines de limpieza, se deben considerar los siguientes parámetros de calidad del agua.

Tabla 22 Control analítico de propiedades del agua para limpieza, lavado y riego

Aplicación	Baldeo de pavimentos – Lavado de vehículos – Riego de zonas verdes urbanas		
Control en el agua tratada	Frecuencia	Resultados	Acciones en caso de incumplimiento
Turbidez (NTU)	Quincenal	< 10	Verificar tratamiento; realizar las operaciones de limpieza necesarias,
E. Coli (UFC/100 ml)	Semestral	< 200	Realizar una desinfección de la instalación y repetir el análisis.
Biocida activo. En caso de cloro residual libre, si se adiciona cloro (Cl ₂ mg/litro)	Quincenal	0,5-2,0	Verificar los sistemas de dosificación y control de cloro.
pH, si se adiciona cloro	Quincenal	7,0-8,0	Verificar los sistemas de dosificación y control de pH.

Fuente: (Gonzaba, 2015)

Adicionalmente, en la Tabla 21 es importante tener en cuenta que se podrá utilizar las aguas grises con los fines indicados si existe el volumen suficiente para el abastecimiento del proyecto en el estudio, por lo cual, se deberá analizar la opción indicada de uso de agua gris o agua lluvia para el sistema de aprovechamiento con aplicación a limpieza, lavado o riego.

3.3.3. Tratamiento de aguas grises

El proceso de tratamiento en el caso de las aguas grises, como ya se mencionó anteriormente es una fase que se debe analizar más a detalle por su complejidad, ya que este tipo de agua al ser proveniente del uso humano tiene que tener un tratamiento que sea acorde a las necesidades para su reutilización y siempre en función del tipo de agua a reciclar (gris) que se tenga.

Para la recuperación de aguas grises se aplican diversos tipos de tratamiento. La selección del sistema más adecuado dependerá de varios factores, entre ellos:

- Característica del agua gris a tratar;
- Uso del agua tratada;
- Especificaciones requeridas en el agua tratada;
- Otros aportes de agua a recuperar (pluviales, sobrantes de piscinas, etc.);
- Aspectos económicos.

Teniendo en consideración todos estos parámetros y en función de las diferentes situaciones en el sistema de reutilización para el tratamiento, se puede diferenciar distintos tipos de tratamiento que se clasifican en función al uso y complejidad del tratamiento, como se detalla a continuación.

3.3.3.1. Sistemas sin tratamiento

Este tipo de sistemas son utilizados cuando existe un consumo de agua en aparatos sanitarios que tengan una descarga de agua con una contaminación mínima y por tanto el agua podrá ser reutilizadas al instante en los distintos aparatos sanitarios, tal como se muestra a continuación en la Fig. 55.

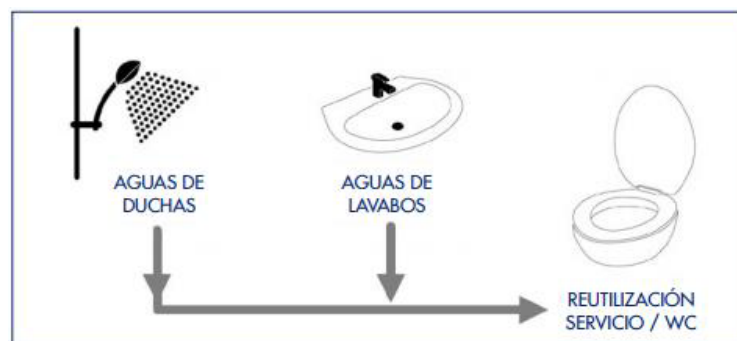


Fig. 55 Reutilización de aguas grises sin tratamiento para proyectos residenciales

Fuente: (Gonzaba, 2015)

Como se observa en la Fig. 55, se puede decir que las aguas grises sin mucha contaminación (aguas jabonosas) pueden ser reutilizadas directamente en los aparatos sanitarios que sea viable su utilización, como es el caso más práctico en inodoros.

3.3.3.2. Sistemas con tratamiento

Para los sistemas con tratamiento de aguas grises, principalmente se considera ciertas etapas que debe cumplir el tratamiento, lo cual de manera general ya se explicó anteriormente y se puede apreciar más a fondo en la Fig. 56.

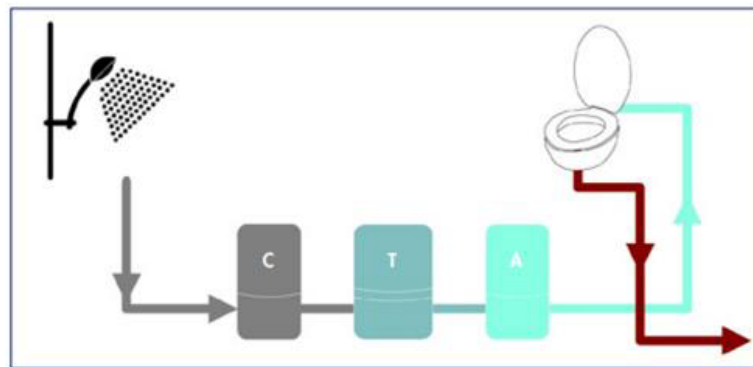


Fig. 56 Etapas y procesos generales en un sistema de tratamiento de aguas grises para reutilización

Fuente: (Gonzaba, 2015)

Donde:

C = Captación y almacenamiento de aguas grises

T = Tratamiento

A = Almacenamiento e impulsión del agua tratada

Dependiendo del grado de contaminación del agua gris y la complejidad de la desinfección se diferencian varios tratamientos que pueden ser utilizados para tratar el agua, de esta manera se encuentran los siguientes tipos de tratamientos que ya para el proyecto en estudio se deberá analizar el más viable a implementar.

a. Sistemas físicos

Tienen como única finalidad la separación por flotación de los aceites y grasas, y por decantación las partículas sólidas en suspensión; se basan en sistemas de filtración tipo filtros de malla, anillas, arenas, etc., con o sin previa separación de sólidos y/o grasas.

Este sistema es uno de las más eficaces y económicos que son más utilizados en la actualidad, la Fig. 57 muestra un esquema general de este tipo de tratamiento.

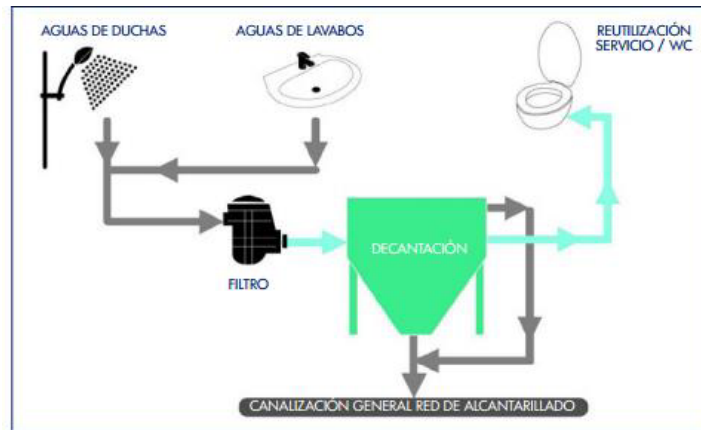


Fig. 57 Sistema de tratamiento físico para reutilización de aguas grises

Fuente: (Gonzaba, 2015)

b. Sistemas físico – químicos

Se utilizan para la separación de aceites-grasas, emulsiones, coloides, partículas en suspensión, materia orgánica y turbidez. Para este tipo de tratamiento se deben considerar diferentes etapas las cuales son las siguientes.

- Uso de un prefiltro para eliminar los residuos;
- Dosificación de coagulantes/floculantes;
- Filtración de afino (arena, multiestrato, etc.);
- Desinfección para evitar la proliferación de microorganismos (hipoclorito sódico, UV, etc.).

El siguiente esquema muestra un diagrama general de este tipo de tratamiento, tal como indica la Fig. 58.



Fig. 58 Sistema de tratamiento físico – químico para reutilización de aguas grises

Fuente: (Gonzaba, 2015)

c. Sistemas biológicos

Los sistemas biológicos varían en forma y complejidad, pero el concepto siempre es el mismo: Obtener la degradación de la materia orgánica presente en las aguas grises mediante microorganismos, cuyo crecimiento se favorece aportando oxígeno al sistema.

Esta aportación de oxígeno se puede lograr mediante varios métodos dentro de los cuáles se pueden encontrar los siguientes.

- **Reactores secuenciales:** utilizan un proceso biológico con fangos activos.
- **Reactores biológicos de membrana:** además del proceso biológico utilizan membranas de microfiltración o ultrafiltración para la separación de los sólidos en suspensión y/o coloides de la carga microbiana.
- **Sistemas biológicos naturalizados:** utilizan un determinado tipo de vegetación para la aportación natural de oxígeno al agua, que favorece a los microorganismos.

La Fig. 59 muestra un ejemplo general de este tipo de tratamiento que es uno de los más complejos para la reutilización de aguas grises pero que provee una eficacia de tratamiento muy alta y permite utilizar este tipo de agua reciclada para muchos más usos.

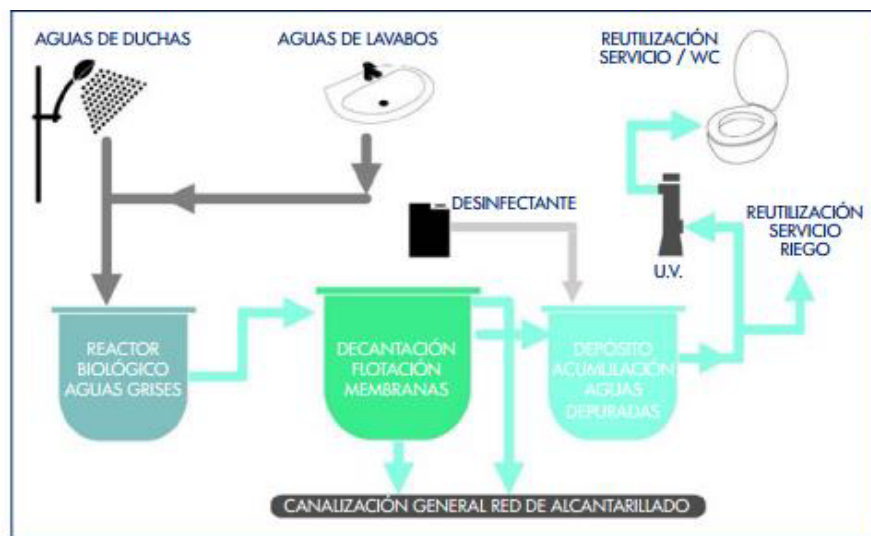


Fig. 59 Sistema de tratamiento biológico para reutilización de aguas grises

Fuente: (Gonzaba, 2015)

4. USO, RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE AGUA EN EDIFICIOS (CASO DE ESTUDIO)

4.1. Introducción

Una de las formas más claras de un buen manejo del agua para poder reducir consumos en edificios es como ya se mencionó anteriormente a través de la reutilización del agua potable usada en los proyectos para los diferentes aparatos sanitarios que así lo permitan (en base a las funciones que estos vayan a brindar), y de esta manera garantizar un uso eficiente y sustentable del agua considerando también siempre la salud de los usuarios.

Por esta razón en el presente capítulo se pretende implementar ya de manera práctica el sistema de reutilización de agua en el caso de estudio, considerando varios factores tanto externos como internos del proyecto para la elección del mejor sistema, el cual como ya menciono es un edificio netamente destinado a un uso residencial, a excepción de las partes comunales del mismo y los locales comerciales ubicado en la planta baja tal y como se detallará más adelante.

Es importante aclarar que el presente estudio se enfoca en un proyecto residencial que cuenta con un sistema hidrosanitario actual en el cual toda la descarga de agua gris y negra se la realiza hacia el alcantarillado correspondiente al edificio, de esta manera para el caso de estudio se acoplará un nuevo sistema hidrosanitario al sistema actual disminuyendo los consumos de agua potable a través de la reutilización de agua gris y que también por otro lado permitirá el análisis de la cantidad de agua potable ahorrada gracias a la comparación de los dos sistemas hidrosanitarios del proyecto (actual y nuevo a implementarse).

De esta manera el presente capítulo se centrará directamente en aspectos técnicos de diseño, considerando el diseño actual del edificio y analizando las mejores alternativas para reutilización de agua, tomando en cuenta también factores adicionales que son imprescindibles para brindar bienestar y seguridad hacia los usuarios como es el tratamiento químico correspondiente en función del análisis de tipo de agua a reutilizar.

En el presente estudio se analizará los distintos tipos de abastecimientos para el agua de reutilización (agua lluvia y/o agua gris) mediante el cual se determinará cual es la opción más viable de uso de agua en función de las características del sector y características arquitectónicas del proyecto.

En lo referente al proyecto previo al estudio para el diseño hidrosanitario, es importante considerar diferentes factores que permitirán la correcta elección del tipo de abastecimiento de agua y por otro lado demás elementos componentes para el correcto funcionamiento del sistema de reutilización de agua como son cisternas de reciclaje, equipos de bombeo, cisternas elevadas en el caso de requerirlas.

Estos factores como ya se mencionó estarán en función de las características del edificio (diseño arquitectónico y cantidad de aparatos sanitarios) y la ubicación del mismo (información pluviométrica), que permitirán determinar un correcto análisis descarga vs abastecimiento de agua para que así se pueda determinar con seguridad la mejor opción de reutilización mediante la cual no existan déficits de agua a lo largo de todo un año en los aparatos sanitarios a abastecer con agua reutilizada.

Como complemento a todo este sistema es importante analizar la mejor opción de distribución de agua reutilizada, para que así la misma tenga suficiente presión para la respectiva dotación a todos los aparatos sanitarios, es por esto que en este capítulo también se analizará la opción de implementar una cisterna elevada adicional (en la cota más alta por temas hidráulicos) para que así la bomba de distribución de agua reciclada no se encuentre siempre en constante uso ya que esto representa costes económicos adicionales, lo cual se puede reducir mediante lo mencionado.

Por ende gracias a la implementación de esta estructura adicional (cisterna elevada) que permite mejorar el rendimiento del sistema ya que aporta con una mayor altura dinámica para la distribución a gravedad y de esta manera presuriza el sistema, además de reducir también las horas de trabajo de la bomba y por ende reduce costo de funcionamiento (luz eléctrica) de la misma.

Es importante el análisis de todo lo anteriormente mencionado para el diseño en este capítulo, acompañado de un tratamiento óptimo del agua a reutilizar según sus tipos de fuentes de abastecimiento y el posterior rehúso que se le vaya a dar a la misma para las diferentes funciones (aparatos sanitarios) garantizando el bienestar de las personas tanto actual como a futuro.

Es importante recalcar que para temas de diseño y dimensionamiento hidráulico, dotaciones de agua y cálculos adicionales ya que el proyecto se encuentra ubicado en Ecuador, el mismo se regirá según la NEC 11. Cap. 16 (Norma Ecuatoriana de la Construcción – Norma Hidrosanitaria NHE Agua).

4.2. Descripción del Edificio

El presente caso de estudio se enfoca un Edificio netamente de uso Residencial destinado a departamentos tipo Suites con varios servicios hacia los usuarios dentro de los cuáles podemos encontrar áreas comunales con fines recreativos como son: área de gimnasio, spa, barbeque de uso común, lavanderías de uso general, entre otros, adicional a esto en los pisos bajos consta de locales comerciales con fines de servicio al cliente (oficinas) y áreas de cafetería, por lo que se puede decir que en si el presente proyecto es un proyecto multipropósito que tiene que ser analizado en todos sus aspectos.

En términos arquitectónicos el Edificio en estudio corresponde a un proyecto residencial de 17 pisos, el cual está dividido en 13 plantas altas incluido la terraza y adicionalmente 4 plantas subsuelos destinados netamente a parqueaderos de cada usuario del edificio. Por otro lado internamente cada planta está conformada por 4 o 5 departamentos suites (tal y como se detallarán en los planos respectivos más adelante) y en cada uno de ellos como máximo de dos baños dependiendo del tipo de departamento.

La Tabla 23 muestra en resumen las características del proyecto y cada uno de sus componentes con áreas de construcción y tipo de ocupación del edificio.

Tabla 23 Datos Generales del Proyecto Residencial

PROYECTO RESIDENCIAL TIPO SUITES	
UBICACIÓN: Parroquia: Iñaquito: Quito, Ecuador	
BARRIO SECTOR: Benalcázar	
ADMINISTRACIÓN ZONAL: Norte	
CLAVE CATASTRAL: 37184 75 321 000 000 000	ZONIFICACIÓN SEGÚN IRM: A451B518-47
TIPO DE EDIFICACIÓN: Edificio	# EDIFICACIONES: 1
OCUPACIÓN: Comercio, oficinas y vivienda	# Unidades: 1 Local comercial, 2 oficinas, 46 unidades de vivienda
ÁREA BRUTA: 6903,69 m ² ÁREA ÚTIL TOTAL: 3162,00 m ²	ÁREA DEL TERRENO (Según levantamiento): 631,99 m ² ÁREA ÚTIL PLANTA BAJA: 105,50 m ²
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN: Hormigón armado y metal	NUMERO DE PLANTAS: 4 subsuelos, 12 pisos altos más la terraza.

Fuente: Autor

Tal y como se pudo observar en la anterior tabla, se detallan las principales características del proyecto tanto ubicación como componentes del mismo que se necesitarán después.

De esta manera, se puede observar que el edificio en estudio es un prototipo de medianas dimensiones en el cual su aplicabilidad se puede impartir a los demás edificios localizados en la ciudad, ya que por lo general en la ciudad de Quito (sector centro norte) los edificios promedio tienen un número de pisos entre 10 y 15, lo cual representa un claro ejemplo para poder aplicar este sistema en otros edificios ya sean construidos o de manera más viable en proyectos nuevos a construirse.

Como ya se mencionó el proyecto tiene en resumen un total de 17 pisos incluido todos los espacios y áreas computables correspondientes a subsuelos, locales comerciales en pisos bajos y demás plantas altas, lo cual a excepción de los subsuelos se puede apreciar en la siguiente fachada principal del área vista del edificio (Fig. 60) (Todos los planos a detalle tanto arquitectónicos como hidrosanitarios a escala correspondiente constarán en el Anexo I – Planos Arquitectónicos).

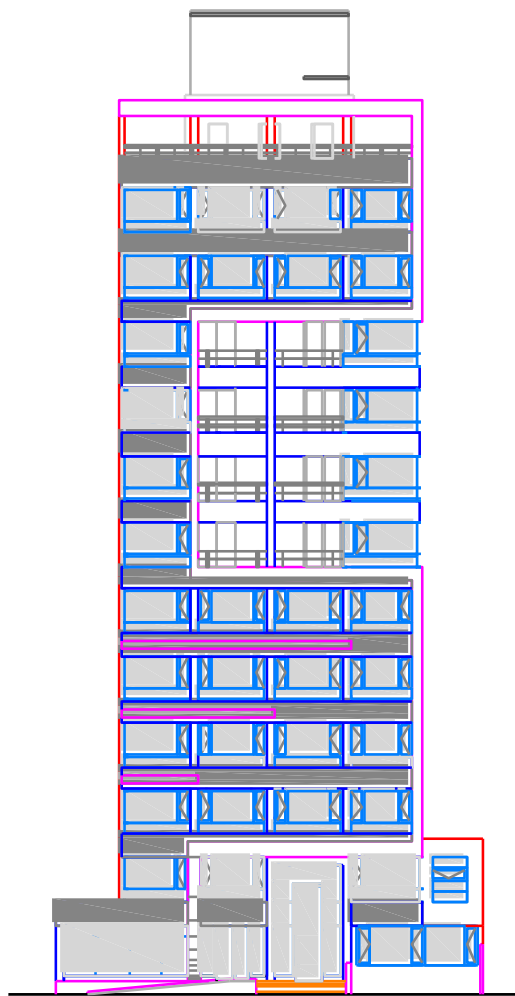


Fig. 60 Fachada principal del Edificio en estudio (13 pisos altos – Ver en Anexo I)

Fuente: Autor

De manera global a continuación en la Tabla 24 se detallan todos los servicios que el Edificio posee en todas las plantas del mismo, incluyendo en la misma todas las áreas de servicio desde subsuelo hasta la terraza de cubierta, con los diferentes niveles en los que se encuentran ubicados

A manera de distribución interna como ya se mencionó anteriormente, el proyecto está destinado netamente a Suites de Vivienda, en las cuales por planta se puede encontrar de 4 a 5 suites por planta dependiendo del diseño arquitectónico, adicional a esto en las áreas comunales se pueden encontrar diferentes servicios como se muestra a continuación.

Tabla 24 Detalle general de todas las áreas de servicio del Proyecto de Estudio

ÁREAS DE SERVICIO PROYECTO RESIDENCIAL			
Planta	Detalle de servicio	Nivel +/-	Área (m²)
Subsuelo 4	Áreas de Parqueo	-12,20	194,12
	Cisterna enterrada	-12,80	88,58
	Cuarto de bombas	-12,20	32,21
	Circulación vehicular	-12,20	292,48
Subsuelo 3	Áreas de Parqueo	-9,00	282,99
	Circulación vehicular	-9,00	324,40
Subsuelo 2	Áreas de Parqueo	-5,80	282,99
	Circulación vehicular	-5,80	324,40
Subsuelo 1	Depósito de Basura	-2,60	16,83
	Áreas de Parqueo	-2,60	324,40
	Circulación vehicular	-2,60	282,99
Planta Baja	Local comercial	+ 0,70	50,29
	Área Recreativa cubierta 1	+ 0,70	212,27
	Área Recreativa abierta	+ 0,70	27,51
	Business Center	+ 0,70	104,79
	Plazoleta	+ 0,70	77,04
Mezanine	Oficina 1	+ 4,10	75,50
	Oficina 2	+ 4,10	37,60
	Sala comunal	+ 4,10	79,26
	Sala de Cine y Business center	+ 4,10	50,00
Piso 3	Dpto. A31	+ 7,50	59,20
	Dpto. B32	+ 7,50	61,20
	Dpto. C33	+ 7,50	59,70
	Dpto. D34	+ 7,50	58,90
	Dpto. E35	+ 7,50	58,90
Piso 4	Dpto. A41	+ 10,80	59,20
	Dpto. B42	+ 10,80	61,20
	Dpto. C43	+ 10,80	59,70
	Dpto. D44	+ 10,80	58,90
	Dpto. E45	+ 10,80	58,90

Piso 5	Dpto. A51	+ 14,10	59,20
	Dpto. B52	+ 14,10	61,20
	Dpto. C53	+ 14,10	59,70
	Dpto. D54	+ 14,10	58,90
	Dpto. E55	+ 14,10	58,90
Piso 6	Dpto. A61	+ 17,40	59,20
	Dpto. B62	+ 17,40	61,20
	Dpto. C63	+ 17,40	59,70
	Dpto. D64	+ 17,40	58,90
	Dpto. E65	+ 17,40	58,90
Piso 7	Dpto. A1-71	+ 20,70	85,60
	Dpto. C1-73	+ 20,70	85,60
	Dpto. D74	+ 20,70	58,90
	Dpto. E75	+ 20,70	58,90
Piso 8	Dpto. A1-81	+ 24,00	85,60
	Dpto. C1-83	+ 24,00	85,60
	Dpto. D84	+ 24,00	58,90
	Dpto. E85	+ 24,00	58,90
Piso 9	Dpto. A1-91	+ 27,30	85,60
	Dpto. C1-93	+ 27,30	85,60
	Dpto. D94	+ 27,30	58,90
	Dpto. E95	+ 27,30	58,90
Piso 10	Dpto. A1-101	+ 30,60	85,60
	Dpto. C1-103	+ 30,60	85,60
	Dpto. D104	+ 30,60	58,90
	Dpto. E105	+ 30,60	58,90
Piso 11	Dpto. A111	+ 33,90	59,20
	Dpto. B112	+ 33,90	61,20
	Dpto. C113	+ 33,90	59,70
	Dpto. D114	+ 33,90	58,90
	Dpto. E115	+ 33,90	58,90
Piso 12	Dpto. A121	+ 37,20	59,20
	Dpto. B122	+ 37,20	61,20
	Dpto. C123	+ 37,20	59,70
	Dpto. D124	+ 37,20	58,90
	Dpto. E125	+ 37,20	58,90
Terraza	Business Center	+ 40,50	36,23
	Área Recreativa Cubierta	+ 40,50	41,74
	Terraza	+ 40,50	251,01
Cubierta	Equipos de Presurización	+ 44,10	12,90
	Cuarto de Máquinas	+ 44,10	13,70
	Bombas de calor	+ 44,10	14,15
	Antenas de telecomunicación	+ 44,10	34,34

Fuente: Autor

De esta manera se puede observar que en la distribución arquitectónica de las diferentes plantas altas podemos encontrar pisos con 4 y 5 departamentos como ya se mencionó antes, tal como se detalló en la Tabla 24, por lo que desde el piso 3 al piso 6 existen 5 departamentos por planta y desde el piso 7 al piso 10 encontramos 4 departamentos por planta, por último desde el piso 11 al piso 12 se regresa a la distribución de 5 departamentos por planta, todo este detalle se aprecia de mejor manera en la Fig. 61.

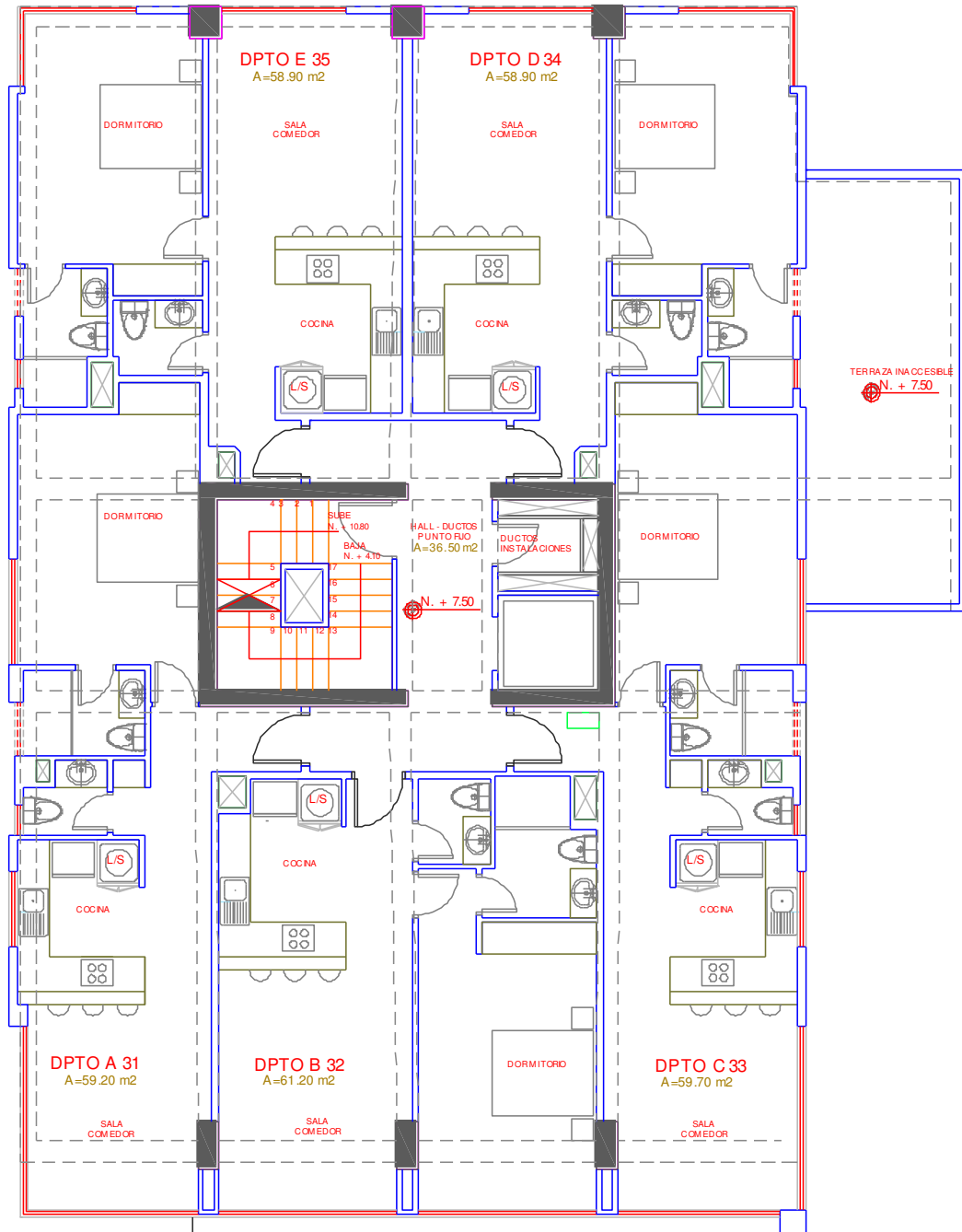


Fig. 61 Distribución Arquitectónica para pisos con 5 departamentos suites

Fuente: Autor

Por otra parte en lo referente a la distribución arquitectónica de los pisos con 4 departamentos, encontramos los mismos con áreas más grandes e incluso alguno hasta con dos baños por departamento, tal y como se muestra en la Fig. 62.

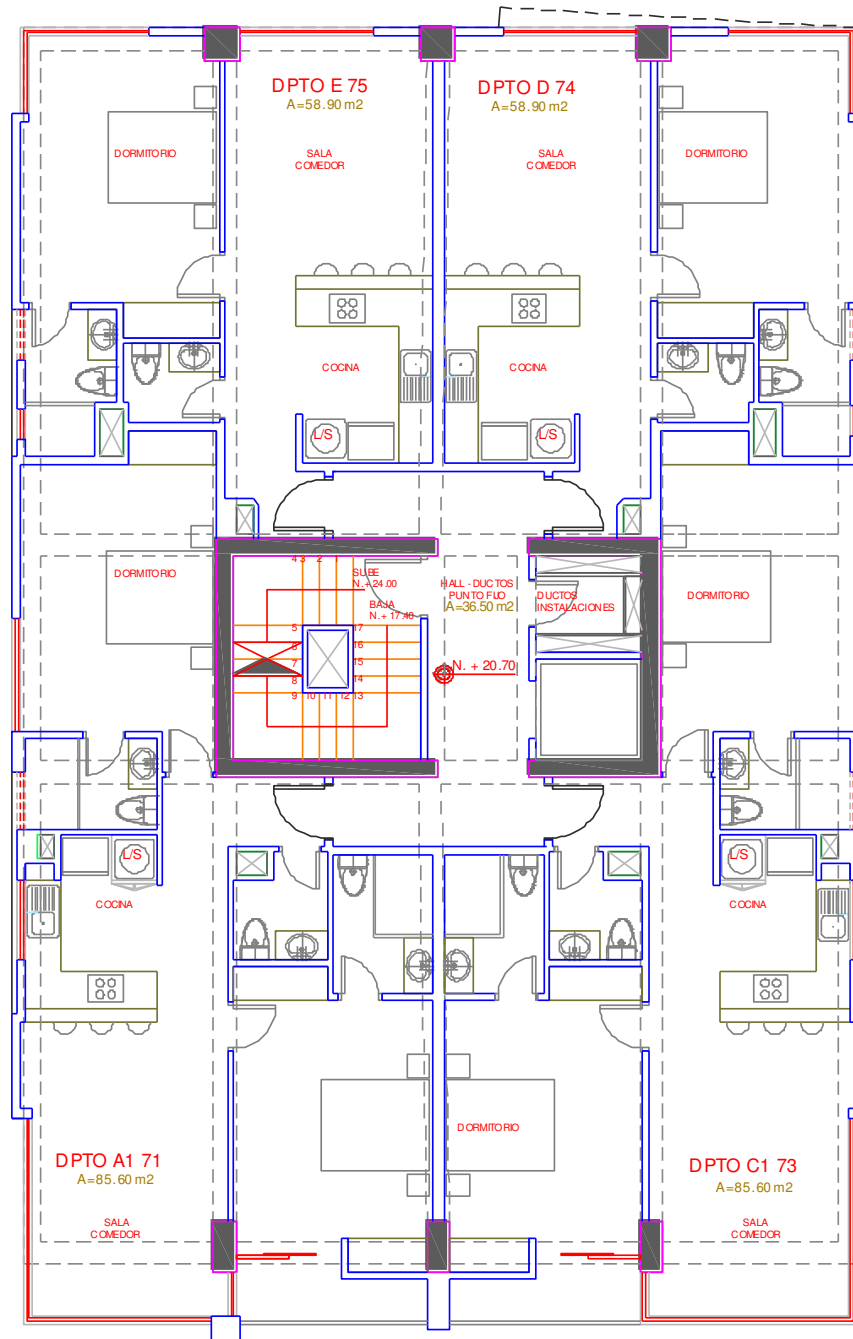


Fig. 62 Distribución Arquitectónica para pisos con 4 departamentos suites

Fuente: Autor

Adicionalmente con más especificación se encuentran todos los planos arquitectónicos de todo el edificio con las respectivas instalaciones a escala legible en el Anexo I – Planos Arquitectónicos.

4.3. Descripción Hidrosanitaria (Sistema Actual)

El proyecto residencial en estudio como ya se mencionó, es un proyecto que dispone de un sistema hidrosanitario existente, es decir actualmente dispone ya de una instalación hidrosanitaria para todo el edificio donde no existe ningún ahorro de agua y por tanto toda la descarga llega hacia el alcantarillado del edificio sin ninguna reutilización.

En este apartado se describirá a detalle cómo se encuentra distribuido toda la red hidrosanitaria del proyecto, tanto la parte de descarga de agua que como ya se mencionó la misma en su totalidad será dirigida hacia el alcantarillado sanitario y pluvial del edificio, y por otra parte el sistema de abastecimiento de agua potable para todos los aparatos sanitarios del edificio.

Es importante tener en cuenta que el presente proyecto debido a la magnitud del mismo posee una cisterna enterrada en el último subsuelo para el almacenamiento de agua potable y su respectiva distribución mediante una bomba a través de los diferentes montantes de agua para que así tenga una presión apropiada en todos los aparatos del edificio.

En lo referente a la descarga el proyecto posee varios ductos con los respectivos bajantes, tanto de agua lluvia como agua servida, es importante también aclarar que cada uno de estos están obviamente separados debido a aspectos técnicos y seguridad a futuro de los usuarios en caso de rotura de alguna tubería para que así no se mezclen estos dos tipos de agua, lo cual no es correcto según las normas de Diseño Hidrosanitario, las mismas solo se podrán mezclar ya en la tubería de descarga final hacia el alcantarillado.

Por otra parte, las bombas de calor del edificio para el sistema de agua caliente se encuentran en la cubierta debido a la vibración que produce la misma y también para efecto de la redistribución del agua con una correcta recirculación en el edificio.

De manera general para cada departamento tipo suite existe medidores independientes por departamento, dentro de los cuáles tenemos la acometida de agua fría y la acometida de agua caliente teniendo en cuenta de que los mismos se encuentran localizados dentro del cuarto de máquinas correspondientes (junto al ascensor).

Se debe acotar que el presente proyecto cuenta también con un sistema contra incendios, sin embargo el mismo es independiente ya que tiene una bomba e instalaciones propias para el correcto funcionamiento del mismo.

A manera de resumen la Tabla 25 presentan la distribución actual del sistema hidrosanitario tanto en tuberías de abastecimiento de agua potable como tuberías de descarga con los diámetros correspondientes.

Tabla 25 Descripción del Sistema Abastecimiento de Agua Potable del Edificio

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE			
Descripción	Diámetro	Material	Ubicación
Acometida de Agua Potable	1 1/2"	Hierro Galvanizado	Planta Baja
Tuberías llenado de cisterna	1 1/2"	Hierro Galvanizado	Planta Baja hasta Subsuelo 4
Cisterna de Agua Potable	Entrada (1 1/2") y Salida (2")	Hierro Galvanizado	Subsuelo 4
Distribución hacia montantes de agua potable	2"	Termofusión	Subsuelo 4
Montantes de Agua Fría (Sube)	2"	Termofusión	Subsuelo 4 hasta Cubierta
Bombas de Calor y tuberías	2"	Hierro Galvanizado	Cubierta
Montantes de Agua Caliente (Baja)	2"	Termofusión	Cubierta hasta Planta Baja
Montantes de Recirculación de Agua Caliente (Baja)	1"	Termofusión	Cubierta hasta Planta Baja
Tuberías Principales de Distribución de Agua Potable	3/4"	Termofusión	Halls de todos los Pisos Altos
Tuberías Secundarias de Distribución de Agua Potable	1/2"	Termofusión	Departamentos y Oficinas de todos los Pisos Altos

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla presentada, se mencionan todos los componentes del sistema de agua potable del edificio, desde su almacenamiento hasta su distribución con los respectivos diámetros de tuberías y materiales utilizados en el sistema actual del proyecto.

Todo el detalle hidrosanitario de la distribución de agua potable con sus respectivas dimensiones y la manera en que están colocadas constará en el Anexo II del proyecto teniendo en cuenta de que casi la mayor parte del sistema de agua potable está construido con material de termofusión, y solo tramos cortos como entradas hacia cisternas y bombas son en material galvanizado tal y como se detalló en la Tabla 25.

En lo referente al sistema de descarga (Desagüe) del edificio, el mismo consta de un sistema independiente tanto aguas lluvias como para aguas servidas pero que se agrupan

en tuberías (bajantes) independientes en los 8 ductos que tiene el edificio, todos estos bajantes de agua se conectan a la descarga principal del edificio que se encuentra en el primer subsuelo del mismo.

A continuación, la Tabla 26 presenta más específicamente todo el detalle de las tuberías de descarga de todo el edificio tanto para la descarga de aguas grises como las de aguas pluviales.

Tabla 26 Descripción del Sistema de Descarga de aguas servidas del Edificio

DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO	MATERIAL	UBICACIÓN
Aguas Servidas			
Bajantes de aguas servidas	110 mm	P.V.C	Todos los Pisos (Ductos)
Interconexión Cajas de Revisión	110 mm	P.V.C	Subsuelo 4
Descarga de Trampa de grasas	110 mm	P.V.C	Subsuelo 4
Red sanitaria de recolección de aguas servidas en baños	110 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Red sanitaria de recolección de aguas servidas en cocinas	75 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Tubería de descarga para inodoros	110 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Tubería de descarga para fregaderos	75 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Tubería de descarga para lavamanos	50 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Tubería de descarga para trampas de piso	50 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Aguas pluviales			
Bajantes de Aguas lluvia	110 mm	P.V.C	Cubierta baja a Subsuelo 1
Tuberías de conexión hacia Albañales	110 mm	P.V.C	Subsuelo 4
Tuberías de succión de albañales	63 mm	H.G	Subsuelo 4 a Subsuelo 1
Tuberías de conexión entre cajas de revisión de aguas subterráneas	110 mm	P.V.C	Subsuelo 4
Tuberías de trampas de Pisos de aguas lluvias	75 mm	P.V.C	Planta baja, mezanine, Piso 7 al Piso 10, Terraza, Cubierta
Desvíos de aguas lluvias	75 mm	P.V.C	Planta baja, mezanine, Piso 7 al Piso 10, Terraza, Cubierta
Descarga General			
Descarga principal a la Red Pública	200 mm	P.V.C	Subsuelo 1
Descarga secundaria de recolección aguas lluvias y servidas del edificio	160 mm	P.V.C	Subsuelo 1

Fuente: Autor

Todo lo especificado en las tablas se sustenta en el cálculo hidrosanitario del proyecto.

De igual manera los planos de desagüe existentes de todo el edificio para un mayor detalle se pueden analizar más claramente en el Anexo II – Sistema de descarga existente.

4.3.1. Descripción Técnica del Proyecto

Como ya se detalló en los temas anteriores, el presente proyecto cuenta con un sistema Hidrosanitario ya diseñado, el cual al ser un proyecto para la ciudad de Quito – Ecuador, se realizó el cálculo y diseño según la NEC 11. Cap. 16 (Norma Ecuatoriana de la Construcción – Norma Hidrosanitaria NHE Agua).

A continuación se presenta la memoria técnica hidrosanitaria del proyecto en el cual se respalda la Tabla 25 y Tabla 26 que detallan todas las tuberías empleadas en el sistema con los diámetros y materiales correspondientes, que están actualmente implementadas.

Adicionalmente en el presente tema se realizará un análisis pluviométrico y de descarga de agua para ver la opción más viable reutilización de aguas con la cual se trabajará en el presente proyecto.

4.3.1.1. Memoria Técnica de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias del Edificio

El objeto de esta memoria es la de calcular y diseñar el sistema de abastecimiento y distribución de agua potable, el sistema de recolección y desalojo de aguas servidas y su respectiva ventilación, sistema de recolección y desalojo de aguas lluvias.

I. Sistema de Agua Potable

Debido a la magnitud del proyecto y por razones constructivas y con la finalidad de evitar la descomposición del agua se optó por crear el volumen de consumo y reserva del sistema de agua potable en una cisterna, tal como se indica en los planos (Ver Anexo II – Instalaciones de Abastecimiento de Agua Potable).

a. Reserva y Cisterna

Debido a que la presión en la red municipal no es suficiente, por las variaciones horarias de consumo, es necesario contar con un sistema que permita tener la presión y el caudal adecuados, que adicionalmente permita cubrir demandas emergentes cuando se suspenda el servicio. Por las consideraciones anteriores, se ha previsto la construcción de una cisterna que abastezca a la totalidad del edificio, con un volumen suficiente para cubrir la demanda ocasionada por la suspensión del servicio, durante un día medio.

▪ **Volumen de la Cisterna de agua potable**

Debido a que el proyecto consta de varios tipos de servicios, se ha tomado en cuenta los siguientes parámetros.

- Para locales comerciales y oficinas se tomara 1 habitante cada 10 m²
- Dotación de 50 litros/habitante/día
- Tiempo de reserva de agua potable en la cisterna 1,5 días
- Número de habitantes equivalente: 57 habitantes.

$$\text{Volumen cisterna} = \text{habitante} * \text{dotacion} * \text{tiempo reserva} \quad (4.1)$$

$$V_{cap1} = \frac{\left(57 \text{ habitantes} * \frac{50 \text{ litros}}{\text{habitante} * \text{día}} * 1,5 \text{ días}\right)}{1000 \text{ litros}}$$

$$\mathbf{V_{cap1} = 4,275 \text{ m}^3}$$

- Para vivienda
- Dotación de 250 litros/habitantes/día
- Tiempo de reserva de agua potable en la cisterna 1,5 días
- Número de habitantes: 100 habitantes.

$$\text{Volumen cisterna} = \text{habitante} * \text{dotacion} * \text{tiempo reserva} \quad (4.2)$$

$$V_{cap2} = \frac{\left(100 \text{ habitantes} * \frac{250 \text{ litros}}{\text{habitante} * \text{día}} * 1,5 \text{ días}\right)}{1000 \text{ litros}}$$

$$\mathbf{V_{cap2} = 37,5 \text{ m}^3}$$

$$\mathbf{Volumen total cisterna (VT) = V_{cap1} + V_{cap2} + V_{ci} \quad (4.3)}$$

$$\mathbf{V_{ci} = 51,10 \text{ m}^3 \text{ Volumen Contra Incendios}}$$

$$\mathbf{\underline{VT = 92,88 \text{ m}^3}}$$

▪ **Ubicación de la cisterna**

La cisterna estará ubicada según los planos respectivos, la misma se construirá enterrada en su totalidad, conteniendo elementos indispensables para su mantenimiento, como: boca de visita, escalera marinera, pasa muros para las tuberías de succión y la acometida de agua potable desde la red municipal.

b. Abastecimiento de Agua Potable

▪ Alimentación

La acometida de agua potable será de un diámetro no menor a 1 1/4" y será proporcionada por la empresa municipal de agua potable del Distrito Metropolitano de Quito, la misma que tendrá un medidor general y de este saldrá la tubería que alimentara a la cisterna, con un diámetro de 1 1/4" y estará provisto de válvula flotadora de cierre automático y con válvulas de control. Se prevé que el llenado de cisterna es en un tiempo de 24 horas.

c. Red Interior de abastecimiento

La red de abastecimiento interior de agua potable, está conformada por ramales, columnas y ramificaciones.

- **Ramales:** Son tuberías horizontales que parten de los equipos de presión constante y conducen el agua hacia las columnas o montantes.
- **Columnas:** Son tuberías verticales encargadas de alimentar con agua potable a las ramificaciones de cada piso.
- **Ramificaciones:** Comprende tuberías horizontales que partiendo de los montantes conducen agua potable a cada uno de los muebles sanitarios.

d. Cálculo de Caudales

Para el cálculo de los caudales se utilizó el método de los pesos ya que el proyecto tiene diferentes servicios y es de una gran magnitud, lo cual se detalla a continuación.

$$Q = 0,3 * \sqrt{\sum P} \quad (4.4)$$

Q_{mp} = Caudal máximo probable

C = Coeficiente de descarga = 0,30

$\sum P$ = Sumatoria de los pesos de todos los artefactos de uso simultaneo conectado a la red.

De esta manera, a continuación se presenta la Tabla 27 para el cálculo del caudal medio probable utilizando el método de los pesos en el cual constan todas las piezas sanitarias del edificio.

Tabla 27 Cálculo de Caudal Medio Probable del Edificio por el método de los Pesos

Aparato sanitario	Unidad de pesos	Cantidad (Unidad)	Sumatoria de pesos
Inodoro de tanque bajo	0,30	110	33,0
Lavamanos	0,50	110	55,0
Ducha	0,50	54	27,0
Aismaquer	0,10	47	4,7
lavaplatos	0,70	51	35,7
lavadora	1,00	58	58,0
Piedra de lavar	0,50	0	0,0
Urinario	0,50	2	1,0
Sumatoria de pesos total			214,4

Fuente: Autor

$$Q_{mp} = 0,30 * \sqrt{214,4}$$

$$Q_{mp} = 4,39 \text{ litros/segundo}$$

La velocidad en las tuberías no excederá los 2,5 metros por segundo.

- Utilizando estos valores de caudales y tomando el coeficiente de simultaneidad para este tipo de edificaciones, se han obtenido los diámetros que constan en los respectivos planos (Ver Anexo II – Instalaciones de Abastecimiento de Agua Potable Existente).
- Se ha diseñado 1 columna de abastecimiento de agua potable para el abastecimiento de los ramales en cada piso hacia las baterías sanitarias.

Con un caudal establecido y teniendo en cuenta una velocidad máxima, se determina el Diámetro Nominal (DN) de la columna de agua a través de la siguiente ecuación.

$$Q = A * V \rightarrow D = \sqrt{\frac{Q*4}{\pi/v}} \quad (4.5)$$

$$DN = 47 \text{ mm} \cong 2''$$

La tubería de distribución principal de agua potable, a instalarse, es de un diámetro de 50 milímetros. En material Galvanizado - roscable, para agua fría, y termofusión para agua caliente.

II. Pérdidas de Carga

Las pérdidas de carga originadas en las tuberías son de dos tipos: pérdidas por fricción y pérdidas localizadas, debido a los diferentes accesorios utilizados en la instalación.

Se ha determinado que para el grifo más desfavorable, esto es, para el más elevado y alejado del punto de alimentación, la presión mínima necesaria sea de 5 m c.a., presión que será obtenida mediante los equipos de bombeo que serán instalados en el proyecto,

para obtener la suficiente presión en los distintos muebles sanitarios, se ha diseñado un sistema de circuitos cerrados con el objeto de optimizar el diámetro de los mismos, y adicionalmente se instalaran cámaras de aire con el objeto de eliminar el golpe de ariete.

III. Velocidades

Por razones de carácter económico y de funcionamiento hidráulico eficiente, exento de ruidos, vibraciones, peligro de roturas, se han diseñado las tuberías de agua de manera que las velocidades se sitúen en el rango de 1 a 2 metros por segundo.

IV. Sistemas de Presión

Compuesto de 1 sistema de tablero electrónico de regulación de presión constante, este sistema está compuesto de 1 bomba de 10 Hp que alimentara al montante de agua potable.

El equipo de presión está calculado en base a:

- $QA = \text{caudal de bombeo} = 4,39 \text{ litros/segundo}$
- $ADTB = \text{altura dinamica total de bombeo} = 104 \text{ m. c. a}$
- $\text{eficiencia} = 75\%$

$$\text{Potencia} = \frac{QA \times ADTB.}{75 \times \text{eficiencia}} \quad (4.6)$$

$$\text{Potencia} = 10 \text{ Hp}$$

▪ Diseño del hidroneumático

PA: Presión de entrada para el tanque, PB: Presión de salida para el tanque

$$QA = 4,39 \text{ l/s}$$

Condición:

$$PA = 104 \text{ m c.a.} = 10,4 \text{ atmosferas}$$

$$QB < 0,25 QA$$

$$QB = 1,09 \text{ l/s}$$

Capacidad del balón de Neoprene asumido

$$PB = 114,4 \text{ m c.a.} = 11,44 \text{ atmosferas}$$

Balon # 3 = 160 litros

$$QM = 2,7414 \text{ l/s} = 164,48 \text{ litros/minuto}$$

VR asumido = 160 litros.

$$VR = QM \cdot T/4$$

Calculo del volumen de hidroneumático

$$T = 3 \text{ minutos}$$

$$V = (VR \cdot (PB+1)) / (PB-PA)$$

$$VR = 123,3 \text{ litros}$$

$$V = (VR \cdot (PB+1)) / (PB-PA)$$

$$\mathbf{V = 1913,85 \text{ litros}}$$

Sin embargo las capacidades definitivas deberán consultarse con el proveedor de los equipos.

Para la distribución de agua fría y caliente de los pisos desde la montante a los diferentes muebles sanitarios deberá ser en tubería de (polipropileno Random Copolimerizado Termo fusión), de acuerdo a la norma DIN 8077/78

V. Sistemas de agua caliente

El calentamiento de agua para cada unidad familiar será a través de la instalación Térmica, centralizado. Lo cual se realizará mediante una bomba de calor que está situado en la cubierta del edificio, constando de una entrada y salida de diámetro 2”.

VI. Sistema de Desalojo de Aguas Servidas

▪ Descripción

El sistema está conformado de tuberías colectoras o ramales de cada piso, columnas de desagüe y colectores horizontales.

▪ Ramales colectores de cada piso

Para su cálculo se ha considerado como base, la unidad de descarga (Tabla 28), equivalente a un caudal de 28 litros por minuto. Los valores de unidades de descarga de los muebles sanitarios se adoptan como de uso público, que corresponde a las actividades de los edificios en todos sus niveles.

Tabla 28 Unidades de descarga de aparatos sanitarios

Aparato sanitario	Unidad descarga
Inodoro de tanque bajo	5
Lavamanos	2
Duchas	3

Fuente: Autor

Se establece que todas las derivaciones provenientes de un retrete, tengan un diámetro de 110 milímetros. Todos los demás desagües provenientes de otros muebles o aparatos sanitarios, tendrán un diámetro de 50 milímetros. La pendiente mínima de los ramales colectores será del 1% a 2%.

Finalmente, se han diseñado los ramales de manera que estos descarguen a diferentes columnas, con el fin de independizar los desagües de los diferentes aparatos sanitarios de cada piso.

▪ Columnas de Desagüe

Se ha previsto columnas de desagües que recogen las descargas de los ramales de cada piso especificados en los planos respectivos y conducidos por estas columnas hasta debajo de la losa y estas a través de tuberías descolgadas descargan hacia el alcantarillado público. Para su cálculo se han hecho las siguientes consideraciones:

- El número total de unidades de descarga de todos los muebles sanitarios cuyas aportaciones convergen en la columna.
- El número de unidades de descarga que por cada piso se aporta a las columnas de desagüe.
- La altura de la columna a partir del empate en el ramal más bajo, hasta la cúspide del mismo.

Para el presente proyecto, todas las columnas de desagüe serán de 110 milímetros de diámetro.

▪ **Materiales**

La tubería del sistema de desagües de aguas servidas estará conformado en su totalidad de (de cloruro de polivinilo) (PVC) rígido, reforzada. Cumplirá las normas ASTM D – 2665-68 y CS 272-65. Deberá resistir una presión de prueba de 4 Kg/cm² como mínimo y una resistencia al impacto de 5,5 Kg/m². Los accesorios de la instalación serán de cloruro de polivinilo (PVC) rígidos.

▪ **Ángulos de acople**

Los cambios de dirección, derivaciones, empalmes en columnas y colectores, se obtendrá mediante desplazamientos amplios a través de la unión de varios codos de 45 grados.

VII. Sistema de Desalojo de Aguas Lluvias

▪ **Descripción**

Estaciones Pluviográficas de la Estación Iñaquito

Fórmula para 5 minutos < 50 minutos

$$ITR = 124,28 \frac{IdTR}{t^{0,4496}} \quad (4.7)$$

ITR = Intensidad de lluvia (milímetros/hora)

IdTR = Intensidad de lluvia diaria = 2,4 para un periodo de retorno de 10 años

t = tiempo de escurrimiento (5 minutos)

El sistema está constituido de ramales, colectores, columnas y colector. Para el dimensionamiento de las tuberías se adopta una intensidad de lluvias de 144,66 mm/h, que multiplicada por el área de evacuación, se obtienen los caudales respectivos.

- **Ramales Colectores**

Se han definido en las terrazas, áreas de aportación con pendientes del 1% hacia el sumidero respectivo, que a su vez, mediante tubería horizontal se conecta con la bajante respectiva. El sumidero estará provisto de una rejilla de globo y su conexión al bajante, es por medio de yes y codos de 45 grados, ajustados a las especificaciones.

- **Columnas**

Para desagüe de las aguas lluvias de las terrazas se han previsto columnas de agua como bajantes hacia la descarga general.

- **Pendientes**

Todas las tuberías que se utilizan como colectores horizontales de terraza, tendrán pendiente del 2%, para asegurar el flujo de desalojo en condiciones de máxima precipitación.

VIII. Sistema de Ventilación Secundaria

Para evitar el fenómeno de sifonamiento que ocasiona presiones negativas, originando el vaciado de los sellos hidráulicos (sifones) o presiones positivas que podrían expulsar el agua contenida en los aparatos sanitarios hacia el ambiente, se ha proyectado la respectiva red de tuberías de ventilación que serán en su totalidad de PVC y diámetro de 50 milímetros.

Las columnas se empalman con las ramificaciones de cada piso, mediante yee sanitaria. El empalme de las columnas de ventilación en la parte inferior y superior, se realizará mediante codo de 45 grados, con la respectiva columna de aguas servidas de acuerdo al detalle respectivo. En la parte superior de las tuberías que emergen de la terraza de cubierta de los edificios, se colocarán sombreretes a prueba de vandalismo. Su altura será de 1 metro sobre el nivel de las terrazas cuando ésta es inaccesible y 2 metros cuando la terraza es accesible.

4.3.1.2. Análisis de la descarga del Sistema de Aguas Lluvia

El sistema de aguas lluvias que posee actualmente el edificio tiene una evacuación total hacia la descarga general del edificio a través de los bajantes de aguas lluvias correspondientes, por tanto es de gran importancia cuantificar todo este volumen de agua generado por la lluvia mediante lo cual se podrá definir si es suficiente la misma como abastecimiento para el sistema de reutilización.

De esta manera es importante tener muy claro la precipitación mensual según la ubicación del proyecto y estaciones meteorológicas del mismo para así estimar la descarga de aguas lluvias del edificio y poder realizar un análisis oferta (volumen de agua lluvia) vs demanda (volumen de agua a utilizar en aparatos sanitarios) y así poder analizar la viabilidad del uso de aguas lluvias para la reutilización.

Por tanto es importante realizar un estudio que nos permita determinar la viabilidad del uso del agua de lluvia, es decir si el volumen de agua de lluvia es suficiente para las necesidades hídricas del edificio, por tal razón se realizará un análisis pluviométrico del Proyecto en estudio según su ubicación, el cual se detalla a continuación.

▪ Estudio Pluviométrico del Proyecto

Las características climatológicas del Ecuador, como las de cualquier otra parte del planeta, responden a una diversidad de factores que modifican su condición natural, tales como: latitud geográfica, altitud del suelo, dirección de las cadenas montañosas, vegetación, acercamiento y alejamiento del Océano, corrientes marinas y los vientos.

El Distrito Metropolitano de QUITO se divide en 8 administraciones zonales, que están formadas de 32 parroquias urbanas y 33 parroquias rurales y suburbanas. Dentro de las cuales el presente proyecto se encuentra ubicado en el centro norte de Quito como se detalló en la Tabla 23, perteneciente a la Estación Meteorológica M0024 – INNAQUITO, la misma se detalla a continuación (Tabla 29).

Tabla 29 Estaciones Meteorológicas del Distrito Metropolitano de Quito

CÓDIGO	ESTACIÓN	COORDENADAS		ALTURA
		ESTE	NORTE	
M024	QUITO INAMHI - INNAQUITO	779647	9980274	2789

Fuente: (INAMHI, 1963-2017)

En base a la estación Meteorológica correspondiente al Proyecto de Estudio (M024 – INNAQUITO), se pueden encontrar los diferentes anuarios meteorológicos que nos permitirán determinar las diferentes precipitaciones a lo largo de todo el año, para lo cual se ha realizado un análisis de los últimos años para determinar la media pluviométrica mensual, tal y como se detalla en la Tabla 30.

Tabla 30 Datos Pluviométricos medios mensuales anuales de la Estación Meteorológica del Proyecto de Estudio

M024	PLUVIOMETRÍA ESTACIÓN INNAQUITO (mm)												TOTAL ANUAL
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2000	177,30	165,80	149,50	187,60	123,80	66,40	22,10	9,70	67,30	43,80	16,70	76,10	1106,10
2001	84,10	63,90	186,40	63,10	88,80	8,50	35,00	0,00	94,60	9,30	113,60	118,10	865,40
2002	36,60	59,10	123,10	256,60	133,10	37,30	8,20	9,80	19,20	144,60	95,00	152,90	1075,50
2003	24,40	79,10	100,90	244,60	28,70	54,10	15,70	-	67,80	117,70	159,40	103,20	995,60
2004	56,00	34,40	75,20	156,30	113,80	11,00	6,70	0,60	97,60	98,80	125,50	94,80	870,70
2005	37,90	150,60	134,30	84,20	37,70	31,80	53,40	26,80	35,60	116,00	58,40	115,10	881,80
2006	52,30	105,20	202,50	209,50	113,60	50,20	3,10	3,50	35,60	109,50	182,40	183,00	1250,40
2007	66,20	67,50	177,20	188,10	101,00	22,20	12,50	33,40	3,00	160,10	194,70	-	1025,90
2008	156,50	217,90	188,80	203,80	171,30	56,50	12,30	37,00	58,70	235,30	72,40	121,20	1531,70
2009	165,80	141,50	173,80	161,30	62,70	35,00	2,60	1,00	7,40	69,40	71,30	120,00	1011,80
2010	4,60	46,00	26,50	220,40	-	34,50	93,60	59,40	87,80	51,80	167,60	181,70	973,90
2011	82,40	182,50	145,80	372,90	55,20	28,50	117,20	48,90	73,30	54,80	65,70	107,00	1334,20
2012	158,90	125,30	143,80	203,40	40,20	21,40	1,80	2,60	12,50	133,80	177,00	60,80	1081,50
2013	42,70	195,10	82,70	110,90	115,70	0,30	0,60	18,40	31,80	135,70	48,00	46,40	828,30
2014	138,00	60,50	213,60	46,20	219,20	10,90	0,10	1,70	85,60	144,60	79,30	23,20	1022,90
2015	63,30	112,80	179,10	102,80	31,80	2,50	46,00	2,10	6,50	91,50	109,40	28,30	776,10
2016	120,00	18,60	99,50	297,50	70,60	40,30	0,90	16,20	63,80	105,50	46,80	92,80	972,50
Media Mensual	86,29	107,40	141,34	182,89	94,20	30,08	25,40	16,94	49,89	107,19	104,89	101,54	

Fuente: (INAMHI, 1963-2017)

En base a la anterior tabla donde se detallan los diferentes datos pluviométricos de los últimos años, se procedió a determinar la precipitación (mm) media mensual anual que nos permitirá determinar el volumen de agua lluvia en función también de las áreas de aguas lluvia del edificio.

A continuación se muestran los datos pluviométricos con los cuales se trabajarán en el análisis para el proyecto de estudio (Tabla 31).

Tabla 31 Datos Pluviométricos de diseño para el Proyecto de Estudio

ESTACIÓN INNAQUITO (M024)	
Mes	Precipitación media mensual (mm)
Enero	86,29
Febrero	107,40
Marzo	141,34
Abril	182,89
Mayo	94,20
Junio	30,08
Julio	25,40
Agosto	16,94
Septiembre	49,89
Octubre	107,19
Noviembre	104,89
Diciembre	101,54
TOTAL	1048,06

Fuente: Autor

Por otra parte, para el cálculo del volumen de aguas lluvias se deben determinar las áreas de recolección de aguas lluvias (terrazas, cubiertas, ingresos, etc.) con su coeficiente de rugosidad correspondiente como ya se explicó anteriormente.

Es importante tener en consideración que el análisis se lo realizará mensualmente a efecto de que se pretende saber los valores más críticos (mínimos) de volumen de agua lluvia por mes en todo el año para así poder analizar si es suficiente el volumen de agua con el consumo de agua del edificio tanto diariamente como mensualmente.

De esta manera, a continuación se muestran todos los datos de áreas de aguas lluvias correspondientes al proyecto de estudio (Tabla 32), lo mismo que para respaldo se encuentra en los anexos correspondientes.

Tabla 32 Detalle de áreas de aguas lluvias para el proyecto de estudio

Piso	Detalle Área	Área (m²)
Planta Baja	Plazoleta	55,24
	Ingreso de Vehículos	113,09
	Jardín	11,00
Mezanine	Terraza Inaccesible 1	33,24
	Terraza Inaccesible 2	58,88
Piso 3	Terraza Inaccesible	23,31
Piso 7	Balcón	6,32
Piso 8	Balcón	6,32
Piso 9	Balcón	6,32
Piso 10	Balcón	6,32
Terraza	Terraza Libre	206,41
Cubierta	Terraza Inaccesible	32,85
	Terraza antenas telecomunicación	35,60
	Bombas de Calor	12,90
	Cubierta	25,92
Total Área Lluvia (m²)		633,72

Fuente: Autor

En función del área total de recogida de agua lluvia presentada en la Tabla 32 y gracias a los datos pluviométricos presentados en la Tabla 31, se podrá determinar el volumen de agua lluvia que se podrá captar para el edificio de manera mensual, adicional a esto es importante tener en cuenta el tipo de material del área de recogida de agua lluvia para determinar el coeficiente de escurrimiento, ya que mediante el mismo se podrá determinar las pérdidas de aguas por escurrimiento.

Para la determinación del volumen de aguas lluvias, el procedimiento será basado en (NIÑO ESTUPIÑAN & CASTRO OSPITIA, 2016) el cual utiliza también la Ec.3.2., la cual se puede adaptar para el presente cálculo y reescribir en la siguiente Ec.4.8., que se detalla a continuación.

$$V = A \times C_{sc} \times P \quad (4.8)$$

Donde:

V = Volumen almacenado

A = Superficie de recogida (m²)

C_{sc} = Coeficiente de superficie de captación

P = Pluviometría anual (mm/m²/año o 1 cm/m²/año), según la zona

El coeficiente de escorrentía en la superficie de captación al tratarse de concreto y un tiempo de retorno de 5 años, se trabajará con un valor de 0,80. (Chow, Maidment, & D.R & Mays, 1988)

En base a todo lo anteriormente mencionado, la Tabla 33 muestra el detalle del volumen de aguas lluvias que se podrán captar a lo largo de todo un año (de manera mensualizada).

Tabla 33 Volumen de aguas lluvias captadas mensualmente en el Edificio

Disponibilidad de Agua Mensual					
Mes	Precipitación (mm)	Precipitación (m)	Área (m²)	Coeficiente	Volumen (m³)
Enero	86,29	0,0863	633,72	0,8	43,75
Febrero	107,40	0,1074	633,72	0,8	54,45
Marzo	141,34	0,1413	633,72	0,8	71,66
Abril	182,89	0,1829	633,72	0,8	92,72
Mayo	94,20	0,0942	633,72	0,8	47,76
Junio	30,08	0,0301	633,72	0,8	15,25
Julio	25,40	0,0254	633,72	0,8	12,88
Agosto	16,94	0,0169	633,72	0,8	8,59
Septiembre	49,89	0,0499	633,72	0,8	25,29
Octubre	107,19	0,1072	633,72	0,8	54,34
Noviembre	104,89	0,1049	633,72	0,8	53,18
Diciembre	101,54	0,1015	633,72	0,8	51,48

Fuente: Autor

Como se pudo observar en la anterior tabla, se detallan los volúmenes de agua que podrán ser captados de manera mensual a lo largo de todo el año, mediante lo cual posteriormente se podrá analizar la viabilidad del aprovechamiento de las aguas lluvias si las mismas son suficiente para suplir las demandas de agua de todo el edificio a lo largo de todo el mes.

Es importante también recalcar que este tipo de sistema como bien se sabe existen meses de déficit y tal como se puede observar en la Tabla 33, los meses más críticos son junio, julio y agosto en los cuáles los volúmenes de agua captado son mínimos, por lo que existirá déficit de agua para suplir al edificio en todos los días del mes, de cualquier manera este análisis se lo realizará más a fondo en los temas posteriores.

4.3.1.3. Análisis de la descarga del Sistema de Aguas Servidas

Para el análisis de sistema de aguas servidas en el edificio es muy importante primeramente definir los diferentes tipos de aguas existentes el mismo, para lo cual como bien se sabe tenemos dos tipos de aguas servidas: las grises y las negras.

Las aguas negras como bien se sabe son aguas residuales que ya no pueden ser reutilizadas debido a su contenido orgánico y grasas, tal es el caso del agua descargada por los inodoros y fregaderos de cocina, por otra parte las aguas grises son aguas que aún pueden ser utilizadas ya que en su uso estas no fueran muy contaminadas, tal es el caso de duchas, lavamanos, lavadoras, entre otros, tal y como se mencionó en capítulos anteriores.

De esta manera el presente tema se enfoca en el análisis del volumen de descarga de aguas servidas del edificio, y de esta manera cuantificar el volumen que puede ser reutilizado y el volumen que se dirigirá directamente al alcantarillado del edificio como agua negra que no puede ser reutilizado.

En este contexto es importante acotar que la ventaja del uso de aguas grises, es que las mismas siempre estarán en servicio, es decir, no existirán problemas de escases de agua, ya que el agua potable siempre estará en constante uso y movimiento por las personas, lo cual a posterior se convertirá en agua gris de reutilización.

Por otra parte y como ya mencionó anteriormente es importante recalcar que el uso del agua gris será limitado para servicio de inodoros y urinarios, ya que los mismos son de uso de agua no potable, a diferencia de duchas, lavamanos, lavadoras, entre otros que requieren el uso de agua potable ya que los mismos necesitan una mayor desinfección porque pueden llegar a ser consumidos por las personas, y por la seguridad de las mismas se obviara el uso de agua reciclada para estos aparatos sanitarios.

Teniendo en consideración esto, es importante cuantificar las descargas de cada aparato sanitarios en todos los departamentos del edificio, para así poder estimar la cantidad de agua gris a reciclar y los excedentes respectivos en caso de haberlos para suplir las demandas necesarias en inodoros y urinarios, y de esta manera analizar la viabilidad del uso de este tipo de aguas en el edificio.

A continuación detallamos todos los aparatos sanitarios del edificio para el respectivo análisis de volumen de descarga general de todo el edificio.

En el presente proyecto encontramos diferentes aparatos sanitarios, la Tabla 34 muestra un resumen de todos los aparatos sanitarios existentes en el edificio detallado por pisos para así poder estudiar más a detalle la descarga general tanto de aguas grises como aguas negras.

Tabla 34 Aparatos sanitarios en el Proyecto Residencial

Piso	Inodoro	Urinario	Lavamanos	Ducha	Fregadero	Lavadora	Grifo	Hidromasaje
Planta Baja	7	1	8	2	-	-	3	1
Mezanine	5	1	6	-	-	-	1	-
Piso 3	10	-	10	5	5	5	-	-
Piso 4	10	-	10	5	5	5	-	-
Piso 5	10	-	10	5	5	5	-	-
Piso 6	10	-	10	5	5	5	-	-
Piso 7	10	-	10	6	4	4	-	-
Piso 8	10	-	10	6	4	4	-	-
Piso 9	10	-	10	6	4	4	-	-
Piso 10	10	-	10	6	4	4	-	-
Piso 11	10	-	10	5	5	5	-	-
Piso 12	10	-	10	5	5	5	-	-
Terraza	2	-	2	-	2	-	-	-
Total	114	2	116	56	48	58	4	1

Fuente: Autor

Teniendo en consideración los aparatos sanitarios existentes, es importante determinar la descarga total por aparato, y en base al uso promedio/persona/día se podrá estimar el volumen de agua gris total diaria que estará disponible para la reutilización.

De esta manera para estimar las descargas de los diferentes aparatos sanitarios en Ecuador, se procedió a revisar las fichas técnicas de la casa comercial EDESA – Ecuador, la cual es una de las más comercializadas en el país y que se encuentran instaladas en el edificio, la Tabla 35 muestra en resumen los diferentes consumos por aparato sanitario.

Tabla 35 Descarga de aparatos sanitarios del Edificio, casa comercial EDESA

Aparato	Detalle	Código	Descarga
Inodoro	VITTORIA	JSD06037 __1CE	6,00 litros/descarga
Urinario	COLBY PLUS	CS007756 __1CE	1,90 litros /descarga
Lavamanos	CORVUS MONOMANDO	SG008010 306 1CE	8,30 litros /minuto
Ducha	DUCHA TELÉFONO CON DIVERTOR	SG005001 __1BO	9,46 litros /minuto
Fregadero	VITTORIA MONOMANDO	SG007045 306 1CE	8,30 litros /minuto
Grifo de agua	NEW PRINCESS LLAVE SENCILLA	SG007500 306 1CE	8,30 litros /minuto

Fuente: (EDESA, 2018)

Adicional a la tabla anteriormente presentada, y tomando como referencia la Fig. 13 donde se presenta descargas estimadas de aparatos sanitarios de manera general para varios países, es importante analizar la misma información para el Ecuador, lo cual se lo puede analizar en la siguiente Tabla 36 donde se presenta descargas estimadas de aparatos sanitarios acordes a la región y teniendo en cuenta las prácticas de consumo de agua de los ecuatorianos.

Tabla 36 Consumo de agua en Ecuador para diferentes actividades domésticas

ACTIVIDADES DOMESTICAS	CONSUMO DE AGUA (litros)
Cocina	
Lavar platos con grifo abierto (10 minutos)	100
Cocinas, beber, por persona al día	3
Lavadora de platos (por ciclo)	30
Descongelar alimentos bajo grifo abierto	24
Baño	
Cepillarse los dientes con grifo abierto	20
Cepillarse los dientes con grifo cerrado (solo enjuague)	0,9
Inodoro (por descarga)	8-15
Ducha (5 minutos)	100
Tina	300
Lavarse las manos con la llave abierta	19
Otros	
Regar plantas	10
Lavado de auto con manguera	500
Lavado de auto con balde	50
Lavadora de ropa	200
Regar 1 m ² de jardín a la semana	25

Fuente: (Baquero, 2013)

En el caso de las lavadoras que no constan directamente como aparatos sanitarios, no existe ficha técnica para este aparato, se lo podrá estimar según las experiencias de descargas de aparatos en viviendas multifamiliares, tal como se detalló en la Tabla 36, por otra parte, con respecto al hidromasaje, el mismo es de 5 m³ de volumen tal y como se puede apreciar en los planos (Ver en Anexo I – Planos Arquitectónicos, Planta baja).

Po tanto importante considerar la descarga general de los aparatos sanitarios según su uso y frecuencia considerando los hábitos de consumo de las personas del edificio.

La presente Tabla 37 muestra una estimación de descargas del Edificio por aparato sanitario para así poder estimar el volumen de descarga total en un día, tomando en cuenta que la proyección arquitectónica del edificio está realizada para suites de vivienda, donde

pueden vivir máximo 1 o 2 personas, adicional a esto se ha tomado en cuenta el aspecto social de costumbres de las personas que representarán la frecuencia de uso de cada aparato sanitario como ya se mencionó anteriormente.

Tabla 37 Estimación del volumen de descarga total del Edificio en un día

DESCARGA GENERAL DIARIA DEL EDIFICIO POR ÁREAS DE SERVICIO Y APARATOS SANITARIOS (m ³)										
ÁREAS / APARATOS SANITARIOS		Inodoro	Urinario	Lavamanos	Ducha	Fregadero	Lavadora	Grifo	Hidromasaje	Descarga (m ³)
		Descarga de Aparatos sanitarios								
Descarga	(litros/descarga)	6	1,9	-	-	-	200	-	5000	Detalle de descarga estimada
	(litros/minuto)	-	-	8,3	9,46	8,3	-	8,3	-	
Duración promedio (minuto)		-	-	2	10	5	-	2	-	
Frecuencia/día		3	3	3	1	3	0,5	3	0,5	
Número de Usuarios		2	25	2	2	1	1	5	10	
Planta	Detalle de servicio	Número de Aparatos sanitarios								
Planta Baja	Local comercial	2	-	2	-	-	-	-	-	4,57
	Área Recreativa 1	1	-	1	-	-	-	-	-	
	Área Recreativa 2	4	1	5	2	-	-	2	1	
	Business Center	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Plazoleta	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Total aparatos	7	1	8	2	0	0	2	1	
	Descarga (litros)	252,00	142,50	796,80	378,40	0,00	0,00	498,00	2500,00	
	Descarga (m ³)	0,25	0,14	0,80	0,38	0,00	0,00	0,50	2,50	
Mezanine	Oficina 1	1	-	1	-	-	-	-	-	2,49
	Oficina 2	1	-	1	-	-	-	-	-	
	Sala comunal	-	-	-	-	1	-	1	-	
	Área Recreativa	3	1	4	-	-	12	-	-	
	Total aparatos	5	1	6	0	1	12	1	0	
	Descarga (litros)	180,00	142,50	597,60	0,00	124,50	1200,00	249,00	0,00	
	Descarga (m ³)	0,18	0,14	0,60	0,00	0,12	1,20	0,25	0,00	
Piso 3	Dpto. A31	2	-	2	1	1	1	-	-	3,42
	Dpto. B32	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto. C33	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto. D34	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto. E35	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Total aparatos	10	0	10	5	5	5	0	0	
	Descarga (litros)	360,00	0,00	996,00	946,00	622,50	500,00	0,00	0,00	
	Descarga (m ³)	0,36	0,00	1,00	0,95	0,62	0,50	0,00	0,00	
Piso 4	Dpto. A41	2	-	2	1	1	1	-	-	3,42
	Dpto. B42	2	-	2	1	1	1	-	-	

	Dpto C43	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto D44	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto E45	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Total aparatos	10	0	10	5	5	5	0	0	
	Descarga (litros)	360,00	0,00	996,00	946,00	622,50	500,00	0,00	0,00	
	Descarga (m ³)	0,36	0,00	1,00	0,95	0,62	0,50	0,00	0,00	
Piso 5	Dpto A51	2	-	2	1	1	1	-	-	3,42
	Dpto B52	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto C53	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto D54	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto E55	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Total aparatos	10	0	10	5	5	5	0	0	
	Descarga (litros)	360,00	0,00	996,00	946,00	622,50	500,00	0,00	0,00	
Descarga (m ³)	0,36	0,00	1,00	0,95	0,62	0,50	0,00	0,00		
Piso 6	Dpto A61	2	-	2	1	1	1	-	-	3,42
	Dpto B62	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto C63	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto D64	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto E65	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Total aparatos	10	0	10	5	5	5	0	0	
	Descarga (litros)	360,00	0,00	996,00	946,00	622,50	500,00	0,00	0,00	
Descarga (m ³)	0,36	0,00	1,00	0,95	0,62	0,50	0,00	0,00		
Piso 7	Dpto A171	3	-	3	2	1	1	-	-	3,39
	Dpto C173	3	-	3	2	1	1	-	-	
	Dpto D74	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto E75	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Total aparatos	10	0	10	6	4	4	0	0	
	Descarga (litros)	360,00	0,00	996,00	1135,20	498,00	400,00	0,00	0,00	
	Descarga (m ³)	0,36	0,00	1,00	1,14	0,50	0,40	0,00	0,00	
Piso 8	Dpto A181	3	-	3	2	1	1	-	-	3,39
	Dpto C183	3	-	3	2	1	1	-	-	
	Dpto D84	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto E85	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Total aparatos	10	0	10	6	4	4	0	0	
	Descarga (litros)	360,00	0,00	996,00	1135,20	498,00	400,00	0,00	0,00	
	Descarga (m ³)	0,36	0,00	1,00	1,14	0,50	0,40	0,00	0,00	
Piso 9	Dpto A191	3	-	3	2	1	1	-	-	3,39
	Dpto C193	3	-	3	2	1	1	-	-	
	Dpto D94	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto E95	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Total aparatos	10	0	10	6	4	4	0	0	
	Descarga (litros)	360,00	0,00	996,00	1135,20	498,00	400,00	0,00	0,00	
	Descarga (m ³)	0,36	0,00	1,00	1,14	0,50	0,40	0,00	0,00	
Piso 10	Dpto A1101	3	-	3	2	1	1	-	-	3,39
	Dpto C1103	3	-	3	2	1	1	-	-	

	Dpto D104	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto E105	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Total aparatos	10	0	10	6	4	4	0	0	
	Descarga (litros)	360,00	0,00	996,00	1135,20	498,00	400,00	0,00	0,00	
	Descarga (m ³)	0,36	0,00	1,00	1,14	0,50	0,40	0,00	0,00	
Piso 11	Dpto A111	2	-	2	1	1	1	-	-	3,42
	Dpto B112	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto C113	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto D114	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto E115	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Total aparatos	10	0	10	5	5	5	0	0	
	Descarga (litros)	360,00	0,00	996,00	946,00	622,50	500,00	0,00	0,00	
	Descarga (m ³)	0,36	0,00	1,00	0,95	0,62	0,50	0,00	0,00	
Piso 12	Dpto A121	2	-	2	1	1	1	-	-	3,42
	Dpto B122	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto C123	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto D124	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Dpto E125	2	-	2	1	1	1	-	-	
	Total aparatos	10	0	10	5	5	5	0	0	
	Descarga (litros)	360,00	0,00	996,00	946,00	622,50	500,00	0,00	0,00	
	Descarga (m ³)	0,36	0,00	1,00	0,95	0,62	0,50	0,00	0,00	
Terraza	Business Center	1	-	1	-	-	-	-	-	0,64
	Area Recreativa	1	-	1	-	1	-	-	-	
	Terraza	-	-	-	-	-	-	1	-	
	Total aparatos	2	0	2	0	1	0	1	0	
	Descarga (litros)	72,00	0,00	199,20	0,00	124,50	0,00	249,00	0,00	
	Descarga (m ³)	0,07	0,00	0,20	0,00	0,12	0,00	0,25	0,00	
Total aparatos Sanitarios		114,00	2,00	116,00	56,00	48,00	58,00	4,00	1,00	
DESCARGA GENERAL DEL EDIFICIO (m³)		4,10	0,29	11,55	10,60	5,98	5,80	1,00	2,50	41,81

Fuente: Autor

Como se puede observar en la anterior tabla, se muestra una estimación general de descarga del edificio en función de las descargas de cada aparato sanitario tal y como muestra su ficha técnica detallada en la Tabla 35, mediante lo cual se estima una descarga total de 41,81 m³, el cual es un valor similar al que está diseñado la cisterna de almacenamiento de agua potable para suplir los consumos de agua diarios, la misma que es de un volumen de almacenamiento de 41,78 m³ por día.

De esta manera, analizando el volumen de la cisterna actual de agua potable del edificio con la descarga total promedio del edificio, ambas por un día, se puede decir que la estimación de descargas diarias es coherente para un día promedio de consumo de agua

en todo el edificio, ya que el volumen de consumo diario es similar al volumen de descarga diario.

Con esta información, ya se puede realizar el análisis de Oferta (Descarga de agua) vs Demanda (consumo de agua) que factibilizará la reutilización de aguas lluvias o aguas grises según la disponibilidad de agua suficiente para suplir las necesidades de los usuarios de consumo del Edificio, y a través de esto se podrá definir cuál es la mejor opción para la reutilización del agua a reutilizar.

En este contexto es importante definir las diferentes aguas descargadas, especialmente las aguas grises que serán consideradas para el análisis de la oferta (Descarga), ya que como bien se sabe, no toda la descarga presentada en la Tabla 37 será reutilizable, de tal manera la siguiente Tabla 38 muestra el volumen de agua gris disponible correspondiente a los aparatos sanitarios que serán tomados en cuenta para el sistema de reutilización.

Tabla 38 Volúmenes de aguas de descarga diarios del Edificio

Aparato	VOLUMEN DIARIO (m ³)			
	Agua residual	Agua gris reutilizable	Agua negra	Agua reutilizada
Inodoro	4,10	-	4,10	4,10
Urinario	0,29	-	0,29	0,29
Lavamanos	11,55	11,55	-	-
Ducha	10,60	10,60	-	-
Fregadero	5,98	-	5,98	-
Lavadora	5,80	-	5,80	-
Grifo de Agua	1,00	-	1,00	-
Hidromasaje	2,50	-	2,50	-
Total (m³)	41,81	22,15	19,66	4,39
Porcentaje (%)	100	52,98	47,02	10,50

Fuente: Autor

Como se observó en la tabla, el volumen de agua gris disponible para la reutilización representa el 52,98% del total del agua residual descargada, lo que indica de que prácticamente se puede contar un poco más de la mitad de todo el volumen de agua de descarga, por otra parte, se debe tener en cuenta que para la oferta (consumo de agua) de reutilización solo se lo realizara en inodoros y urinarios, lo que como se puede observar en la anterior tabla representado por el Agua reutilizada con un 10,50% del total de agua residual.

Es importante también definir la descarga de manera mensual para el análisis oferta vs demanda de agua, la cual (demanda) representa el volumen de agua que se requerirá para

sumir las necesidades de los aparatos sanitarios que reutilicen agua, tal es el caso de los inodoros y urinarios, estos datos se detallan de manera mensualizada en la Tabla 39.

Tabla 39 Descarga de agua gris reutilizable disponible mensualizada del Edificio

DESCARGA MENSUALIZADA (DEMANDA)			
Mes	N° Días	Volumen (m³)	
		Diario	Mensual
Enero	31	4,39	136,09
Febrero	28	4,39	122,92
Marzo	31	4,39	136,09
Abril	30	4,39	131,70
Mayo	31	4,39	136,09
Junio	30	4,39	131,70
Julio	31	4,39	136,09
Agosto	31	4,39	136,09
Septiembre	30	4,39	131,70
Octubre	31	4,39	136,09
Noviembre	30	4,39	131,70
Diciembre	31	4,39	136,09

Fuente: Autor

4.3.1.4. Selección del tipo de agua para el sistema de reutilización

Como se analizó anteriormente, se pudo determinar los diferentes volúmenes de descarga de agua tanto para el sistema de aguas lluvias y aguas residuales en función de las características del proyecto en estudio, sin embargo es importante determinar cuál es la forma más viable de reutilización de agua, es decir, que el tipo de agua, ya sea lluvia o gris, tenga el volumen suficiente para suplir las necesidades mensuales de consumo de agua para los diferentes aparatos sanitarios.

Como se manifestó en los anteriores capítulos, es necesario realizar un análisis Oferta vs Demanda de agua, tanto para el sistema de agua lluvia como para el sistema de aguas grises como opciones de reutilización y a través de esto poder determinar cuál será la opción de reutilización más viable que supla los consumos mensuales del Edificio en estudio, de esta manera a continuación se realiza para los dos tipos de sistemas.

- **Análisis oferta vs demanda para el sistema de aguas lluvias**

Para el análisis de Oferta representado por el volumen de agua disponible mensualmente por las aguas de lluvia captadas a lo largo del mes como se detalla en la Tabla 33 y por otra parte la Demanda representada por la dotación de agua mínima

mensual requerida para el edificio detallada en la Tabla 37, es importante realizar un análisis que cuantifique estos volúmenes de manera mensualizada para así poder analizar si el agua lluvia es suficiente para suplir los consumos diarios de todas las personas en el edificio.

Es importante también tener en consideración que la demanda puede variar cada mes dependiendo de los consumos de las personas, pero al ser un proyecto nuevo el cual recientemente está en funcionamiento se lo podrá estimar de manera generalizada con el mismo volumen de descarga para todos los meses como se detalló en la Tabla 37 teniendo en consideración de que este análisis está hecho por día, para lo cual se deberá diferencia cada mes por el número de días correspondientes tal y como se detalla en la Tabla 39.

Este análisis mensualizado se lo realiza a continuación en la Tabla 40, teniendo en cuenta los diferentes meses del año y ordenándolos desde la mayor precipitación presentada al año para así empezar a comparar la mayor diferencia entre oferta y demanda de uso de agua lluvia.

Tabla 40 Análisis Oferta vs Demanda de Agua para el sistema de aguas lluvias

OFERTA (AGUA LLUVIA CAPTADA) VS DEMANDA (AGUA A REUTILIZAR EN APARATOS)						
Meses	Precipitación Promedio (mm)	Oferta (m ³ /mes)		Demanda (m ³ /mes)		Volumen (m ³ /mes)
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
Abril	182,89	92,72	92,72	131,70	131,70	-38,98
Mayo	94,20	47,76	140,48	136,09	267,79	-127,31
Junio	30,08	15,25	155,73	131,70	399,49	-243,76
Julio	25,40	12,88	168,61	136,09	535,58	-366,97
Agosto	16,94	8,59	177,19	136,09	671,67	-494,48
Septiembre	49,89	25,29	202,49	131,70	803,37	-600,88
Octubre	107,19	54,34	256,83	136,09	939,46	-682,63
Noviembre	104,89	53,18	310,01	131,70	1071,16	-761,15
Diciembre	101,54	51,48	361,48	136,09	1207,25	-845,77
Enero	86,29	43,75	405,23	136,09	1343,34	-938,11
Febrero	107,40	54,45	459,68	122,92	1466,26	-1006,58
Marzo	141,34	71,66	531,34	136,09	1602,35	-1071,01

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla al realizar el análisis de oferta vs demanda de agua, a lo largo del todo el año, desde el primer mes existe un déficit de agua, lo que es evidente ya que los volúmenes de agua lluvia captados son muy inferiores a las necesidades de

consumo de agua de cada uno de los usuarios, y tomando en cuenta de que solo se reutilizará agua en inodoros y urinarios.

De esta manera, se puede afirmar que el uso de aguas lluvias, a pesar de ser una opción más económica gracias a que este tipo de agua de aprovechamiento es de buena calidad y por ende no requiere un mayor tratamiento, no es viable debido a que los volúmenes de agua captados no serán suficientes para suplir las necesidades de agua de los aparatos sanitarios con agua de reutilización a lo largo de un mes.

Como última acotación, un problema adicional al utilizar este tipo de agua es que en Ecuador las tablas de precipitaciones son estimativos anuales, sin embargo los meses de sequía son muy críticos ya que en ocasiones no existe mucha lluvia, como se puede observar en la Tabla 33, los volúmenes de agua son muy bajos como es el caso del mes de agosto con un volumen de 8,59 m³ al mes, si es que hubiera lluvia, caso contrario no existiría disponibilidad de esta agua, y el sistema de reutilización tendría que ser abastecido con agua potable, lo cual conllevaría a un sistema normal de uso de agua y por ende el sistema de reutilización no tendría funcionamiento.

Tomando en consideración todo lo anteriormente mencionado, no es viable el uso de aguas lluvias para el presente Edificio, debido a sus grandes magnitudes y los diferentes usos del mismo en todas la unidades de vivienda.

▪ **Análisis Oferta vs Demanda para el sistema de aguas residuales**

Otra forma de reutilización de agua es a través de las aguas grises, que como ya se mencionó anteriormente, a pesar de ser un sistema más complejo debido al tratamiento que necesita el mismo, tiene la ventaja de ser una alternativa sustentable donde no habrá insuficiencia de agua para la reutilización, lo cual se demostró anteriormente en la Tabla 38, donde se pudo constatar que existe la disponibilidad de casi la mitad de agua servida como agua gris para ser reutilizada.

Es importante tener en consideración que para este análisis se debe tener en cuenta muy claramente los diferentes usos que se le va a dar al agua, tanto agua gris, negra y agua potable, por tal razón la siguiente Tabla 41 muestra los diferentes usos del agua residual y agua potable para determinar de esta manera si será suficientes los volúmenes de descarga para la reutilización.

Tabla 41 Usos del agua residual para el sistema de reutilización diario

APARATO SANITARIO	USO DIARIO DEL AGUA (m ³)			
	Potable	Residual		Gris a reutilizar
		Negra	Gris reutilizable	
Inodoro	41,78	4,10	-	4,10
Urinario		0,29	-	0,29
Lavamanos		-	11,55	-
Ducha		-	10,60	-
Fregadero		5,98	-	-
Lavadora		5,80	-	-
Grifo de Agua		1,00	-	-
Hidromasaje		2,50	-	-
Total (m³)		41,78	19,66	22,15

Fuente: Autor

Como se puede observar en el detalle de la reutilización, las descargas correspondientes a lavamanos y duchas serán la única fuente de abastecimiento para el sistema de reciclaje de agua gris, el cual como ya se mencionó anteriormente abastecerá a inodoros y urinarios, los cuáles son aparatos sanitarios que consumen agua sin tener un contacto directo de las personas o el peligro de consumir este tipo de agua.

Por otra parte aparatos sanitarios que tienen un contacto directo con las personas, como son lavamanos, duchas, lavadoras, fregaderos, grifos e hidromasaje, tendrán abastecimiento directo de la red de agua potable por seguridad de los usuarios.

Teniendo todo esto en consideración a continuación se detallan los diferentes consumos de agua, incluyendo la capacidad de la cisterna de agua potable que posee actualmente el edificio, la cual está cuantificada diariamente.

Para efectos de análisis mensualizado se lo realizará de manera similar para todos los días del mes asumiendo las condiciones más críticas en caso de existir mayores demandas, lo cual se detalla en la Tabla 42, donde se puede diferenciar la oferta como el volumen de agua gris reutilizable y la demanda como el volumen de agua gris a reutilizar.

Es importante considerar que en este análisis se trabajarán con todos los días del mes para cada uno de los meses del año, y teniendo en consideración el estimativo de consumo de agua gris reutilizable disponible detallado en la Tabla 41, para lo cual se utiliza solo el aprovechamiento de aguas grises correspondientes a duchas y lavamanos, mediante las cuáles se analizará si las mismas suplen las necesidades de consumo de agua de reutilización en inodoros y urinarios del edificio.

Tabla 42 Descarga mensualizada para el agua gris reutilizable y agua gris a reutilizar

DESCARGA MENSUALIZADA					
Mes	Nº Días	Volumen Oferta (m ³)		Volumen Demanda (m ³)	
		Diario	Mensual	Diario	Mensual
Enero	31	22,15	686,65	4,39	136,09
Febrero	28	22,15	620,20	4,39	122,92
Marzo	31	22,15	686,65	4,39	136,09
Abril	30	22,15	664,50	4,39	131,70
Mayo	31	22,15	686,65	4,39	136,09
Junio	30	22,15	664,50	4,39	131,70
Julio	31	22,15	686,65	4,39	136,09
Agosto	31	22,15	686,65	4,39	136,09
Septiembre	30	22,15	664,50	4,39	131,70
Octubre	31	22,15	686,65	4,39	136,09
Noviembre	30	22,15	664,50	4,39	131,70
Diciembre	31	22,15	686,65	4,39	136,09

Fuente: Autor

En base a Tabla 42, adicionalmente se deberá realizar el análisis de la oferta de agua vs la demanda de la misma para cada mes a lo largo de todo el año, considerando sus volúmenes parciales y acumulados, como se detalla en la Tabla 43.

Tabla 43 Análisis Oferta vs Demanda de Agua para el sistema de aguas residuales

OFERTA (AGUA GRIS REUTILIZABLE) VS DEMANDA (AGUA GRIS A REUTILIZAR)					
Meses	Oferta (m ³ /mes)		Demanda (m ³ /mes)		Volumen (m ³ /mes)
	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
Enero	686,65	686,65	136,09	136,09	550,56
Febrero	620,20	1306,85	122,92	259,01	1047,84
Marzo	686,65	1993,50	136,09	395,10	1598,40
Abril	664,50	2658,00	131,70	526,80	2131,20
Mayo	686,65	3344,65	136,09	662,89	2681,76
Junio	664,50	4009,15	131,70	794,59	3214,56
Julio	686,65	4695,80	136,09	930,68	3765,12
Agosto	686,65	5382,45	136,09	1066,77	4315,68
Septiembre	664,50	6046,95	131,70	1198,47	4848,48
Octubre	686,65	6733,60	136,09	1334,56	5399,04
Noviembre	664,50	7398,10	131,70	1466,26	5931,84
Diciembre	686,65	8084,75	136,09	1602,35	6482,40

Fuente: Autor

Como se puede observar para el presente caso, la relación entre Oferta (volumen de agua gris reutilizable) y Demanda (volumen de agua gris a reutilizar) es positiva para todos los meses del año, lo que significa que a través de la reutilización de aguas grises no habrá problemas de escases de agua para los aparatos sanitarios destinados a reutilización.

De esta manera se viabiliza el uso de las aguas grises como alternativa de reutilización para suplir las necesidades de los aparatos sanitarios destinados a estas funciones, tales como son: inodoros y urinarios. Es importante tener en cuenta que para el diseño se trabajará en condiciones críticas (todos los días del mes el mismo volumen de agua), ya que las mismas representan seguridad en el diseño, y las cuáles son las presentadas en este análisis.

Como alternativa escogida se utilizará el sistema de reutilización de aguas grises, teniendo en cuenta que el diseño para el mismo, estará dado para un día de almacenamiento por efecto de seguridad de los usuarios y limpieza de los aparatos sanitarios de reutilización, para de esta manera también evitar el crecimiento de microorganismos tanto en las tuberías de distribución y en las cisternas de reciclaje, tema que será detallado más a fondo posteriormente.

4.4. Sistema de Reutilización de Agua (Nuevo Sistema)

El nuevo sistema de reutilización a implementarse como ya se analizó en los capítulos anteriores, presenta la factibilidad de la reutilización de aguas grises como alternativa de aprovechamiento tanto sustentable y de abastecimiento suficiente para los aparatos sanitarios que vayan a utilizar este sistema, teniendo en cuenta de que esta alternativa es escogida como la más viable ya que es capaz de suplir todas las necesidades de los usuarios del edificio a lo largo de todo un año.

De esta manera el presente capítulo detalla por completo la alternativa de reutilización de agua gris para suplir cada una de las necesidades de los usuarios, teniendo en cuenta las instalaciones actuales del proyecto, y proponiendo una alternativa que se acople perfectamente al mismo.

4.4.1. Descripción

El presente sistema que se pretende implementar, está direccionado como una alternativa que encaje con el sistema actual, es decir, que este proyecto al ser un edificio ya construido no es factible la eliminación del sistema hidrosanitario actual y la instalación de todo un sistema nuevo de reutilización, de esta manera es importante analizar la mejor manera en la que se pueda reutilizar el agua sin afectar en gran manera las instalaciones de agua potable y aguas servidas previamente instaladas.

De esta manera se tiene que considerar los usos del agua gris, es decir todos los aparatos sanitarios que utilizarán este tipo de agua tal y como se detalla en la Tabla 41, y según esto será importante analizar la mejor alternativa para la implementación de las tuberías de desagüe y abastecimiento de agua gris.

Adicionalmente a esto es importante tener en cuenta también una alternativa para casos de emergencia, es decir, cuando exista el caso de una limpieza en la cisterna de reciclaje no habrá disponibilidad de agua gris, lo cual no es viable ya que no se puede dejar sin agua a los usuarios en ningún momento, para esto sería importante tener en consideración una fuente de abastecimiento extra, la cual podría ser la red de abastecimiento de agua potable existente instalada a través de un bypass de la red de reutilización.

Todos estos aspectos anteriormente mencionados tendrán que ser tomados en cuenta en el nuevo diseño hidrosanitario para la red de reutilización, teniendo en cuenta todas las alternativas que permitan aprovechar las instalaciones existentes, y posteriormente la separación de las tuberías de aguas grises tanto en desagüe como abastecimiento.

De manera constructiva es importante tener en cuenta que tal y como se muestra en los planos, existen ductos donde se encuentran los bajantes de aguas lluvias y de aguas servidas de cada uno de los pisos, para estos casos será importante diferenciar las tuberías de aguas grises y aguas negras para su respectiva reutilización con la separación de instalaciones previa respectiva para cada aparato. Por otro parte el sistema de abastecimiento de agua gris será independiente por lo que se tendrá que implementar nuevas tuberías de agua gris, las cuales serán instaladas de manera similar a como están instaladas las tuberías de agua potable.

Todos estos detalles serán profundizados en los temas posteriores, además también del respectivo cálculo hidrosanitario y tratamiento respectivo.

4.4.2. Sistema de Agua gris para reutilización

El sistema de reutilización de agua gris está compuesto por dos componentes principales que permitirán el correcto funcionamiento del mismo, estos componentes son tanto el sistema de desagüe de agua gris y el sistema de abastecimiento de agua gris tratada para los aparatos sanitarios que utilizaran este tipo de agua, adicionalmente también se tendrá que considerar el respectivo tratamiento para el agua gris almacenada y los elementos necesarios para su eficiente distribución.

De esta manera, es importante analizar por separado, tanto el sistema de descarga para reutilización como el sistema de abastecimiento de agua de reutilización, para de esta manera poder detallar en cada uno de ellos como estará direccionado cada sistema, es decir, la manera en que se recogerán las aguas grises a través de las tuberías de desagüe y por otra parte la manera en cómo serán redistribuidas para los aparatos sanitarios que los vayan a utilizar.

A continuación se presenta el análisis para cada uno de estos dos componentes, teniendo en cuenta el dimensionamiento de cada una de las tuberías para el sistema de reutilización, tanto para desagüe como para abastecimiento.

4.4.2.1. Sistema de Desagüe

Inicialmente previo a cualquier análisis para el sistema de reutilización es importante analizar la forma en cómo se va a captar el agua, por tal razón se analizara primeramente el sistema de desagüe, ya que el mismo es el que abastecerá a la cisterna de reciclaje y posteriormente su respectiva distribución.

El sistema de desagüe como ya se mencionó anteriormente, está diseñado para una descarga general de aguas negras, las cuales evacuan en su totalidad al alcantarillado sanitario. Ahora para el presente estudio se pretende aprovechar las aguas grises de todo el edificio tal y como se detalló en la Tabla 41, correspondientes a los lavamanos y las duchas, las cuales descargan aguas jabonosas que pueden ser reutilizadas con su tratamiento respectivo. Por otra parte, las aguas negras correspondientes a los demás aparatos sanitarios serán descargadas en su totalidad al alcantarillado sanitario.

Para poder realizar todo este análisis es importante tener en consideración las instalaciones de desagüe del edificio, ya que para poder captar las aguas grises se tendrá que independizar las mismas a través de bajantes independientes de aguas grises y separarlos de las aguas negras que tienen sus bajantes propios existentes, por tal razón la siguiente Tabla 44 muestra un resumen de una instalación sanitaria tipo que está replicada en todos los departamentos el edificio, mediante la cual se podrá analizar la mejor manera para la implementación del nuevo sistema de desagüe acoplándolo de mejor manera al existente.

Tabla 44 Detalle de un sistema de desagüe tipo de una suite del Edificio

DESCARGA DE UNA SUITE TIPO DEL EDIFICIO					
Detalle de Descarga	Cantidad	Diámetro (mm)	Diámetro (pulgadas)	Agua	
				Negra	Gris
Inodoro	2	110	4	x	
Lavamanos	2	50	2		x
Ducha	1	50	2		x
Fregadero	1	75	3	x	
Lavadora	1	50	2	x	
Trampa de Piso	3	50	3	x	
Bajante aguas servidas	1	110	4	x	

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla, el mayor diámetro actual de la tubería de descarga es de 110 milímetros, el cual corresponde también al bajante que se encuentra actualmente

instalado y que recibe todas las descargas de los aparatos sanitarios y trampas de piso del departamento. La Fig. 63 muestra la instalación tipo actual del sistema

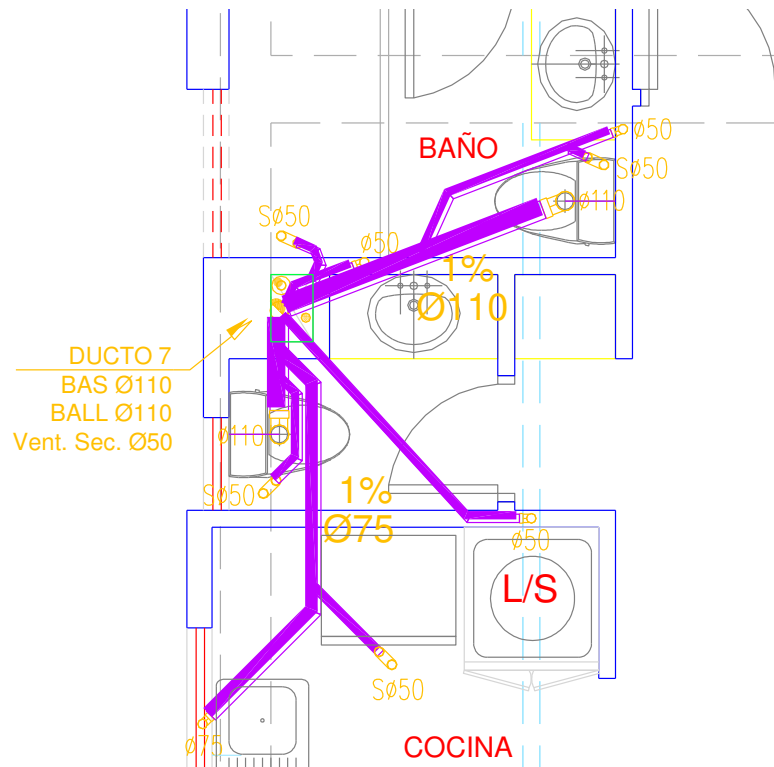


Fig. 63 Esquema de conexión sanitaria existente de desagüe de un departamento tipo

Fuente: Autor

Como se puede apreciar en la figura anterior, toda la descarga sanitaria se realiza al bajante de aguas servidas (BASØ110) del ducto correspondiente al departamento, en este caso el ducto 7, adicionalmente se encuentran los ductos correspondientes a los bajantes de aguas lluvias (BALLØ110) y ventilaciones del edificio (Vent. Sec. Ø50) tal y como se detalla en la figura.

De esta manera, para la implementación del nuevo sistema de reutilización, se pretende implementar un nuevo bajante solo de aguas grises en el cual se independice el almacenamiento de las mismas, y por tanto las descargas de lavamanos y duchas serán separadas del sistema actual y serán redirigidas al nuevo bajante de aguas grises para su posterior almacenamiento.

Para la implementación de este bajante independiente se deberá realizar un análisis de todos los caudales de descarga, para así poder determinar el diámetro que tendrá el bajante independiente de aguas grises.

- **Dimensionamiento del sistema de descarga de agua gris**

Dentro del dimensionamiento de las tuberías de descarga es importante tener en consideración que todos los bajantes actuales son de 110 milímetros (4”), en este caso las aguas grises al ser compuestas por las aguas correspondientes a duchas y lavamanos ambas con tubería de descarga de 50 milímetros (2”), tendrán que ser dimensionadas en su bajante independiente para esta capacidad (descarga de duchas + descargas de lavamanos).

Para el dimensionamiento de las instalaciones de drenajes, es necesario definir un concepto que se conoce como unidad de descarga. Esta unidad se define en forma convencional como la correspondiente a la descarga del agua residual de un lavabo común en uso doméstico. Esta unidad de descarga constituye la referencia para estimar las descargas de todos los demás muebles, accesorios o aparatos sanitarios.

A continuación en la Tabla 45, muestra los valores de unidades mueble para todos los aparatos sanitarios mediante los cuales se puede determinar el diámetro de la tubería de descarga.

Tabla 45 Unidades Muebles de diferentes aparatos sanitarios

UNIDADES DE DESCARGA			
Tipo de mueble o Aparato	Clase		
	1^{ra}	2^{da}	3^{ra}
Lavabo	1	2	2
Inodoro	4	5	6
Tina	3	4	4
Bidet	2	2	2
Cuarto de baño completo	7	-	-
Regadera	2	3	3
Urinario suspendido	2	2	2
Urinario Vertical	-	4	4
Fregadero de viviendas	3	-	-
Fregadero de restaurantes	-	8	8
Lavadero (ropa)	3	3	-
Vertedero	-	8	8
Bebedero	1	1	1
Lavaplatos de casa	2	-	-
Lavaplatos comercial	-	4	-

Fuente: (Rodríguez Soza , 2007)

Como se puede observar en la tabla, existen diferentes clases de servicio, en este caso se utilizara la primera clase ya que es de un uso más general para la determinación de las unidades muebles en un proyecto residencial.

Para la determinación del diámetro de los bajantes o colectores, se podrá dimensionar los mismos en función del número de unidades muebles presentadas en la Tabla 45, mediante la cual se deberá cuantificar el número total de unidades muebles correspondiente al bajante y así poder determinar el diámetro de la tubería de agua gris (Tabla 46).

Tabla 46 Diámetros de colectores en función del número de unidades muebles

DIÁMETRO DEL COLECTOR		Número máximo de unidades de descarga			
DN (mm)	Pulgadas	Derivación Horizontal s= 0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 1/2	1	1	1	1
38	1 1/2	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 1/2	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580
200	8	696	870	1150	1680
250	10	1392	1740	2500	3600
300	12	2400	3000	4200	6500
350	14	4800	6000	8500	13500

Fuente: (Rodríguez Soza , 2007)

A manera de verificación de las dimensiones de los bajantes se procedió a hacer el cálculo de las unidades muebles para el sistema existente y para el nuevo sistema a implementarse, teniendo en cuenta las unidades mueble de cada uno de los aparatos del departamento y su descarga al colector respectivo, tal y como se detalla en la Tabla 47.

Tabla 47 Unidades muebles por departamento para el colector de agua servida y gris

UNIDADES MUEBLE (U.M) DE UN DEPARTAMENTO					
Detalle de Descarga	Cantidad muebles	Bajante Actual		Bajante reutilización	
		Unidad mueble	Unidad Total	Unidad mueble	Unidad Total
Inodoro	2	4	8	-	-
Lavamanos	2	1	2	1	2
Ducha	1	2	2	2	4
Fregadero	1	3	3	-	-
Lavadora	1	3	3	-	-
Trampa de Piso	3	2	6	-	-
Total			24		6

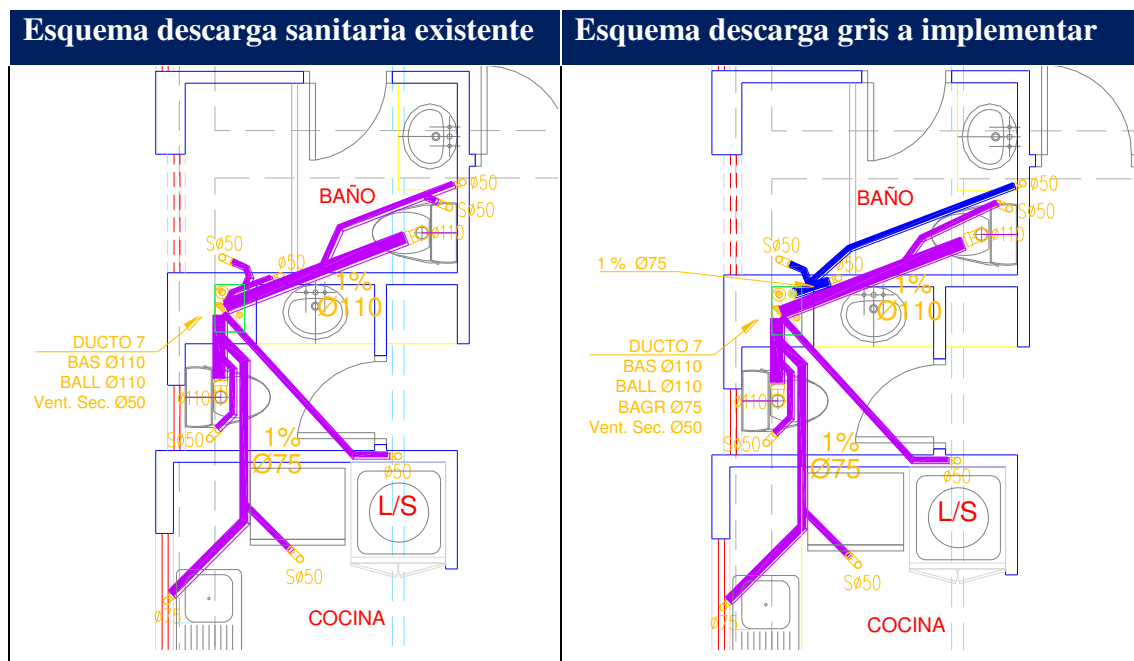
Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla, el número de unidades muebles totales correspondientes a un departamento y que son descargadas en un solo colector (sistema existente), tiene un número total de 24 U.M (Unidades Mueble) y con una pendiente del 1%, lo cual en función de la Tabla 46, el diámetro correspondiente es de 75 milímetros pero ya que los inodoros tienen un diámetro de 110 milímetros (4”), el bajante no puede ser menor a este, por tal razón se confirma que el bajante está correctamente dimensionado para una evacuación global de todas las descargas.

Ahora para el presente caso de estudio podemos observar en la Tabla 47, ya que el número de unidades muebles correspondientes al sistema de aguas grises provenientes de duchas y lavamanos tienen un total de 6 U.M y también adoptando una pendiente del 1%, lo cual haciendo referencia en la Tabla 46, se puede decir que el bajante independiente de aguas grises será de 63 milímetros, pero por temas constructivos y de seguridad este será de 75 milímetros (3”), lo cual se podrá replicar en los demás departamentos y ductos respectivos.

De esta manera, se presenta un esquema de la instalación tipo para el sistema de desagüe independiente de aguas grises con un bajante de 75 milímetros (3”), el cual recogerá la descarga de lavamanos y duchas que será acoplado al sistema actual, y por otro lado se mantendrá las instalaciones existentes de aguas servidas (Tabla 48). (Ver Anexo II – Sistema de Desagüe Nuevo y Existente)

Tabla 48 Implementación del sistema de descarga para aguas reutilizables



Fuente: Autor

4.4.2.2. Sistema de Abastecimiento de Agua Gris

Para el sistema de abastecimiento de agua gris que será redirigidos hacia los aparatos sanitarios que utilizarán este tipo de agua es importante tener en consideración los caudales de demanda de cada uno, para de esta manera tener la suficiente presión a lo largo de la red de distribución.

De esta manera es importante, tener en consideración que al igual que el diseño inicial de presente proyecto se realizó según la NEC 11. Cap. 16 (Norma Ecuatoriana de la Construcción – Norma Hidrosanitaria NHE Agua), el presente diseño también debe estar acorde según el mismo código.

Considerando todo esto, es importante también tener en cuenta, que para el presente diseño, se debe considerar eventos de emergencia donde no exista disponibilidad de agua gris debido a varios factores, como limpieza de la cisterna de reciclaje, limpieza de cisterna de almacenamiento u otros. Para lo cual siempre se deberá constar con una dotación de agua adicional, la cual en casos de emergencia será suplida por la red existente de agua potable a través de un bypass en la instalación.

Mediante esta instalación lo que se pretende es dar seguridad al usuario de siempre disponer de agua ya sea gris, o potable en casos de emergencia, adicionalmente se ve la ventaja que no se tendrá que desinstalar ninguna tubería de abastecimiento de agua potable, sino más bien solo quedaría suspendida para casos de emergencia, y adicionalmente solo se acoplará la nueva tubería de abastecimiento de agua gris.

Para el dimensionamiento de la tubería de abastecimiento de agua gris se deberán considerar los aparatos sanitarios a los cuales se prestará este servicio, tal y como se detalla a continuación.

- **Dimensionamiento de las tuberías de abastecimiento verticales**

De igual manera que en el dimensionamiento de la tuberías de distribución de agua potable, para el presente dimensionamiento de las tuberías de distribución de agua gris, se utilizará también el método de los pesos, ya que primeramente es el método con el que se diseñó el sistema inicial de abastecimiento de agua del proyecto, y por otro lado es un método que no cuantifica en gran manera los caudales máximos probables, tal y como lo hace el método de Hunter para Edificios.

Considerando todo esto, a continuación se detalla el cálculo de los caudales máximos probables para el sistema de agua gris que nos servirán para la determinación del diámetro de las montantes de agua gris, considerando solo los aparatos sanitarios que utilizarán este sistema.

– **Cálculo de los Caudales Máximos Probables según el método de los Pesos**

Para el cálculo de los caudales se utilizará la siguiente ecuación ya utilizada anteriormente.

$$Q = 0,3 * \sqrt{\sum P}$$

Qmp = Caudal máximo probable

C= Coeficiente de descarga = 0,30

$\sum P$ = sumatoria de los pesos de todos los artefactos de uso simultaneo conectado a la red.

De esta manera, a continuación se presentan todos los aparatos sanitarios que utilizarán el sistema de abastecimiento de agua gris de reutilización y para los cuáles se dimensionará los diámetros de los montantes de agua potable para su respectiva redistribución (Tabla 49).

Tabla 49 Cálculo de Caudal Medio Probable del Edificio por el método de los Pesos

Aparato sanitario	Unidad de pesos	Cantidad(Unidad)	Sumatoria de pesos (Unidad de peso)
Inodoro de tanque bajo	0,30	116	34,8
Urinario	0,50	2	1,0
Sumatoria de pesos total			35,8

Fuente: Autor

$$Qmp = 0,30 * \sqrt{35,8}$$

$$Qmp = 1,79 \text{ l/s}$$

La velocidad en las tuberías no excederá los 2,5 metros por segundo.

- Utilizando estos valores de caudales y tomando el coeficiente de simultaneidad para este tipo de edificaciones, se han obtenido los diámetros que constan en los respectivos planos (Ver Anexos).
- Se ha diseñado una columna de abastecimiento de agua gris de reutilización para el abastecimiento de los ramales en cada piso hacia las baterías sanitarias.

Con un caudal establecido y teniendo en cuenta una velocidad máxima, se determina el diámetro nominal (DN) de la columna de agua a través de la siguiente ecuación.

$$Q = A * V \rightarrow D = \sqrt{\frac{Q * 4}{\pi / v}}$$

$$DN = 30 \text{ mm} \cong 32 \text{ mm} \cong 1^{1/4}''$$

La tubería de distribución principal de agua gris (montantes), a instalarse, es de un diámetro de 32 milímetros. En material Galvanizado-roscable, para agua fría.

En este caso no habrá redistribución de agua caliente ya que los aparatos sanitarios a suplir no necesitan agua caliente para su funcionamiento.

De manera constructiva, las montantes de agua de reutilización, ya que existe espacio suficiente en los ductos donde se encuentran las montantes de agua potable, también serán instaladas en dichos ductos, será importante tener en cuenta que para que la bomba de succión de agua gris no esté en constante trabajo, será importante analizar la implementación de una cisterna elevada que provea de altura dinámica para el abastecimiento de agua por gravedad y de esta manera bombear una sola vez al día.

▪ **Dimensionamiento de las tuberías de abastecimiento horizontales**

Para el dimensionamiento de las tuberías de abastecimiento de agua gris horizontales o sub-ramales, se deberá tener en cuenta primeramente los diámetros mínimos de funcionamiento para cada aparato sanitario, ya que además de cálculo hidrosanitario correspondiente es imprescindible también considerar al momento de la instalación de la tubería los diámetros existentes.

En el sistema actual del proyecto, la distribución para sub-ramales primarios y secundarios está dado por tuberías de ¾" y de ½" respectivamente según el análisis hidrosanitario, los mismos que están detallados en los planos respectivos (ver en Anexo II – Planos de desagüe de aguas servidas).

De esta manera, para el dimensionamiento de las tuberías de abastecimiento de agua gris tanto para inodoros y urinarios primeramente se deberá analizar los diámetros existentes tal y como se detalla en la Tabla 50, y posteriormente se lo verificara según el cálculo sanitario correspondiente.

Tabla 50 Diámetros mínimos de tuberías de abastecimiento de agua

Tipo de Aparato Sanitario	DIÁMETRO DE SUB-RAMAL EN PULGADAS		
	Presiones < 10 m	Presiones > 10 m	Diámetro mínimo
Lavatorio	1/2	1/2	1/2
Bidet	1/2	1/2	1/2
Tina	3/4 - 1/2	3/4	1/2
Ducha	3/4	1/2	1/2
Grifo de Cocina	3/4	1/2	1/2
Inodoro con tanque	1/2	1/2	1/2
Inodoro con válvula	1 1/2 - 2	1	1 1/4
Urinario con tanque	1/2	1/2	1/2
Urinario con válvula	1 1/2 -2	1	1

Fuente: (Rodríguez Soza , 2007)

Como se puede observar en la Tabla 50, los diámetros mínimos para inodoros y urinarios son de 1/2”, lo cual se deberá tener bien claro en el diseño hidráulico.

– Cálculo de los diámetros

Para el cálculo de los diámetros de las tuberías horizontales existentes es importante tener en cuenta que en el sistema actual de agua potable, cada departamento tiene su medidor independiente, es decir el análisis de los caudales está hecho para el total de aparatos sanitarios por departamento, tal y como está detallado en los planos.

Para el caso del sistema de reutilización se manejará de igual manera con medidores independientes para cada departamento y según eso se deberá realizar el análisis hidráulico correspondiente para el total de aparatos sanitarios de reutilización por cada departamento. Para esto, igual como se realizó anteriormente el dimensionamiento del montante de agua gris, se deberá aplicar el mismo método para el cálculo de las tuberías horizontales en función de los pesos.

La Tabla 51 muestra un resumen de todos los aparatos sanitarios existentes y los que utilizarán el sistema de reutilización contabilizados por departamento y por aparato sanitario, diferenciando entre ellos el sistema actual y el nuevo sistema a implementar

Tabla 51 Sumatoria de pesos de aparatos sanitarios de cada departamento

SUMATORIA DE PESOS PARA UN PISO TIPO DEL EDIFICIO (PISO 3)												
Aparato Sanitario	Unidad de Peso	Aparatos Sanitarios (Unidad de Peso)										Suma parcial por aparato
		Dpto. 1	Total	Dpto. 2	Total	Dpto. 3	Total	Dpto. 4	Total	Dpto. 5	Total	
Sistema Existente (Aguas Servidas: aguas negras + aguas grises)												
Inodoro	0,3	2	0,6	2	0,6	2	0,6	2	0,6	2	0,6	3
Lavamanos	0,5	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	5
Ducha	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	2,5
Fregadero	0,7	1	0,7	1	0,7	1	0,7	1	0,7	1	0,7	3,5
Lavadora	1,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
Sumatoria parcial por piso		Dpto. 1	3,8	Dpto. 2	3,8	Dpto. 3	3,8	Dpto. 4	3,8	Dpto. 5	3,8	19
Nuevo Sistema (Aguas Reutilizadas: aguas grises)												
Inodoro	0,3	2	0,6	2	0,6	2	0,6	2	0,6	2	0,6	3
Lavadora	1,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
Sumatoria parcial por piso		Dpto. 1	1,6	Dpto. 2	1,6	Dpto. 3	1,6	Dpto. 4	1,6	Dpto. 5	1,6	8

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla, la unidad de peso para el nuevo sistema por departamento tiene un valor por unidad de peso de 1,6, para el análisis correspondiente se determinará en base a la siguiente formula ya presentada anteriormente.

$$Q = 0,3 * \sqrt{\sum P}$$

$$Q = 0,30 * \sqrt{1,6}$$

$$Q = 0,38 \text{ l/s}$$

Mediante el caudal correspondiente a cada departamento para el sistema de reutilización de los aparatos sanitarios: inodoros y urinarios, se podrá estimar el diámetro nominal (DN) de la tubería horizontal de abastecimiento de agua potable, mediante la siguiente ecuación.

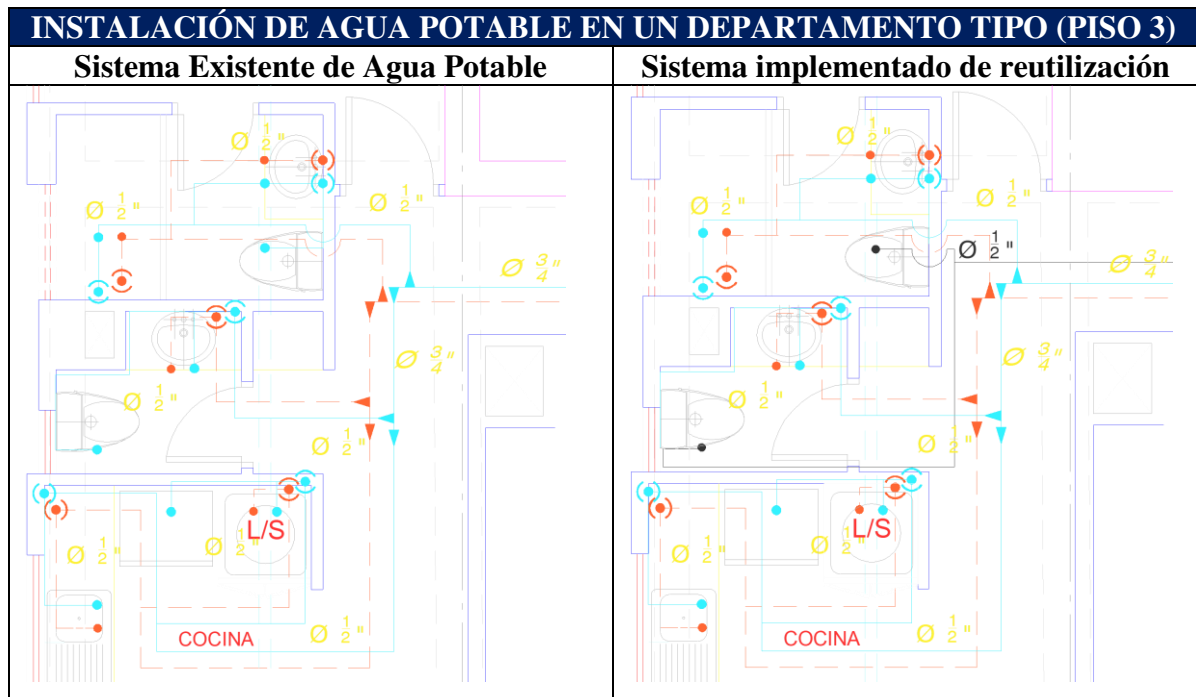
$$Q = A * V \rightarrow D = \sqrt{\frac{Q * 4}{\pi * v}}$$

$$DN = 13 \text{ mm} \cong 20 \text{ mm} \cong 1/2''$$

Como ya se mencionó anteriormente, los diámetros no puede ser menores a los mostrado en la Tabla 50, por tal razón se asume un diámetro de ½” para las tuberías de abastecimiento horizontal de agua gris en cada departamento.

Considerando las acotaciones respectivas de diámetros mínimos que deberán ser instaladas en el sistema, a continuación se presenta un esquema tipo de cómo se implementará el nuevo sistema para cada uno de los departamentos del edificio, teniendo en cuenta de que se creará una nueva red independiente de abastecimiento de agua gris con un diámetro de ½” para cada departamento (Tabla 52).

Tabla 52 Instalación tipo de la nueva res de abastecimiento de agua gris



Fuente: Autor

De manera más específica se podrán observar todas las nuevas instalaciones para el sistema de reutilización de agua gris en los planos respectivos tanto de desagües como de agua potable para cada uno de los pisos, para una mejor apreciación de la instalación se lo podrá analizar en los planos de desagüe del sistema de reutilización que constan en los anexos correspondientes (Ver en Anexo II – Sistema de abastecimiento nuevo de agua gris).

Adicionalmente cabe recalcar, que para todos los departamentos dispondrán de su medidor independiente de agua de reutilización con una medida de ½”, por tanto en promedio se dispondrán de 5 redes horizontales de ½” por piso que abastecerá cada una a los departamentos correspondientes.

4.4.3. Cisterna de reutilización de aguas grises

El sistema de reutilización de aguas grises, es un sistema viable que abastecerá con los volúmenes de aguas necesarios para las descargas de los aparatos sanitarios que vayan a utilizar este tipo de agua, tal y como se demostró en los capítulos anteriores, sin embargo para que se pueda disponer del volumen suficiente de agua para todos los aparatos sanitarios de reutilización del edificio es indispensable almacenar el agua gris en una cisterna con el suficiente volumen para su posterior distribución.

De esta manera, es importante determinar el volumen de las cisterna de reciclaje, el cuál como ya se mencionó será un volumen de almacenamiento para un período de un día, ya que al ser agua gris la que está en reutilización, no es conveniente almacenarla por un tiempo mayor, debido a que durante un lapso mayor a 24 horas empieza el crecimiento de microorganismos y bacterias.

4.4.3.1. Dimensionamiento

Teniendo en consideración de que el volumen de almacenamiento será para un día de servicio (24 horas), es importante cuantificar los volúmenes de aguas grises descargadas para este tiempo, y por otro lado los volúmenes de aguas grises a reutilizar en los diferentes aparatos sanitarios, lo cual se detalló anteriormente en la Tabla 38. Sin embargo a continuación en la presente Tabla 53 se presenta un resumen del consumo general del agua en el edificio.

Tabla 53 Consumo diario de Agua de todos los aparatos sanitarios

ESTIMACIÓN DE DESCARGA TOTAL POR DÍA (m ³)							
Aparato	Cantidad	Descarga			Usuarios por aparato	Volumen (litros)	Volumen (m ³)
		Detalle	Duración promedio	Frecuencia/día			
Inodoro	114	6,00 litros/descarga	-	3,0	2	4104	4,10
Urinario	2	1,90 litros/descarga	-	3,0	25	285	0,29
Lavamanos	116	8,30 litros/minuto	2 minutos	3,0	2	11553	11,55
Ducha	56	9,46 litros/minuto	10 minutos	1,0	2	10595	10,60
Fregadero	48	8,30 litros/minuto	5 minutos	3,0	1	5976	5,98
Lavadora	58	200,00 litros/descarga	-	0,5	1	5800	5,80
Grifo	4	8,30 litros/minuto	2 minutos	3,0	5	996	1,00
Hidromasaje	1	5000,00 litros/descarga	-	0,5	10	2500	2,50
Descarga diaria promedio total estimada del Edificio							41,81

Fuente: Autor

Como se puede observar, la Tabla 53 (es un resumen de la Tabla 37), donde se detallaba los consumos por piso y departamento de cada uno de los aparatos sanitarios del edificio, donde de manera general el volumen de agua residual total es de 41,81 m³.

Sin embargo para el dimensionamiento de la cisterna de reciclaje no se tomará en cuenta todo este volumen de agua, sino solo se dimensionará la misma para el volumen de agua gris que se necesita, por otra parte se debe considerar que la cisterna de agua potable, en el presente proyecto es una cisterna que también abastece al sistema contra incendios, tal y como se detalla a continuación en la Tabla 54.

Tabla 54 Volumen de Agua Potable y Residual del Edificio

VOLUMEN (m³)					
Aparato	Cisterna de Agua Potable	Agua Residual			
		Agua residual total	Agua gris reutilizable	Agua negra	Agua reutilizada
Inodoro	Agua Potable Vap=41,76 m ³ Volumen incendios Vci=51,10 m ³	4,10	-	4,10	4,10
Urinario		0,29	-	0,29	0,29
Lavamanos		11,55	11,55	-	-
Ducha		10,60	10,60	-	-
Fregadero		5,98	-	5,98	-
Lavadora		5,80	-	5,80	-
Grifo de Agua		1,00	-	1,00	-
Hidromasaje		2,50	-	2,50	-
Total (m³)		92,88	41,81	22,15	19,66

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla, el volumen de agua diario que se va a reutilizar en los inodoros y urinarios (4,39 m³) que son los aparatos sanitarios destinados al aprovechamiento de aguas grises, es inferior al volumen de agua gris disponible (22,15 m³), lo cual afirma que siempre habrá disponibilidad de agua gris para todo los aparatos de reutilización del edificio.

Por otra parte hay que tomar en cuenta que se debe dimensionar la cisterna de reutilización para 1 día, por lo cual no se puede almacenar todo el agua gris reutilizable (22,15 m³) ya que se sobredimensionaría la cisterna para el uso requerido en los aparatos sanitarios de reutilización (inodoro y urinario) y por ende cierto volumen de agua gris que no se utilice se quedaría estancada por mucho más tiempo, lo cual a futuro podría provocar la descomposición de esta agua. El volumen sobrante de los 22,15 m³ disponibles de agua gris será evacuado hacia el alcantarillado sanitario.

De esta manera es importante considerar el volumen de agua gris a reutilizar en los aparatos sanitarios como un estimativo del volumen de la cisterna de reciclaje, la cual tiene un volumen de 4,39 m³. Sin embargo para determinar de una manera más segura el volumen de la cisterna, se debe considerar una dotación adecuada según las NEC 11. Cap. 16 (Norma Ecuatoriana de la Construcción – Norma Hidrosanitaria NHE Agua).

En el presente estudio al tratarse solo de abastecimiento de agua gris a inodoros y urinarios en cada departamento, se puede considerar una dotación similar a la destinada para el uso de oficinas (50-90 litros/persona/día) (NEC, 2011), tomando un valor bajo dentro de este rango debido a que no existirá la dotación para lavamanos, de esta manera para el presente análisis se adoptará una Dotación de 60 litros/persona/día.

▪ **Volumen de la Cisterna de reutilización**

Debido a que el proyecto consta de varios tipos de servicios, se ha tomado en cuenta los siguientes parámetros.

- Dotación de 60 litros/habitante/día (NEC, 2011)
- Tiempo de reserva de agua potable en la cisterna 1 día
- Número de habitantes: 157 habitantes (Departamentos + Oficinas)

*Volumen cisterna = habitante * dotacion * tiempo reserva*

$$V_{cist\ rec} = \frac{\left(157\ habitante * \frac{60\ litros}{habitante * día} * 1\ día\right)}{1000\ litros}$$

$$\mathbf{V_{cist\ rec} = 9,42\ m^3}$$

Como se puede observar en el cálculo hidrosanitario, se ha obtenido un volumen para la cisterna de reciclaje de 9,42 m³ a pesar de que en el análisis de las descargas de los aparatos sanitarios a reutilizar, el volumen estimable era de 4,39 m³. Sin embargo para efectos de seguridad de dotación y acogiéndonos a los consumos mínimos de la (NEC, 2011) en los aparatos sanitarios de reutilización, se asumirá el mayor volumen calculado, correspondiente a 9,42 m³.

Por otra parte, por dificultades en temas constructivos y de seguridad para este tipo de capacidad, el volumen de la cisterna de reciclaje será redondeado a 10 m³, representando también un porcentaje de seguridad adicional para la dotación hacia los aparatos sanitarios de reutilización. Es importante aclarar que este volumen es solo de agua.

$$\mathbf{\underline{V\ diseño\ cisterna\ de\ reciclaje = 10\ m^3}}$$

4.4.3.2. Tratamiento

Las aguas grises a reutilizar en el presente estudio, son aguas provenientes del uso de lavamanos y duchas, las cuáles son aguas jabonosas que por su tipo de uso vienen acompañadas con restos de partículas contaminantes, como: sólidos en suspensión, restos de cabellos, contaminantes dentales producto del aseo bucal, entre otros. Sin embargo ventajosamente estos aparatos al no poseer aguas negras en su descarga, se descartan los contenidos orgánicos que requerirán de un tratamiento más complejo.

Por otra parte, es importante analizar el uso que se le va a dar a este tipo de agua de reutilización, como ya se mencionó anteriormente el uso de las mismas será destinado especialmente a inodoros y urinarios, los cuáles son aparatos sanitarios donde el agua no tendrá contacto directo con las personas, sin embargo debe tener características mínimas de calidad para su uso.

Por lo tanto es necesario seleccionar un tipo de tratamiento acorde a las necesidades de los aparatos sanitarios de reutilización, en este caso al tratarse de inodoros y urinarios no se requerirá un tratamiento muy exigente. Para ello podemos encontrar diferentes tipos de tratamiento, para los cuáles en el presente caso se analizarán los estudiados en el tema 3.3.3.2 (Sistemas con tratamiento), de los cuáles se analizará la mejor opción de tratamiento para el presente caso de estudio.

Dentro de los sistemas con tratamiento, podemos encontrar los físicos, físico-químicos y biológicos tal como se mencionó en el capítulo en mención. Para las aguas grises del presente estudio lo que se requiere es un tratamiento que permita eliminar los sólidos en suspensión y eliminar ciertas grasas provenientes del aseo personal por lo cual el tratamiento más adecuado será el físico, sin embargo adicionalmente, se le dará un tratamiento químico adicional para la eliminación de microorganismos contenidos en el agua de reutilización.

De esta manera se puede decir que el tratamiento más adecuado para las aguas grises provenientes de lavamanos y duchas, que serán reutilizadas en inodoros y urinarios, será una combinación entre un tratamiento físico constituido por un decantador y filtros correspondientes, tal y como detalla en la Fig. 57, y por otro lado acompañado de un tratamiento químico no muy exigente compuesto por desinfectantes tal y como se detalla en la Fig. 58.

Teniendo en cuenta que el tratamiento para el sistema de aguas grises será tanto físico como químico, la cisterna de reutilización constará de dos estructuras esenciales para el proceso de tratamiento del agua las cuáles son un decantador y la cisterna de almacenamiento de aguas tratadas, las cuáles se detalla a continuación.

▪ Decantador

Será la primera estructura de recepción de aguas grises de todo el edificio, destinada a la retención de sólidos en suspensión y contaminantes, que acompañado de un proceso químico permitirá la eliminación de cierta parte de microorganismos. La Fig. 64 muestra una representación del funcionamiento que tendrá el decantador para el presente caso de estudio.

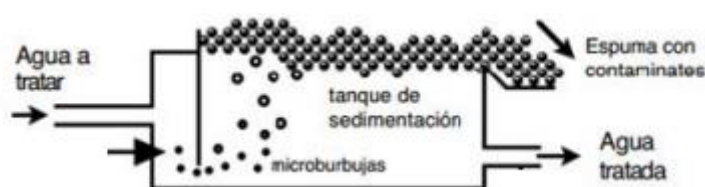


Fig. 64 Esquema tipo del funcionamiento del decantador

Fuente: (CANO MARIN, 2015)

De esta manera se puede observar, que al ingreso al decantador existe una celda que tiene una forma alargada semejante a los sedimentadores donde la velocidad lineal es muy baja, ya que cerca de la entrada de agua residual se producen las burbujas de aire para que en la parte superior del tanque puedan flotar las partículas contaminantes poco densas. Por otro lado, es importante que previo al ingreso al decantador se realice una fase de filtración, para eliminar en la mayor parte posible los sólidos de mayor tamaño.

A manera de seguridad, se implementará una cámara adicional que permita recolectar toda esta agua gris semi-tratada con una mejor calidad a través de un segundo sistema de filtración, en la cual se podrá realizar la desinfección química necesaria. Posteriormente esta agua ya tratada, será almacenada en una cisterna de almacenamiento para su respectiva distribución.

Cada una de estas cámaras tendrá su correspondiente boca de visita, para el mantenimiento y limpieza respectiva. Es importante tener en cuenta que para un correcto funcionamiento del sistema se realice una limpieza continua la cual puede ser en un período mensual dependiendo del uso del decantador.

- **Cisterna de almacenamiento.**

Posteriormente al proceso de decantación y eliminación de microorganismos, el agua tendrá mejores calidades para su redistribución a lo largo de la red de reutilización de agua gris, sin embargo como desinfección adicional para el volumen almacenado se dotará de cloración para una desinfección previa a la distribución del agua de reutilización.

Para la dotación de la cantidad cloro, se la podrá dotar en función del volumen de agua almacenada, lo cual se presentó anteriormente en la Tabla 15 para el caso de tratamiento de aguas lluvias, en este caso al ser aguas grises ya tratadas, se podrá aplicar la misma metodología para aguas ya depuradas.

Adicionalmente a esto, conjuntamente al sistema completo de reutilización compuesto por el decantador y la cisterna de almacenamiento de agua tratada, se incluye la bomba de distribución de agua gris tratada, la cual se detallará posteriormente la potencia de la misma.

- **Dimensionamiento de la estructura de tratamiento (Decantador y cisterna de almacenamiento).**

El volumen necesario para suplir las necesidades de todos los usuarios del edificio, como ya se calculó anteriormente representa un volumen de 10 m^3 de agua, en el cuál se deberán agregar las alturas libres para la aireación respectiva, por lo cual en el dimensionamiento de la estructura de tratamiento comprendida como decantador y cisterna de almacenamiento tendrán que ser dimensionada para estas características.

A continuación se muestra un detalle donde se dimensiona la cisterna de almacenamiento y el decantador para un volumen de 10 m^3 solo de agua y adicionalmente 0,2 metros de altura de aire.

Decantador:

Altura libre de Agua = 1,25 m

Altura de aireación = 0,20 m

Volumen Neto de Agua a almacenar = 10 m^3

Largo = 4,0 m, Ancho = 2,0 m

Volumen del decantador = Altura Total * largo * ancho

Volumen del decantador = $(1,45*4*2) \text{ m}^3 = 11,60 \text{ m}^3$

Cisterna de almacenamiento:

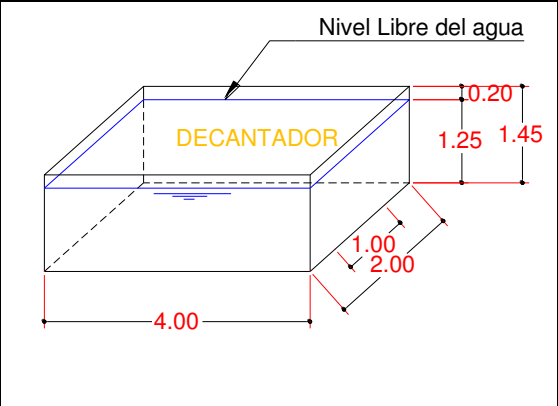
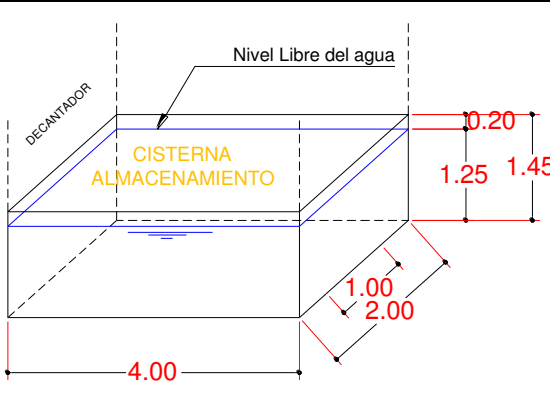
Altura libre de Agua = 1,25 m
Altura de aireación = 0,20 m
Volumen Neto de Agua a almacenar = 10 m³
Largo = 4,0 m, Ancho = 2,0 m

Volumen de cisterna de almacenamiento = Altura Total * largo * ancho

Volumen de cisterna de almacenamiento = (1,45*4*2) m³ = 11,60 m³

Considerando estas dimensiones, a continuación se presenta un esquema tipo donde se detallan las dimensiones tanto del decantador como de la cisterna de almacenamiento de aguas grises tratadas. Es importante acotar que por cuestiones de espacio el diseño de la estructura de tratamiento será una sola que incluirá como primera fase la decantación y después ubicada en la parte de abajo el almacenamiento del agua tratada, tal y como se detalla en la Tabla 55.

Tabla 55 Dimensiones de la estructura de tratamiento (decantador y cisterna)

DIMENSIONES DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO	
Decantador	Cisterna de almacenamiento
	

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla, se dimensionó dos estructuras de almacenamiento, una destinada para la decantación y la otra para el almacenamiento del agua tratada previo a su redistribución. Es importante tener en cuenta que estas dos estructuras conforman una sola, definiendo así la estructura de tratamiento general de aguas grises. La cual dependiendo de la arquitectura del espacio donde va a ser instalada deberá estar acorde a las dimensiones del mismo, sin variar las dimensiones provistas en la Tabla 55.

▪ **Detalle del sistema de tratamiento físico y químico (Decantador)**

Como se pudo detalló anteriormente, el tratamiento que tendrá el presente proyecto será tanto físico como químico, ya que mediante este sistema se dará un tratamiento óptimo al agua gris de reutilización y de esta manera se garantizará a los usuarios el buen servicio del sistema en términos de salubridad hacia las personas.

De esta manera, para la implementación de la estructura general de tratamiento se basó en un estudio realizado para proyectos similares de sistemas de reutilización con estructuras de tratamiento que incluyen procesos físicos y químicos dentro de la misma en Ecuador (BAG, 2018), el cual se acopló al presente caso de estudio y añadiendo ciertas consideraciones para el mejor funcionamiento del sistema.

Considerando todos estos aspectos y el diseño general del decantador ya detallado anteriormente para un volumen de 10 m^3 , donde se realizará el diseño correspondiente mediante cámaras de tratamiento que permitan efectuar procesos físicos y químicos, a continuación se presentan el detalle de la estructura general de tratamiento.

- *Diseño de la cámara de Floculación y Desnate*

Un adecuado proceso de floculación, se logra mediante la incorporación de coagulantes, dentro de los cuáles podemos encontrar el Sulfato de Aluminio $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$ que es uno de los productos químicos que más se puede encontrar en Ecuador.

Este primer proceso se lo realizará en una cámara de ingreso de dimensiones $0,5 \times 0,5$, con una adición inicial de 10 gr/m^3 , para la cual después de haber tenido una buena mezcla de este químico con el agua se pasará a una segunda cámara a través de una tubería P.V.C de 110 milímetros (4”).

En esta segunda cámara se realizará un proceso de floculación y desnate a través de la instalación de aireadores con tuberías perforadas en el fondo, de manera que permitan adquirir la gradiente de velocidad necesaria para la formación de los flóculos. Por otra parte, las burbujas de aire ayudarán a que los sólidos con densidades menores que el agua sean acarreados hasta la superficie donde serán drenados a la red de aguas negras.

Este sistema de aireación y dosificación permiten una operación específica que tiene la ventaja de poder regularse en cualquier momento, tanto la cantidad de floculante usado, como el ingreso de aire al sistema.

Para el presente estudio, se han diseñado las cámaras de tratamiento de floculación y desnate con los siguientes datos hidráulicos.

- Altura libre del agua de cámara de floculación y desnate: 1,15 m
- Longitud de cámara: 2,55 m

- **Diseño de la cámara de Sedimentación**

El paso a la cámara de sedimentación también será realizado a través de una tubería de P.V.C de 4", sin embargo en conjunto con el mismo se acoplará un canal distribuidor (0,50x0,75) que permita conducir el agua reteniéndola un poco más para captar la mayor cantidad de sólidos posibles, y posteriormente a través de una pared con una cota menor a la de la tubería se ingresó se conducirá el agua a la cámara de sedimentación.

Para el presente estudio, se han diseñado las cámaras de tratamiento de floculación y desnate con los siguientes datos hidráulicos.

- Altura libre del agua de cámara de sedimentación: 0,90 m
- Ancho de cámara: 1,40 m
- Longitud de cámara: 1,50 m

- **Cámara de almacenamiento Pre filtro**

Una vez que el agua gris ha pasado por las cámaras correspondientes a los procesos químicos y físicos de floculación y sedimentación respectivamente, finalmente existe una última cámara de almacenamiento para un posterior tratamiento químico final, esta es la cámara de pre filtro de donde el sistema hidroneumático del filtro captará esta agua semitratada para finalmente pasarla por un filtro de zeolitas.

Esta cámara ubicada posteriormente a la cámara de sedimentación conducida a través de tubería P.V.C de 4", tiene las siguientes características hidráulicas.

- Altura libre del agua de cámara de almacenamiento prefiltro: 0,70 m
- Ancho de cámara: 0,85 m
- Longitud de cámara: 1,40 m

La filtración con Zeolitas será para un volumen de 120 litros por minuto.

Es importante acotar que para el paso de agua entre cámaras para un mejor funcionamiento hidráulico del sistema, para evitar la estanqueidad y así que el agua regrese a la anterior cámara se va reduciendo la altura libre entre cámaras.

- **Desinfección final**

Finalmente, después de haberse realizado tanto los procesos físicos como químicos correspondientes acompañados por procesos de desinfección adicionales, a manera de seguridad y acompañado a sistema de filtración se realizará una inyección de ozono para garantizar que no se produzcan olores desde el almacenamiento final ubicado en el último subuelo 4 del proyecto.

El equipo de desinfección para esto será un generador de ozono en línea al menos 15 gr/hora, conectado a la salida del filtro de zeolitas.

Previo a la succión y redistribución del agua, como un último parámetro de seguridad, se añadirá una dosis de cloro a la reserva de agua gris regenerada, para de esta manera garantizar una desinfección total para la redistribución del agua.

Para la dotación de cloro teniendo en cuenta el volumen de agua almacenado se utilizará la Tabla 15, donde se detallan las cantidades de cloro a utilizar en agua de buena calidad, considerando que ya el agua tratada tiene condiciones aceptables para ser redistribuida, la siguiente Tabla 56 indicará los valores de cloro a utilizar según el volumen de la cisterna de almacenamiento, además teniendo en cuenta de que en la tabla no se dispone un volumen correspondiente para la cisterna de almacenamiento, se tendrá que interpolar el mismo entre los valores presentados

Tabla 56 Dotación de cloro para la cisterna de almacenamiento de agua tratada

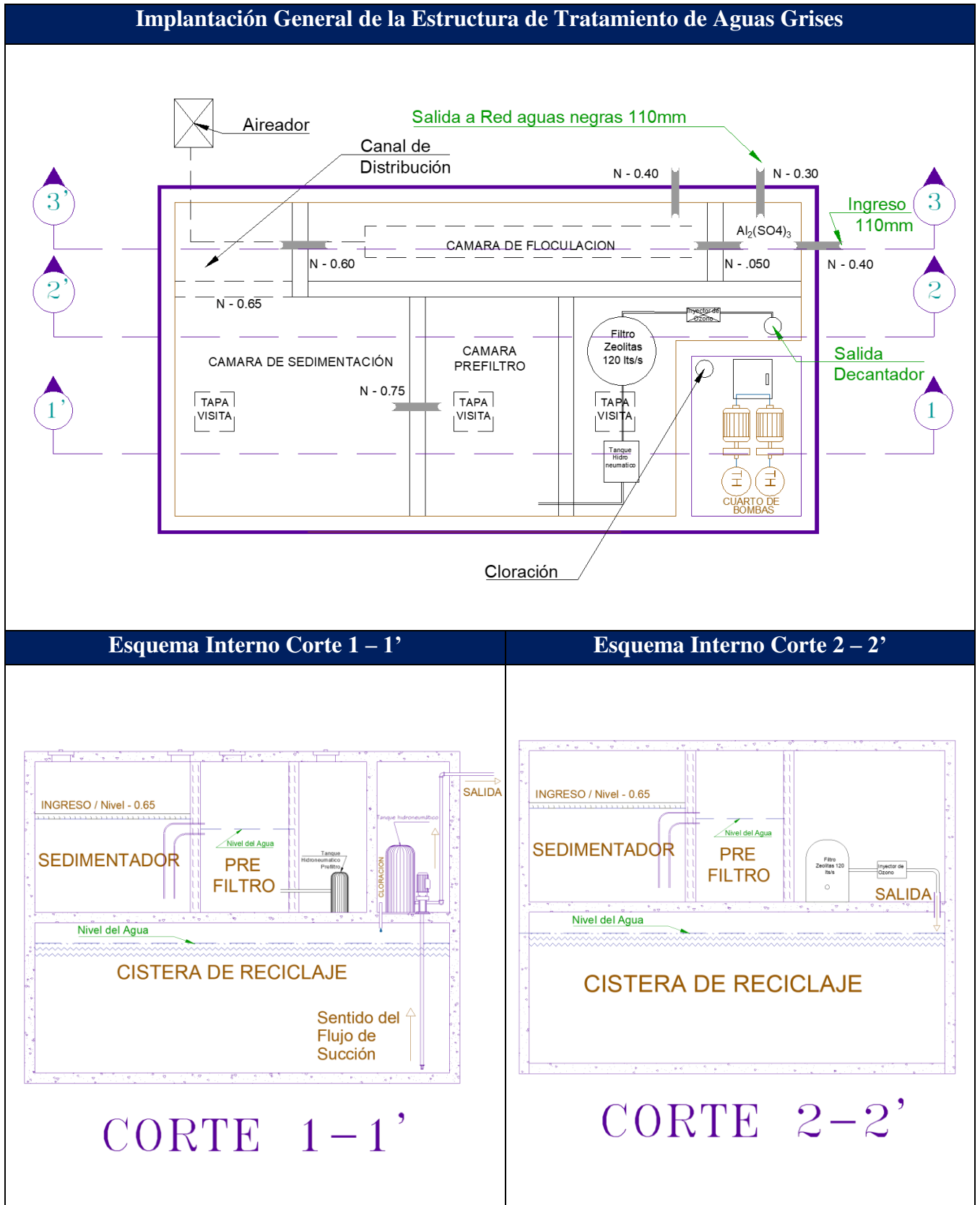
DOTACIÓN DE CLORO PARA 10 m³ DE AGUA			
Volumen	Volumen	Cloro	Cloro
Litros	m ³	cm ³	Litros
9878	9,878	494	0,494
10258	10,258	513	0,513
10000	10,000	500	0,500

Fuente: Autor

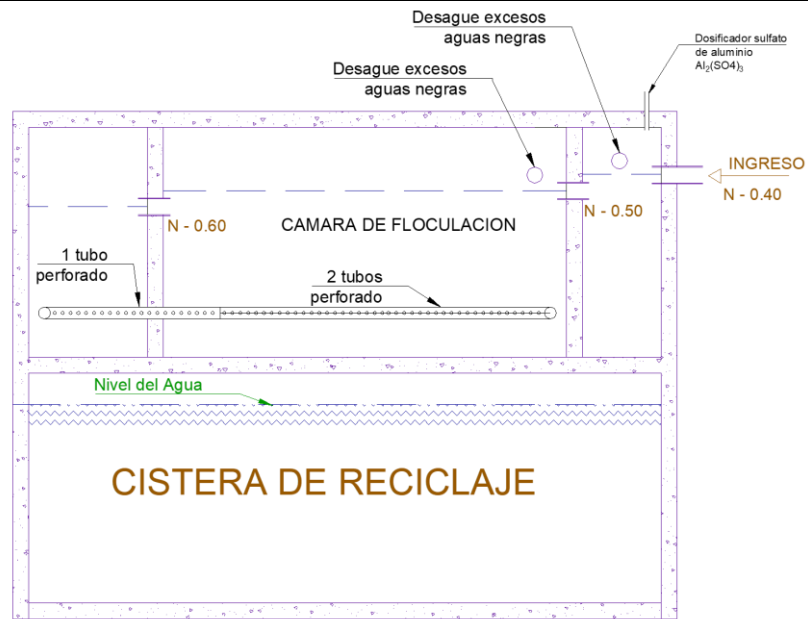
Como última anotación, es importante tener en cuenta que en todo este sistema de tratamiento adicionalmente se instalarán los filtros correspondientes previo al ingreso al sistema de decantación y también en una fase previa al almacenamiento del agua tratada, garantizando así una mayor retención de sólidos provenientes del uso del agua, para a futuro no tener que realizar limpiezas de sedimentos con mucha frecuencia en la estructura de decantación.

A continuación en la Tabla 57 se detalla una implantación general de la estructura de tratamiento, incluyendo dos cortes que indica la estructura interna del mismo.

Tabla 57 Detalle General de funcionamiento interno de la estructura de tratamiento



Esquema Interno Corte 3 – 3'



CORTE 3-3'

Esquema Interno Vista Lateral



Fuente: Autor

Para un mayor detalle y dimensiones de toda la estructura de tratamiento se los podrá analizar en el Anexo III – Sistema de tratamiento, donde se detallan los planos de la estructura de tratamiento.

Es importante tener en cuenta que por las dimensiones de la obra y efectos constructivos, la estructura de tratamiento será ubicada en el último subsuelo del edificio (Subsuelo 4, Nivel -12.20), tal y como se detalla en los planos respectivos (Ver Anexos).

4.4.3.3. Sistema de Bombeo

El presente proyecto actualmente posee un sistema de bombeo el cual está directamente destinado para la succión de agua potable de todo el edificio, tanto para uso en aparatos sanitarios y por otro lado el correspondiente sistema contraincendios del Edificio, para lo cual la bomba tiene una potencia de 10 Hp, tal y como se detalló en la memoria técnica hidrosanitaria del Edificio.

Sin embargo, para el sistema de reutilización de aguas grises tratadas, es necesario considerar una bomba adicional independiente que permita abastecer con un caudal y potencia adecuada a todos los aparatos sanitarios de reutilización, para lo cual es importante considerar la el caudal de bombeo para succión y la altura dinámica total a suplir de los aparatos sanitarios que se encuentren en los pisos más altos, para que así tengan un presión adecuada.

- **Dimensionamiento del Sistema de Presión de aguas de reutilización**

El equipo de presión está calculado en base a:

- $QA = \text{caudal de bombeo agua a reutilizar} = 1,79 \text{ litros/segundo}$
- $ADTB = \text{altura dinamica total de bombeo} = 104 \text{ m. c. a}$
 - ❖ *se tomará la misma altura dinámica total de bombeo, ya que existen también inodoros en los últimos pisos del edificio.*
- $\text{eficiencia} = 75\%$

$$\text{Potencia} = \frac{QA \times ADTB.}{75 \times \text{eficiencia}}$$

$$\text{Potencia} = 3,30 \text{ Hp} \cong 4 \text{ Hp}$$

$$\text{Potencia Bomba Agua de Reutilización} = 4 \text{ Hp}$$

Como bien se sabe, la bomba de succión de agua, no puede estar en constante trabajo, debido a que puede generar muchos costes económicos por gasto de energía eléctrica y se acorta la vida útil de la bomba. Para lo cual se deberá analizar la mejor manera de que la bomba no esté siempre en funcionamiento, como puede ser una cisterna en una parte alta del edificio para la redistribución a gravedad o a través de un tanque hidroneumático, que permita almacenar cierto volumen de agua para de esta mantener presurizado el sistema y así evitar que la bomba este siempre trabajando.

Sin embargo, analizando estas dos opciones, la implementación de una cisterna adicional en la parte alta del edificio costea más el proyecto, por tal razón se analizará la

implementación de un tanque hidroneumático que trabaje en conjunto con la bomba similar al sistema utilizado en la bomba de agua potable, mediante el cual se mantendrá con presión constante en el edificio sin hacer que la bomba trabaje constantemente, de manera en la que se tendrá presurizado todo el proyecto sin la necesidad de que la bomba esté funcionando a cada rato.

▪ **Diseño del hidroneumático**

$$QA = 1,79 \text{ l/s}$$

$$PA = 104 \text{ m c.a.} = 10,4 \text{ atmosferas}$$

$$QB = 1,09 \text{ l/s}$$

$$PB = 114,4 \text{ m c.a.} = 11,44 \text{ atmosferas}$$

$$QM = 1,44 \text{ l/s} = 86,40 \text{ litros/min}$$

$$VR = QM * T / 4$$

$$T = 3 \text{ minutos}$$

$$VR = 64,8 \text{ litros}$$

Condición:

$$QB < 0,25 QA$$

Como no cumple la condición se asumirá el volumen Vr, según lo calculado.

$$VR \text{ asumido} = 65 \text{ litros.}$$

Calculo del volumen del hidroneumático

$$V = (VR * (PB + 1)) / (PB - PA)$$

$$V = (65 * (11,44 + 1)) / (11,44 - 10,4)$$

$$V = 1033,47 \text{ litros}$$

De esta manera, para el diseño del tanque hidroneumático, el mismo tendrá que ser requerido para un Volumen aproximado de 1037 litros, el cual para efectos constructivos y de disponibilidad por parte de las casas comerciales que distribuyen estos aparatos, se requerirá un Volumen de Hidroneumático para 1 m³ de agua. Es importante tener en cuenta que las capacidades definitivas del sistema hidroneumático previo a instalación, deberán ser consultadas al proveedor de los equipos, ya que estos trabajan con la bomba.

Una vez determinada la potencia mínima de la bomba, mediante la cual se podrá abastecer con una presión suficiente de agua a todo el edificio, y mediante un tanque hidroneumático que mantendrá presurizado el edificio sin la necesidad de sobrecargar de trabajo a la bomba, se podrá succionar el agua gris a todos los diferentes aparatos sanitarios del edificio.

Para esto es importante dimensionar las montantes de agua gris tratada a reutilizar, con un el diámetro suficiente que permita abastecer a todos los ramales horizontales de abastecimiento de agua sin problemas de exceso de presión en la tubería o una baja presión en la misma. Todo este dimensionamiento, ya se lo realizo anteriormente, sin embargo para efectos de resumen a continuación se detallaran todos los dimensionamientos hidrosanitarios referentes al sistema de reutilización de aguas grises tratadas.

4.4.4. Resumen Técnico de Instalaciones Hidrosanitarias

El nuevo sistema en estudio destinado netamente a reutilización como ya se mencionó en el presente capítulo es un sistema que pretende ser acoplado al sistema actualmente instalado, ya que por temas de construcción y económicos del proyecto es más factible acoplarlo que implementar un sistema completamente nuevo.

De esta manera como ya se pudo analizar, en el presente capítulo se ha determinado todos los elementos hidrosanitarios necesarios mediante los cuales el nuevo sistema funcionará correctamente, por tal razón a continuación se presenta la siguiente Tabla 58 donde se detallan los elementos hidrosanitarios a implementarse.

Tabla 58 Resumen técnicos de instalaciones a implementarse en el caso de estudio

RESUMEN GENERAL DE INSTALACIONES A IMPLEMENTARSE			
Sistema de Abastecimiento de Agua de Reutilización (Gris tratada)			
Descripción	Diámetro Φ	Material	Ubicación
Acometida de Agua Gris	3" (75 mm)	P.V.C	Descarga de todos los pisos hacia la cisterna de reciclaje
Tuberías llenado de cisterna	3"	P.V.C	Piso 12 hasta Subsuelo 4
Cisterna de Agua Gris y tratamiento	Entrada (3") Salida (1 1/4")	P.V.C Hierro Galvanizado	Subsuelo 4
Tuberías de conexión en la estructura de tratamiento	2" (50 mm)	P.V.C	Subsuelo 4
Distribución hacia montantes de agua potable	1 1/4"	Hierro Galvanizado	Subsuelo 4
Montantes de Agua Gris (Sube)	1 1/4"	Hierro Galvanizado	Subsuelo 4 hasta Piso 12
Tuberías horizontales principales de Distribución de Agua Gris	3/4"	Termofusión	Halls principales de todos los Pisos Altos
Tuberías horizontales secundarias de Distribución de Agua Gris	1/2"	Termofusión	Hall de Departamentos y Oficinas de todos los Pisos Altos
Tuberías horizontales internas en departamentos de Distribución de Agua Gris	1/2"	Termofusión	Departamentos y Oficinas de todos los Pisos Altos
Sistema de Desagüe (Aguas Negras y Aguas Grises)			
Descripción	Diámetro Φ	Material	Ubicación
Aguas Grises y Negras			
Bajantes de aguas negras	110 mm	P.V.C	Todos los Pisos (Ductos)
Bajantes de aguas grises	75 mm	P.V.C	Todos los Pisos (Ductos)
Interconexión Cajas de Revisión	110 mm	P.V.C	Subsuelo 4
Conexión a Cisterna de aguas grises	75 mm	P.V.C	Subsuelo 4

Descarga de Trampa de grasas	110 mm	P.V.C	Subsuelo 4
Red sanitaria de recolección de aguas negras en baños	110 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Red sanitaria de recolección de aguas grises en baños	75 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Red sanitaria de recolección de aguas negras en cocinas	75 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Tubería de descarga para inodoros	110 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Tubería de descarga para fregaderos	75 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Tubería de descarga para lavamanos (independiente)	50 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Tubería de descarga para trampas de piso	50 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Tubería de descarga para duchas (independiente)	50 mm	P.V.C	Todos los Pisos Altos
Descarga General			
Descarga principal a la Red Pública	200 mm	P.V.C	Subsuelo 1
Descarga secundaria de recolección aguas lluvias y servidas del edificio	160 mm	P.V.C	Subsuelo 1

Fuente: Autor

Como se puede observar en la presente tabla se detalla de manera general los diámetros y materiales de las tuberías a emplearse en el nuevo sistema hidrosanitario, teniendo en cuenta que para el abastecimiento en este caso se detalla solo la opción de agua gris en los aparatos sanitarios a utilizar este tipo de agua, por otra parte el sistema de desagüe estará independizado para captar aguas gris y almacenarla en el último subsuelo, adicionalmente es importante aclarar los sistema de desagüe que descargaran aguas negras no reutilizables.

Para un detalle más específico de las instalaciones, se las podrán observar en los nuevos planos de instalaciones Hidrosanitarias (Abastecimiento de agua gris y desagüe general de aguas grises y negras), los cuales estarán acoplados al sistema antiguo sin que exista un mayor cambio en las instalaciones y por otra parte teniendo en cuenta la facilidad constructiva, finalmente de manera general para un mayor detalle de todos los ramales de tubería del edificio en todos los pisos se presenta la siguiente Tabla 59.

Tabla 59 Resumen general de tuberías por ramales a instalarse para todo el Edificio

RESUMEN DE TUBERÍAS A INSTALARSE EN EL EDIFICIO							
ÁREAS Y RAMALES		Tuberías de Abastecimiento de Agua Gris			Tuberías de Descarga de aguas grises		
		Tipo Ramal	Diámetro Φ(pulg)	Material	Tipo Ramal	Diámetro Φ(pulg)	Material
Planta	Ramal/Área						
Subsuelo 4	Cisterna tratamiento	Vertical	1 1/4"	H.G			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
Subsuelo 3	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
Subsuelo 2	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
Subsuelo 1	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
Planta Baja	Local comercial	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Área Recreativa 1	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Área Recreativa 2	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Business Center	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			
Mezanine	Oficina 1	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Oficina 2	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Sala comunal	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Área Recreativa	Horizontal	1/2"	Termofusión			
	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			
Piso 3	Dpto A31	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto B32	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto C33	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto D34	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto E35	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación principal	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
		Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G		
Piso 4	Dpto A41	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto B42	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto C43	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto D44	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto E45	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C

	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación principal	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			
Piso 5	Dpto A51	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto B52	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto C53	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto D54	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto E55	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación principal	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			
Piso 6	Dpto A61	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto B62	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto C63	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto D64	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto E65	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación principal	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			
Piso 7	Dpto A171	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto C173	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto D74	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto E75	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación principal	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
		Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G		
Piso 8	Dpto A181	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto C183	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto D84	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto E85	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación principal	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
		Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G		
Piso 9	Dpto A191	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto C193	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto D94	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C

	Dpto E95	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación principal	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			
Piso 10	Dpto A1101	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto C1103	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto D104	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto E105	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación principal	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			
Piso 11	Dpto A111	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto B112	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto C113	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto D114	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto E115	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación principal	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			
Piso 12	Dpto A121	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto B122	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto C123	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto D124	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Dpto E125	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación principal	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			
Terraza	Business Center	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Area Recreativa	Horizontal	1/2"	Termofusión	Horizontal	2"	P.V.C
	Terraza						
	Recolector de aguas grises				Horizontal	3"	P.V.C
	Hall de circulación principal	Horizontal	3/4"	Termofusión			
	Ductos de bajantes				Vertical	3"	P.V.C
	Ductos de montantes	Vertical	1 1/4"	H.G			

Fuente: Autor

El detalle específico de la presente tabla se lo podrá observar en los planos del edificio.

5. DISCUSIÓN Y RESULTADOS FINALES

5.1. Introducción

Una de las formas más claras de un buen manejo del agua para poder reducir consumos en edificios es como ya se mencionó anteriormente a través de la reutilización del agua potable usada en los proyectos para los diferentes aparatos sanitarios que así lo permitan (en base a las funciones que estos vayan a brindar), y de esta manera garantizar un uso eficiente y sustentable del agua considerando también siempre la salud de los usuarios.

En el presente caso de estudio, como se pudo observar existe una alta factibilidad de reutilización de agua gris en todo el proyecto, ya que los volúmenes utilizables de reutilización de agua son mayores a las demandas diarias, por lo que de esta manera es importante definir qué tan eficiente es el sistema en términos de ahorro de agua potable a través de la reutilización de agua gris en todos los aparatos sanitarios destinados a este uso en el edificio.

De esta manera es importante en el presente capítulo analizar tanto técnica, eficiente y económicamente la implementación del presente sistema, en el cual deberán ser analizado los ahorros de consumo de agua potable diariamente y mediante esto poder estimar un ahorro anual gracias a la implementación del presente sistema de reutilización, adicionalmente es importante determinar el grado de eficiencia hídrica que se está proveyendo al edificio a través de la implementación del presente sistema de reutilización de aguas grises.

Es importante también realizar un análisis económico donde se tome en cuenta la inversión realizada para la implementación del presente proyecto en todo el sistema de reutilización de aguas grises y compararlo con el beneficio de ahorro de agua a futuro obtenido, de esta manera se podrá analizar la viabilidad económica del mismo considerando también la rentabilidad a futuro del proyecto gracias al ahorro de agua potable, además de considerar factores externos como es el gasto en electricidad para el correcto funcionamiento de la bomba, y mediante todo esto poder evaluar en términos de eficiencia hídrica al presente caso de estudio.

Finalmente será importante analizar la eficiencia hídrica del edificio, mediante la cual se podrá recomendar el presente sistema a proyectos nuevos.

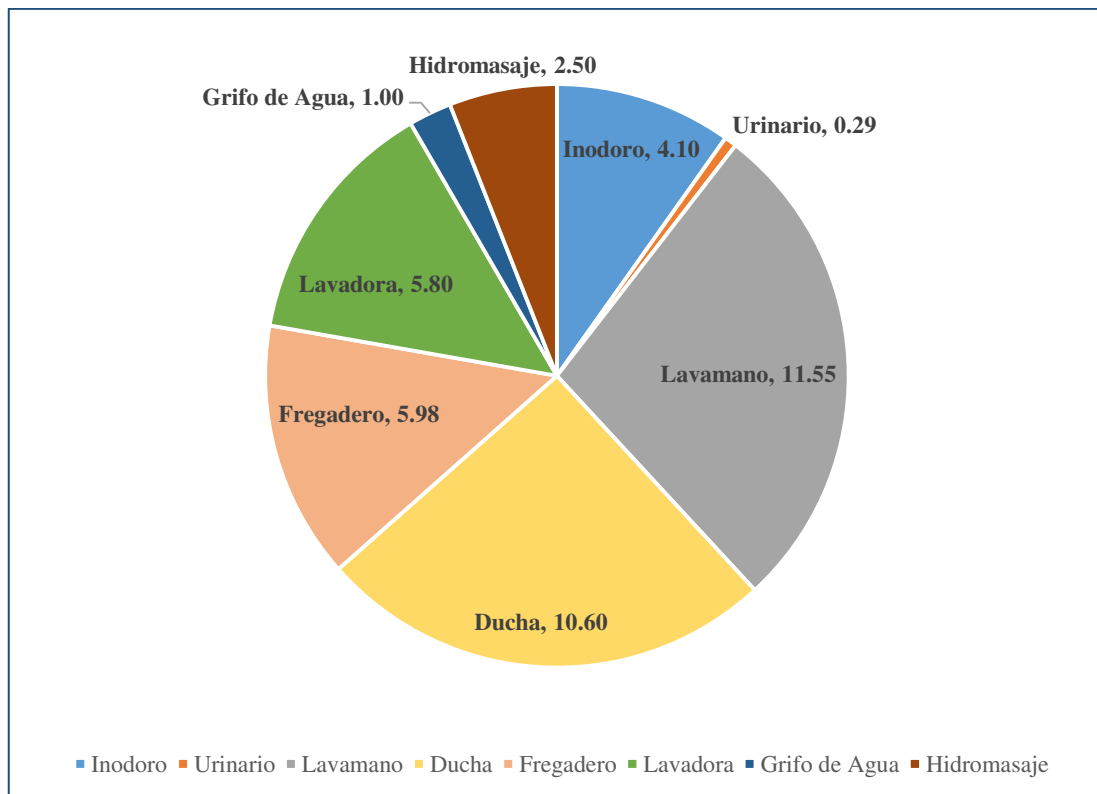
5.2. Ahorro de Agua en el sistema

Como aspecto principal para poder realizar un análisis de la versatilidad y eficiencia en consumos de agua que ofrece el presente sistema, es importante analizar el ahorro de agua potable obtenido a través de la reutilización de aguas grises en todo el edificio, tomando en cuenta un uso promedio diario de agua potable y agua gris para todo el proyecto en mención.

Un factor muy importante que permitirá facilitar el análisis del ahorro de agua es a través de los consumos de la misma por día que se detalló en la Tabla 54, y mediante esto se podrá desarrollar un análisis de balance hídrico del edificio residencial con reutilización de aguas grises para de esta manera poder estimar de manera general los diferentes usos del agua en todo el edificio y así poder observar que cantidad de agua se ha destinado para servicios de reutilización y la cantidad de agua potable ahorrada.

De esta manera basándonos en la Tabla 54, a continuación se muestra la Fig. 65 donde se resumen los consumos de agua de manera general para todo el edificio por aparato sanitario.

Fig. 65 Consumo promedio estimado de agua potable diaria del Edificio (m³)



Fuente: Autor

Considerando que el anterior gráfico muestra un estimativo de los consumo de agua potable por aparato sanitario en todo el edificio, es importante tener en consideración los usos del agua para de esta manera poder cuantificar la cantidad de agua potable, agua gris y agua negra utilizada en el edificio. De esta manera a continuación se detalla la Tabla 60 donde se puede analizar los usos del agua y los volúmenes de agua utilizados en el sistema de reutilización.

Tabla 60 Detalle de utilización del agua en el Edificio

DETALLE DE UTILIZACIÓN DEL AGUA EN EL EDIFICIO					
Aparato Sanitario	Volumen (m ³)	Tipo de agua		Sistema de Reutilización	
		Abastecimiento	Descarga	Volumen (m ³)	Uso
Inodoro	4,10	Gris	Negra	4,39	Agua gris a reutilizar
Urinario	0,29	Gris	Negra		
Lavamano	11,55	Potable	Gris	22,15	Agua gris reutilizable
Ducha	10,60	Potable	Gris		
Fregadero	5,98	Potable	Negra	15,27	Descarga General
Lavadora	5,80	Potable	Negra		
Grifo de Agua	1,00	Potable	Negra		
Hidromasaje	2,50	Potable	Negra		
Total (m³)	41,81				

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla anteriormente presentada, el volumen necesario para los inodoros y urinarios es casi 5 m³ que representa el volumen e reutilización, sin embargo por efectos de diseño mínimo de la NEC 11. Cap. 16 (Norma Ecuatoriana de la Construcción – Norma Hidrosanitaria NHE Agua), se dimensionó el sistema para un volumen de almacenamiento de 10 m³. Por otra parte, el volumen sobrante de los 22,15 m³ disponibles de agua gris será evacuado hacia el alcantarillado sanitario en caso de haber excesos en la cisterna.

Considerando todos estos volúmenes de agua utilizados en el edificio, es importante definir el ahorro de agua en todo el sistema teniendo en cuenta el volumen disponible de agua gris de 10 m³ diarios, lo cual se podrá determinar mediante un análisis de balance hídrico en el edificio considerando las diferentes naturalezas y usos del agua.

5.2.1. Análisis de Balance Hídrico

En base a la representación de consumos de agua de la Tabla 60, a continuación presentamos un análisis de balance hídrico en edificios residenciales con reutilización de aguas grises, basados en el manual de la Asociación ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais) (ANQIP, 2017), y mediante el cual se desarrolló la

siguiente Tabla 61 que especifica los diferentes usos y naturalezas del agua de reutilización para de esta manera poder determinar el ahorro del agua potable en el proyecto residencial.

Tabla 61 Balance Hídrico en el Edificio con reutilización de aguas grises

BALANCE HÍDRICO DE CONSUMO DE AGUA POR DÍA EN TODO EL EDIFICIO (m³)			
Naturaleza del agua utilizada	Usos del agua (Promedio)	Aguas residuales producidas	Destino del agua
37,42 m ³ de agua potable	10,60 m ³ para ducha	31,44 m ³ de aguas grises	10 m ³ de agua gris a regenerar y reutilizar
	11,55 m ³ para lavamanos		21,44 m ³ de agua gris a descargar
	5,80 m ³ para lavadora		
	1,00 m ³ para grifos de agua		
	2,50 m ³ para hidromasaje		
	5,98 m ³ para cocina		
10 m ³ de agua regenerada	8,00 m ³ para descarga de inodoros	14,98 m ³ de aguas negras	14,98 m ³ de aguas negras a descargar
	1,00 m ³ para descarga de urinarios		
	1,00 m ³ para limpieza de patios	1,00 m ³ de infiltración en suelo	

Elaborado: Autor

Fuente: (ANQIP, 2017)

Como se puede observar en la presente tabla, la cantidad de agua gris aprovechable es muy grande en comparación a la requerida para reutilización, sin embargo para el presente estudio como se analizó anteriormente solo se utilizará 10 m³ de agua, que según el análisis realizado en capítulos anteriores es más que suficiente para suplir las necesidades de reutilización, y mediante el cual no se sobredimensionará el sistema.

De esta manera, se puede decir que existirá una reducción en términos de consumo de 10 m³ de agua potable diariamente, sin embargo es necesario analizar la cantidad real de agua potable que consume el edificio en el sistema sin reutilización, es decir, la cantidad de agua potable que inicialmente el edificio utilizaba.

Mediante la información de consumos estimados de agua potable, la cual se detalla específicamente en la Tabla 37 y que coincide con el volumen para el que está diseñado la cisterna de agua potable, se podrá comparar con los volúmenes de agua potable analizados en el balance hídrico del edificio detallados en la Tabla 61, los mismos que al tomar en cuenta ya el sistema de reutilización serán efectivamente menores.

Considerando todo lo mencionado, a continuación se presenta la siguiente Tabla 62 donde se puede observar el ahorro de agua potable de manera diaria para todo el Edificio en análisis.

Tabla 62 Volumen ahorrado de agua potable diariamente mediante la implementación del sistema de reutilización de aguas grises

VOLUMEN DE AGUA POTABLE AHORRADO DIARIAMENTE (m³)	
Volumen de Agua Potable diaria utilizada sin reutilización	41,81 m ³
Volumen de Agua Potable diaria utilizada con reutilización	37,42 m ³
Ahorro de agua potable diario	4,39 m³

Fuente: Autor

Para un análisis global a lo largo de todo el año, se tomará el valor promedio diario de 4.39 m³ de volumen de ahorro de agua, mediante el cual se analizará cada más con los respectivos días del mismo. De esta manera a continuación se presenta la Tabla 63 donde se detalla mensualmente los consumos de agua potable sin el sistema de reutilización y con el sistema de reutilización, para de esta manera poder determinar e ahorro de agua potable de manera anual.

Tabla 63 Ahorro en consumo de agua potable anual mediante la implementación del sistema de reutilización

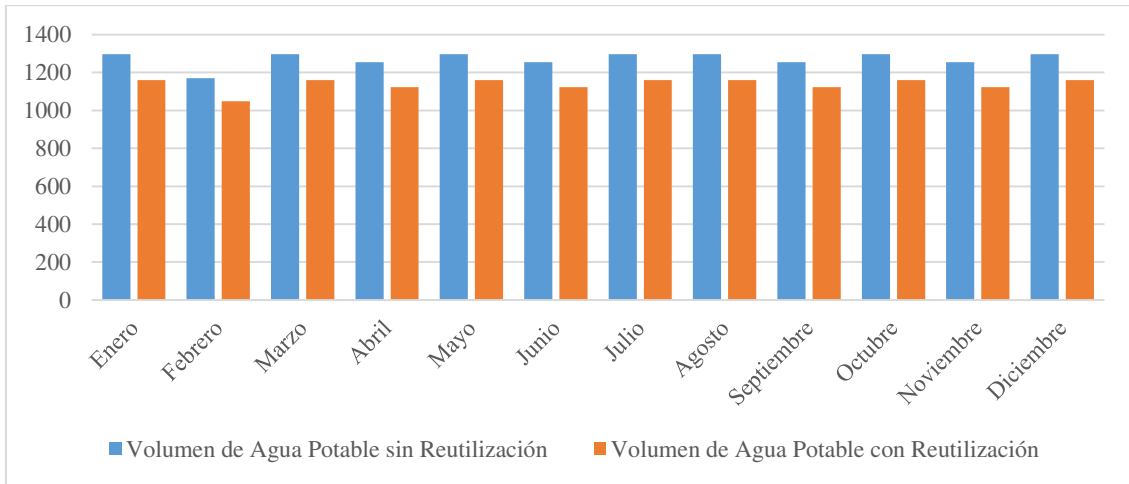
COMPARACIONES DE CONSUMO DE AGUA POTABLE						
Mes	Nº Días	Volumen de agua potable(m ³)				
		Volumen Diario (m ³)		Volumen Mensualizado (m ³)		
		Sin Reutilización	Con reutilización	Sin Reutilización	Con reutilización	Ahorro de Agua
Enero	31	41,81	37,42	1296,11	1160,02	136,09
Febrero	28			1170,68	1047,76	122,92
Marzo	31			1296,11	1160,02	136,09
Abril	30			1254,30	1122,60	131,70
Mayo	31			1296,11	1160,02	136,09
Junio	30			1254,30	1122,60	131,70
Julio	31			1296,11	1160,02	136,09
Agosto	31			1296,11	1160,02	136,09
Septiembre	30			1254,30	1122,60	131,70
Octubre	31			1296,11	1160,02	136,09
Noviembre	30			1254,30	1122,60	131,70
Diciembre	31			1296,11	1160,02	136,09
TOTAL / AÑO (m³)				15260,65	13658,30	1602,35

Fuente: Autor

Como se puede observar en la anterior tabla, existe un gran ahorro de agua a lo largo de todo el año, llegando así hasta los 1600 m³ anuales lo cual representa grandes volúmenes en ahorro de agua potable en términos promedio de consumo de agua. Para un mejor análisis se presenta la Fig. 66 donde se puede observar los volúmenes de agua

mensualizados que se puede ahorrar a través de la implementación del sistema de reutilización de aguas grises.

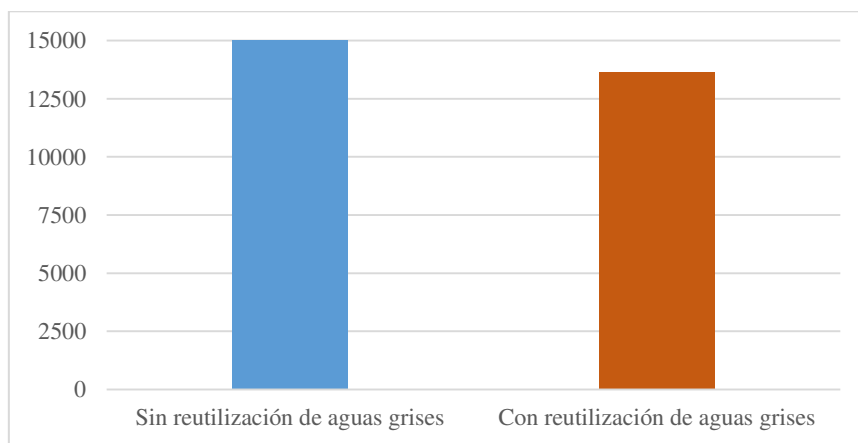
Fig. 66 Análisis comparativo de consumos de agua potable mensualizados con el nuevo sistema de reutilización de aguas grises (m³)



Fuente: Autor

Como se puede observar existe un ahorro considerable mensualmente en el uso de agua potable, además se tiene la ventaja de que la cisterna de agua gris está dimensionada para 10 m³, de los cuáles en condiciones promedio se utilizará la mitad de la misma. Por tal razón se dispondrá de volúmenes de agua gris adicionales para un mayor uso en limpieza, y descargas en inodoros e urinarios (Fig. 67).

Fig. 67 Consumo de agua potable en el Edificio anualmente



Fuente: Autor

5.3. Eficiencia hídrica del proyecto

Para la definición de la efectividad del sistema de reutilización de aguas grises es importante determinar qué tan eficiente es el mismo, de esta manera es importante evaluar la eficiencia hídrica del Proyecto a través de los diferentes consumos de agua en el edificio tanto en agua potable y agua gris de reutilización.

Para la evaluación de Eficiencia Hídrica del presente proyecto, se utilizará el método propuesto por la Asociación ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais) (ANQIP, 2017), el cual permite realizar una evaluación de Eficiencia Hídrica global en Edificios Residenciales con sistemas de reutilización de aguas grises a través del análisis de la reducción de consumos de agua, el cual se acopla perfectamente al presente caso de estudio. En este contexto es importante recalcar que ANQIP es la única entidad calificada en Portugal en el ámbito de la eficiencia hídrica en edificios y que ha tenido una amplia participación como experto invitado de la Comisión Europea en materia de eficiencia hídrica en edificios.

Dentro de este desarrollo, ANQIP ha desarrollado métodos para la evaluación de la eficiencia hídrica a través la reducción en los consumos de agua, en el cuál para el presente estudio se aplicará el método destinado para Edificas Residenciales, la cual a más de evaluar la eficiencia hídrica del edificio, también permite categorizar al mismo subdividiéndolos en función de los consumos domésticos del edificio y de esta manera establecer en qué nivel de eficiencia se encuentra el proyecto.

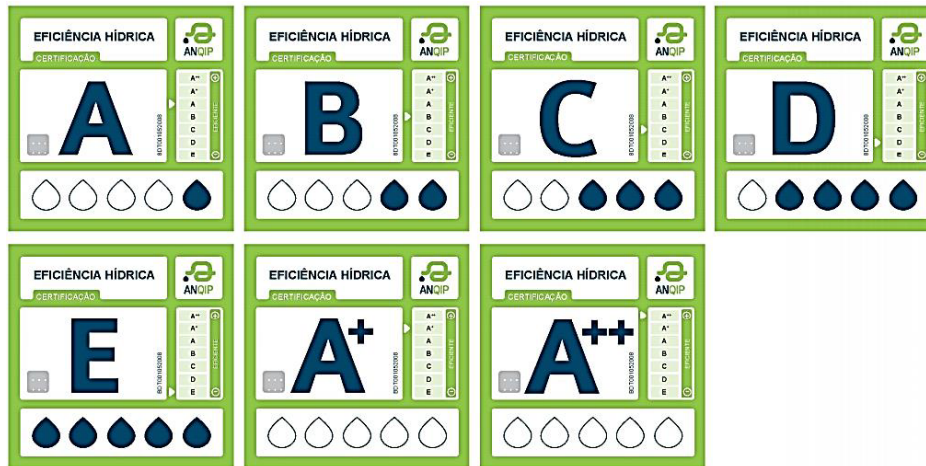
Este método fue desarrollado netamente en Portugal, por la asociación en mención, sin embargo, puede ser aplicado en otros países debido a que analiza de una manera general los consumos de agua por habitante y por día, información que puede ser aplicado a casos de américa latina y de esta manera al presente caso de estudio.

Para una evaluación general de la eficiencia hídrica del proyecto se utilizará la calculadora de consumos para edificios residenciales, propuesto por ANQIP, la cual permitirá categorizar finalmente al edificio y así poder determinar qué tan eficiente es el sistema de reutilización implementado.

Adicionalmente para una complementación eficiente en el sistema de reutilización, se lo podrá realizar a través de la utilización de dispositivos eficientes, los cuáles en el ámbito de la eficiencia hídrica, ANQIP creo en el año 2008 un sistema voluntario de

certificación y rotulación de productos (aparatos sanitarios), los cuales establecen niveles de eficiencia desde A++, A+, B, C, D, E, tal y como se puede apreciar en la **Fig. 68**.

Fig. 68 Rótulos de Eficiencia Hídrica en Aparatos Sanitarios



Fuente: (ANQIP, 2017)

Sin embargo es importante considerar que esta alternativa de rotulación de eficiencia en aparatos sanitarios es más viable para proyectos nuevos, en el presente caso de estudio, al ya ser un proyecto construido es complicado realizar un cambio general de todos los aparatos sanitarios por aparatos más eficientes, sin embargo será tomado en cuenta como una recomendación en términos de reducción de consumos de agua para usuarios que deseen implementar estos aparatos eficientes.

5.3.1. Evaluación de Eficiencia Hídrica

Para la determinación de la eficiencia hídrica del presente caso de estudio, como ya se mencionó se lo realizará a través del método desarrollado por la asociación ANQIP, en el cual se presenta una Calculadora de consumos para así determinar los gastos de agua para edificios residenciales, en la cual se detallan estos consumos por aparatos sanitarios de una forma más específica, analizando así cada aparato sanitario por separado y el caudal de uso en función de la eficiencia del aparato sanitario.

De esta manera, para el análisis de la eficiencia hídrica a través de la calculadora de consumos, el presente análisis se basará en el manual de ANQIP (ANQIP, 2017) y datos pertinentes al mismo para Proyectos residenciales con reutilización de aguas grises.

De esta manera para la evaluación de la Eficiencia Hídrica del Edificio y de cada aparato sanitario, es importante tener en cuenta las especificaciones técnica de cada aparato sanitario, las cuáles se detallaron anteriormente en la Tabla 35, y por otro lado los diferentes números de aparatos sanitarios con el respectivo consumo, los cuáles de igual manera se detallaron en la Tabla 53. Considerando esto, a continuación se detalla un resumen de las dos tablas anteriormente mencionadas, según las cuales se podrá desarrollar la evaluación de la eficiencia hídrica del edificio en función de los detalles de cada aparato sanitario tal y como se detalla en la Tabla 64.

Tabla 64 Resumen de Especificaciones de los aparatos sanitarios del Edificio

RESUMEN DE APARATOS SANITARIO EN EL EDIFICIO				
Aparato	Detalle	Tipo	Descarga	N° Aparatos
Inodoro	EVOLUTION REDONDO PARA INODORO	Descarga doble	6,00 litros/descarga	114
Urinario	COLBY PLUS PARA URINARIO	Descarga interrumpida	1,90 litros/descarga	2
Lavamanos	CORVUS MONOMANDO PARA LAVAMANOS	Grifo con aireador	8,30 litros/minuto	116
Ducha	ECONOVO BIMANDO PARA DUCHA	Sistema de Ducha con eco-stop	9,46 litros/minuto	56
Fregadero	VITTORIA MONOMANDO PARA COCINA	Grifo con aireador	8,30 litros/minuto	48
Grifo de agua	NEW PRINCESS LLAVE SENCILLA PARA LAVAMANOS	Grifo con aireador	8,30 litros/minuto	4
Lavadora	SIN ESPECIFICACIÓN	Sin especificación	200 litros/descarga	58

Fuente: (EDESA, 2018)

Tal y como se puede observar en la tabla, se detallan las especificaciones de cada uno de los aparatos sanitarios correspondientes al edificio a excepción de la lavadora, ya que la misma no consta como un aparato sanitario, sin embargo se ha estimado para la mayoría de los casos en Ecuador, una descarga promedio de la lavadora de 200 litros/descarga.

Con esta información y basándonos en el manual de ANQIP y sus correspondientes factores, se podrá determinar la eficiencia de cada aparato sanitario, para de esta manera evaluarlos todos de manera general a través de la calculadora de consumo y así poder clasificar la Eficiencia Hídrica del Edificio en base a los padrones de consumo doméstico.

De esta manera a continuación se analiza cada aparato sanitario, categorizándolos en función del manual ANQIP y según el mismo se tomará datos como el Factor de uso, factor de confort entre otros que dependerán del tipo de aparato sanitario en análisis, que mediante los mismos se podrá determinar el consumo medio para cada uno de estos.

- **Inodoro**

Para el caso de los inodoros se dispone de una descarga de 6,00 litros/descarga, que revisando el manual de ANQIP, lo clasifica con un grado de eficiencia hídrica A, para la cual se detallan los siguientes valores (Tabla 65). (ANQIP, 2017)

Tabla 65 Tabla Auxiliar de Inodoros para evaluación de Eficiencia Hídrica

INODOROS				
Tipo de Inodoro	Categoría de Eficiencia Hídrica	Volumen de Referencia (litros) (a)	Cantidad (unidad) (b)	Total (litros) (c)=(a)x(b)
Descarga Doble	A	4	114	456
Suma de columna (b)=(d)			114	
Suma de columna (c)=(e)				456
Media de consumo (f) = (e)/(d)				4

Fuente: (ANQIP, 2017)

Elaborado: Autor

- **Lavamanos**

Para el caso de los lavamanos se dispone de una descarga de 8,30 litros/minuto, que revisando el manual de ANQIP, lo clasifica con un grado de eficiencia hídrica B, para la cual se detallan los siguientes valores (Tabla 66). (ANQIP, 2017)

Tabla 66 Tabla Auxiliar de Lavamanos para evaluación de Eficiencia Hídrica

GRIFO DE LAVAMANO						
Tipo de Grifo	Categoría de Eficiencia Hídrica	Caudal de Referencia (l/min) (a)	Cantidad (unidad) (b)	Factor de Confort (c)	Caudal de Confort (l/min) (d)=(a)x(c)	Total (l/min) (e)=(d)x(b)
Grifo con aireador	B	5	116	0,9	4,5	522
Suma de columna (b)=(f)			116			
Suma de columna (e)=(g)						522
Medida de consumo (litro/minuto) (h) = (g)/(f)						4,5

Fuente: (ANQIP, 2017)

Elaborado: Autor

- **Duchas**

Para el caso de las duchas se dispone de una descarga de 8,30 litros/minuto, que revisando el manual de ANQIP, lo clasifica con un grado de eficiencia hídrica B, para la cual se detallan los siguientes valores (Tabla 67). (ANQIP, 2017)

Tabla 67 Tabla Auxiliar de Duchas para evaluación de Eficiencia Hídrica

DUCHA				
Tipo de Ducha	Categoría de Eficiencia Hídrica	Caudal de Referencia (l/min) (a)	Cantidad (unidad) (b)	Total (l/min) (c)=(a)x(b)
Sistema de Ducha con eco-stop	B	12	56	672
Suma de columna (b)=(d)			56	
Suma de columna (c)=(e)				672
Medida de consumo (litro/minuto) (f) = (e)/(d)				12

Fuente: (ANQIP, 2017)

Elaborado: Autor

▪ **Fregaderos**

Para el caso de los fregaderos se dispone de una descarga de 9,46 litros/minuto, que revisando el manual de ANQIP, lo clasifica con un grado de eficiencia hídrica B, para la cual se detallan los siguientes valores Tabla 68. (ANQIP, 2017)

Tabla 68 Tabla Auxiliar de Fregaderos para evaluación de Eficiencia Hídrica

GRIFO DE COCINA (FREGADERO)						
Tipo de Grifo	Categoría de Eficiencia Hídrica	Caudal de Referencia (l/min) (a)	Cantidad (unidad) (b)	Factor de Confort (c)	Caudal de Confort (l/min) (d)=(a)x(c)	Total (l/min) (e)=(d)x(b)
Grifo con aireador	B	10,5	48	0,9	9,45	453,60
Suma de columna (b)=(f)						48,00
Suma de columna (e)=(g)						453,60
Media de consumo (litro/minuto) (h) = (g)/(f)						9,45

Fuente: (ANQIP, 2017)

Elaborado: Autor

▪ **Grifos de agua**

Para el caso de los grifos de agua se dispone de una descarga de 8,30 litros/minuto, que revisando el manual de ANQIP, lo clasifica con un grado de eficiencia hídrica B, para la cual se detallan los siguientes valores (Tabla 69). (ANQIP, 2017)

Tabla 69 Tabla Auxiliar de Grifos de agua para evaluación de Eficiencia Hídrica

GRIFO DE AGUA (LLAVE DE MANGUERA)						
Tipo de Grifo	Categoría de Eficiencia Hídrica	Caudal de Referencia (litros/min) (a)	Cantidad (unidad) (b)	Factor de Confort (c)	Caudal de Confort (litros/min) (d)=(a)x(c)	Total (litros/min) (e)=(d)x(b)
Grifo con aireador	B	5	4	0,9	4,5	18
Suma de columna (b)=(f)			4			
Suma de columna (e)=(g)						18
Medida de consumo (litro/minuto) (h) = (g)/(f)						4,5

Fuente: (ANQIP, 2017)

Elaborado: Autor

▪ **Urinarios**

Para el caso de los urinarios de agua se dispone de una descarga de 1,90 litros/minuto, que dentro del manual de ANQIP específicamente para urinarios no se detalla un grado de eficiencia para este aparato, sin embargo se lo puede acoplar como una cisterna de agua con un uso mínimo, mediante lo cual se lo podría clasificar con un grado de eficiencia hídrica A+, para la cual se detallan los siguientes valores (Tabla 70). (ANQIP, 2017)

Tabla 70 Tabla Auxiliar de Urinarios para evaluación de Eficiencia Hídrica

URINARIOS				
Tipo de Urinario	Categoría de Eficiencia Hídrica	Volumen de Referencia (litros) (a)	Cantidad (unidad) (b)	Total (litros) (c)=(a)x(b)
Descarga Interrumpida	A+	3	2	6
Suma de columna (b)=(d)			2	
Suma de columna (c)=(e)				6
Media de consumo (f) = (e)/(d)				3

Fuente: (ANQIP, 2017)

Elaborado: Autor

- **Usos Exteriores (Limpieza)**

Para el caso de limpieza exterior mediante lavado de pisos, áreas comunales como terrazas, entre otros se utilizará la siguiente tabla establecida por el manual ANQIP, la cual considera el volumen a utilizar y el número de usuarios que utilizarán ese volumen de agua (Tabla 71). (ANQIP, 2017).

Es importante considerar también que para proporcionar un mayor ahorro de agua potable, esta agua de limpieza no será alimentada de la acometida de agua potable, sino más bien de la acometida de agua gris, la cual está diseñada también para abastecer de este volumen de agua a este uso en el edificio.

Tabla 71 Tabla Auxiliar para limpieza exterior

CONSUMO DE AGUA PARA USOS EXTERIORES (AGUA GRIS)				
Tipo de uso (con alimentación de agua de reciclaje)	Área (m²) (a)	Consumo de referencia (litros/m².mes) (b)	Factor de estacionalidad (c)	Total (d)=(a)x(b)x(c)
Otros usos (limpieza de pisos)		litros/día		1000,00
Suma de columna (d)=(e)		litros/día		1000,00
Nº de habitantes o utilizadores (f)		litros/día		30,00
Media de consumo (g)=(e)/(f)		[litros/(persona*día)]		33,33

Fuente: (ANQIP, 2017)

Elaborado: Autor

- **Disponibilidad de aguas grises**

Como último parámetro de análisis que se tomará en consideración para la evaluación de eficiencia hídrica en la calculadora de consumos, ANQIP presenta directamente la tabla de disponibilidad para la reutilización de aguas grises, la cuál considera los aparatos sanitarios que reutilizarán este tipo de agua en el edificio y los analizará independientemente con los respectivos factores de cada uno que estarán dados en función de la eficiencia hídrica de cada aparato sanitario.

De esta manera, se analizará la reducción en el consumo de agua potable en el edificio, ya que gracias a la implementación del sistema de reutilización, ya no se requerirá agua potable en los aparatos sanitarios que aprovechan agua gris, sino más bien esta será sustituida por agua regenerada.

Estos aparatos sanitarios que distribuyen agua gris como ya se especificó anteriormente son los lavamanos y las duchas, los cuáles, basándose en el manual de

ANQIP, se detallan a continuación con la respectiva categoría de eficiencia hídrica y factores de uso y confort respectivos a las mismas (Tabla 72). (ANQIP, 2017)

Tabla 72 Tabla Auxiliar para reutilización de aguas grises (Disponibilidad)

DISPONIBILIDAD TOTAL DE AGUA GRIS						
LAVAMANOS						
Tipo de Grifo	Categoría de Eficiencia Hídrica	Caudal de Referencia (l/min) (a)	Cantidad (unidad) (b)	Factor de Confort (si aplica) (c)	Caudal de Confort (l/min) (d)=(a)x(c)	Total (l/min) (e)=(d)x(b)
Grifo con aireador	B	5	116	0,9	4,5	522
Suma de columna (b)=(f)			116			
Suma de columna (e)=(g)						522
Factor de uso (h)						1,1
Disponibilidad de Aguas Grises (i)= [(g)/(f)] x (h)						4,95
DUCHAS						
Tipo de Ducha	Categoría de Eficiencia Hídrica	Caudal de Referencia (l/min) (j)	Cantidad (unidad) (k)	Factor de Confort (l)	Caudal de Confort (l/min) (m)=(j)x(l)	Total (l/min) (n)=(m)x(k)
Sistema de ducha con eco-stop	B	12	56	0,9	10,8	604,8
Suma de columna (m)=(o)			56			
Suma de columna (n)=(k)						604,8
Factor de uso (q)						5,1
Disponibilidad de Aguas Grises (r)= [(p)/(o)] x (q)						55,08
Disponibilidad Total de Aguas Grises (s)=(i)+(r)				60,03		

Fuente: (ANQIP, 2017)

Elaborado: Autor

Como se puede observar en la anterior tabla, se analizan la disponibilidad de agua gris que se tendrá en cuenta para el ahorro de agua en el sistema de reutilización, este volumen de agua esta expresado en litros/persona/día, y el mismo representará el ahorro de agua potable en el edificio, ya que al utilizar esta agua gris disponible, se la podrá reutilizar en el edificio en vez de la utilización de agua potable.

Adicionalmente es importante también tener en consideración que el volumen de agua de usos exteriores será abastecido por agua gris para de esta manera tener un mayor ahorro de agua potable en el edificio, incrementando de esta manera aún más la eficiencia hídrica del edificio.

5.3.1.1. Calculadora para Evaluación de Eficiencia hídrica

Gracias a los parámetros anteriormente mencionados, se podrá definir la eficiencia hídrica del edificio propuesta por la asociación ANQIP, en base a los consumos de agua obtenidos en la calculadora. (ANQIP, 2017). Estos se detallan en la Tabla 73.

Tabla 73 Calculadora de consumos para evaluación de Eficiencia Hídrica en Edificios Residenciales con reutilización de agua gris

CALCULADORA DE CONSUMOS DE AGUA				
Tipo de Instalación	Unidades de medida	Volumen/Caudal (Medio) (a)	Factor de uso (b)	litros/persona/día (c)=(a)x(b)
Inodoros (Tabla 65)	litros	4	5,9	23,60
Grifos de Lavamanos (Tabla 66)	litros/minuto	4,5	1,1	4,95
Duchas (Tabla 67)	litros/minuto	12	5,1	61,20
Grifos de cocina (Tabla 68)	litros/minuto	9,45	1,9	17,96
Grifos para manguera (Tabla 69)	litros/minuto	4,5	4	18,00
Urinarios (Tabla 70)	litros	3	2	6,00
Consumo total calculado [litros/(persona*día) =(c)=(1)]	litros/(persona*día)			131,71
Factores de corrección	Multiplicativo (2)			1,10
	Adicional MLR	litros/lavado	L=	200
		litros/(persona*día)	(3)	10xL/45
	Adicional MLL	litros/lavado	L'=	0
litros/(persona*día)		(4)	2,5xL'/10	0,00
Contributivo de reciclaje de aguas grises (5) (Tabla 72)	litros/(persona*día)			60,03
Contributivo de aprovechamiento de aguas pluviales (6)	litros/(persona*día)			0,00
Total de agua consumida [(1)x(2)+(3)+(4)-(5)-(6) día] = (7)	litros/(persona*día)			129,29
Usos Exteriores (agua de reciclaje) (8) (Tabla 71)	litros/(persona*día)			33,33
Consumo Total (c)= (7)-(8) = (9)	litros/(persona*día)			95,96
Clasificación del Edificio	B			

Fuente: (ANQIP, 2017)

Elaborado: Autor

Como se puede observar en la tabla de anterior, se obtuvo un consumo de 95,96 litros/persona*día, lo cual según el manual ANQIP, establece una eficiencia hídrica del edificio de clase B (ANQIP, 2017), de esta manera se puede observar que mediante la reutilización de aguas grises se consigue un gran ahorro de agua potable (60,03 litros/persona*día), mejorando así la categoría de eficiencia hídrica del edificio.

5.4. Análisis Económico del Proyecto

El presente estudio de Eficiencia Hídrica a más de ser evaluado en términos técnicos, de facilidad constructiva y de Eficiencia Hídrica, es importante también determinar la viabilidad económica del mismo, asegurando de esta manera la rentabilidad del proyecto a futuro.

Como ya se pudo estudiar anteriormente, el presente proyecto es viable tanto en términos técnicos, constructivos y en términos de Eficiencia Hídrica, ya que mediante la implementación del presente sistema de reutilización existe un alto ahorro de agua potable en todo el Edificio, y el cuál podrá tener un beneficio a largo plazo dependiendo del cuidado y buen uso del sistema, sin embargo para poder tener un análisis completo es necesario también determinar la viabilidad económica del proyecto, mediante la cual se podrá determinar la viabilidad general del presente estudio a través de la implementación del presente sistema de reutilización.

De esta manera, para determinar la viabilidad económica del proyecto, es necesario estimar los costos de construcción que se necesitarán para la implementación del presente sistema de reutilización de aguas grises, el cuál como ya se sabe consta de varias instalaciones, sistemas de tratamiento e implementación de equipos de bombeo. Dentro de este contexto es importante tener en cuenta que el presente sistema no propone un cambio total en las instalaciones, sino más bien se acopla al sistema actual haciendo pequeñas variantes en las instalaciones tanto de abastecimiento como de desagüe, para de esta manera reducir en la mayor parte posible los costos de construcción.

Una vez considerado todos estos aspectos constructivos, los cuáles se pueden apreciar para un mejor detalle en los planos de instalaciones hidrosanitarias (ver en anexos), se podrá estimar los costos para la implementación del sistema, y mediante esto se podrá realizar un análisis económico que permita analizar la rentabilidad del proyecto en función de los beneficios obtenidos a través del mismo, que en este caso son a través del ahorro de agua potable.

Mediante este análisis podremos determinar en qué tiempo el proyecto empezará a ser rentable, ya que al tratarse de un edificio ya construido, la rentabilidad del mismo será luego de varios años cuando ya se hayan devengado la inversión en el proyecto gracias a los ahorros en consumos de agua potable.

5.4.1. Análisis Presupuestario del Proyecto

Para el análisis de costos que tendrá la implementación del presente proyecto es importante tener en consideración las cantidades de obra que serán utilizadas en la implementación del sistema de reutilización de aguas grises, como ya se mencionó anteriormente en las instalaciones hidrosanitarias no se cambiará por completo el sistema, sino más bien se harán pequeñas variantes que se acoplen así sistema actual, para de esta manera reducir en la mayor cantidad los costos de instalación, y por otra parte las estructuras necesarias para el tratamiento de las aguas grises y su posterior bombeo.

▪ Presupuesto de Instalaciones para el sistema de reutilización

De esta manera, a continuación se detalla la siguiente Tabla 74 donde se resumen todas las cantidades de materiales que serán utilizados en la implementación del sistema de reutilización, las cuáles fueron cuantificadas en base a los planos que respaldan todas las instalaciones hidrosanitarias y estructuras a construirse.

Tabla 74 Resumen de materiales a utilizarse en la implementación del nuevo Sistema de Hidrosanitario de Reutilización de aguas grises

PISO	Puntos PVC Desagüe agua gris	SISTEMA DE DESAGÜE AGUAS GRISES			SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA GRIS REGENERADA				
		Tubería P.V.C 50 mm	Tubería P.V.C 75 mm	Tubería P.V.C 110 mm	Punto Agua Regenerada 20 mm	Punto para Medidor 25 mm	Tubería termof. 20 mm	Tubería termof. 25 mm	Tubería HG 1 1/4"
		Unidad	m	m	m	Unidad	Unidad	m	m
Subsuelo 4				4,75					16,73
Subsuelo 3			21,18	13,50					3,30
Subsuelo 2			13,20						3,30
Subsuelo 1			13,20						3,30
P. baja	7,00	6,24	23,72		2,00	1,00	40,77	7,95	3,30
Piso 2	4,00	1,78	16,38		6,00	1,00	36,32	3,37	3,30
Piso 3	15,00	6,18	33,25		10,00	1,00	50,92	8,66	3,30
Piso 4	15,00	6,44	31,33		10,00	1,00	50,92	8,66	3,30
Piso 5	15,00	6,44	31,33		10,00	1,00	50,92	8,66	3,30
Piso 6	15,00	6,44	31,33		10,00	1,00	50,92	8,66	3,30
Piso 7	16,00	5,84	34,94		10,00	1,00	41,25	8,20	3,30
Piso 8	16,00	5,84	34,94		10,00	1,00	41,25	8,20	3,30
Piso 9	16,00	5,84	34,94		10,00	1,00	41,25	8,20	3,30
Piso 10	16,00	5,84	34,94		10,00	1,00	41,25	8,20	3,30
Piso 11	15,00	6,44	31,33		10,00	1,00	50,92	8,66	3,30
Piso 12	15,00	6,44	31,33		10,00	1,00	50,92	8,66	3,30
Terraza	2,00	1,00	1,00		2,00	1,00	16,83	3,33	
Total	167,00	70,74	418,34	18,25	110,00	13,00	564,44	99,41	66,23

Fuente: Autor

Considerando todas estas cantidades de obra de Instalaciones Hidrosanitarias y de Desagüe del Sistema de Reutilización de aguas grises, es importante determinar el costo que tendrá el mismo a través de su implementación. De esta manera, tomando en cuenta los mismos precios de instalaciones utilizados en el proyecto, se podrá analizar el costo promedio de la implementación de este sistema.

En este aspecto es importante tener en cuenta que el presente caso de estudio se desarrolló en un Proyecto ya construido debido a la necesidad de analizar de manera comparativa el ahorro de agua potable entre un proyecto sin el sistema de reutilización de agua gris y un proyecto con la reutilización de la misma, mediante lo cual se podrá analizar a posterior la factibilidad en términos económicos de la implementación del sistema y adicionalmente poder observar que rentabilidad se obtendrá mediante la presente implementación en comparación con los costos en ahorro de agua potable.

De esta manera a continuación se presenta el presupuesto del sistema de reutilización de aguas grises con los precios utilizados en el proyecto original (Tabla 75) (sin reutilización).

Tabla 75 Presupuesto Referencial de Instalaciones Hidrosanitarias y Desagüe para la implementación del sistema de reutilización de aguas grises

REQUERIMIENTO / DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL
PRESUPUESTO DE INSTALACIONES SANITARIAS Y DE AGUA POTABLE	GLB	1,00		
Puntos PVC desagüe gris	U	167	23,00	3841,000
Tubería de 110 P.V.C.	ml	18,25	15,14	276,305
Tubería de 75 P.V.C.	ml	418	14,32	5985,600
Tubería de 50 P.V.C.	ml	71	10,06	714,260
Puntos de 20 TERMOFUSION	U	110	25,66	2822,600
Tubería de 20 TERMOFUSION	ml	564	6,81	3840,840
Tubería de 25 TERMOFUSION	ml	99,41	8,04	799,260
Tubería de 1 1/4 " H.G.	ml	66,23	15,86	1050,410
Instalación para medidores 25 mm	U	13	31,23	405,990
TOTAL Sin IVA				\$ 19736,420

Fuente: Autor

Teniendo en consideración los costos de implementación de instalaciones sanitarias para el sistema de reutilización, es importante también analizar comparativamente el costo inicial del proyecto en función de los costos adicionales correspondientes al sistema

de reutilización, para así estimar el porcentaje de instalaciones intervenidas que permitirán el ahorro de agua potable a futuro, y mediante lo cual existirán ahorros en términos económicos por la reducción del consumo de agua potable.

Por lo tanto, a continuación se detallan los costos de las instalaciones originales de todo el edificio para un sistema normal sin reutilización, y mediante el cual se podrá determinar el porcentaje en términos económicos de instalaciones intervenidas en el edificio para la implementación del sistema de reutilización de aguas grises (Tabla 76).

Tabla 76 Presupuesto Referencial de Instalaciones Hidrosanitarias para el Edificio Original sin Reutilización de aguas grises

REQUERIMIENTO / DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD.	PRECIO UNITARIO	TOTAL
PRESUPUESTO DE INSTALACIONES SANITARIAS Y DE AGUA POTABLE	GLB	1,00		
Puntos P.V.C	U	706	23,00	16238,00
Tubería de 200 P.V.C.	ml	26	32,75	851,50
Tubería de 160 P.V.C.	ml	48	30,23	1451,04
Tubería de 110 P.V.C.	ml	1219	15,14	18455,66
Tubería de 75 P.V.C.	ml	68	14,32	973,76
Tubería de 50 P.V.C.	ml	339	10,06	3410,34
Tubería de 90 P.V.C.P.	ml	102	48,15	4911,30
Puntos de 20 TERMOFUSION	U	767	25,66	19681,22
Puntos de 25 TERMOFUSION	U	2	31,70	63,40
Puntos de 32 TERMOFUSION	U		52,80	0
Tubería de 20 TERMOFUSION	ml	2649	6,81	18039,69
Tubería de 25 TERMOFUSION	ml	1107	8,04	8900,28
Tubería de 32 TERMOFUSION	ml	109	21,02	2291,18
Tubería de 50 TERMOFUSION	ml	57	28,90	1647,30
Tubería de 63 mm TERMOFUSION	ml	44	31,80	1399,20
Tubería de 75 mm TERMOFUSION	ml		57,89	0
tubería de 2 1/2" HG	ML	57	39,80	2268,60
tubería de 2" HG			43,80	0
Tubería de 1 1/2 " H.G.	ml		21,26	0
Instalación para medidores 20 mm	U	4	29,34	117,36
Instalación para medidores 25 mm	U	96	31,23	2998,08
TOTAL Sin IVA				\$ 103697,91

Fuente: Autor

Como se puede observar en la anterior tabla, para la implementación de todas las instalaciones sanitarias originales del Edificio se necesitó un elevado presupuesto, el cual deberá ser analizado en conjunto con nuevo sistema a proponer para de esta manera

determinar el porcentaje intervenido de instalaciones en el presupuesto original, lo cual se detalla a continuación (Tabla 77).

Tabla 77 Detalle comparativo de Presupuestos de Instalaciones Sanitarios Existentes y a ser Implementados con el sistema de reutilización

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PRESUPUESTOS EXISTENTES Y A SER IMPLEMENTADOS		
Detalle	Valor	Porcentaje
PRESUPUESTO DE INSTALACIONES SANITARIAS Y DE AGUA POTABLE EXISTENTES (Sistema sin reutilización de aguas grises)	\$ 103 697,91	100%
PRESUPUESTO DE INSTALACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES	\$ 19 736,42	19,03%

Fuente: Autor

Como se puede observar en la Tabla 77, tomando como referencia el presupuesto original con el que se construyó el proyecto, el sistema de reutilización de aguas grises representa un 19,03% del total de las instalaciones del edificio, el cual deberá ser analizado posteriormente en términos de rentabilidad con relación al beneficio económico obtenido a través de la reducción de consumos de agua potable mediante la reutilización de aguas grises, y consecuentemente la reducción de costos en planillas de agua potable.

▪ **Presupuesto de la estructuras de tratamiento y sistema de bombeo**

Para la complementación del sistema de reutilización de aguas grises es importante también considerar el costo de la estructura de tratamiento para el agua gris, adicionalmente a esto el sistema de bombeo correspondiente para la redistribución de agua gris regenerada y los accesorios correspondientes al mismo, como es el tanque hidroneumático, tableros de control, etc., que deberán ser considerados en el presupuesto general del proyecto.

En lo referente a la estructura de tratamiento se debe cuantificar los diferentes volúmenes de obra a ser utilizados en la misma, para de esta manera considerar todos los costos de la implementación del sistema de reutilización de aguas grises con un eficiente tratamiento del sistema.

Para ello a continuación se detallan todos los materiales y costos de implementación del sistema de tratamiento, tomando en cuenta las cantidades de obra necesarias acorde al diseño propuesto según las necesidades del edificio (Tabla 78).

Tabla 78 Resumen de cantidades de materiales y precios para la construcción de la estructura de tratamiento de aguas grises

COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DE TRATAMIENTO						
N°	Código	Detalle	Unidad	Cantidad	Precio	Total (\$)
1	506822	Excavación Manual	m ³	24,00	7,66	183,84
2	510792	Hormigón Simple para revestimiento de la estructura de tratamiento (decantación y cisterna reciclaje) f _c =210 Kg/cm ² incluye encofrado	m ³	6,50	137,81	895,77
3	510751	Tubería PVC D=110 mm 0,63 MPa E/C + prueba	M	2,20	6,91	15,20
4	sin código	Aireador	Unidad	1,00	520,00	520,00
5	sin código	Generador ozono 7G/H	Unidad	1,00	1710,25	1710,25
6	sin código	Cloro Líquido para 1 mes	Litros	15,00	2,00	30,00
7	510745	Tapa Tol Galvanizada 2,8 mm MARCO ANG. 25*3 mm 0,3 X0,3 m	Unidad	3,00	45,00	135,00
TOTAL						3490,06

Fuente: Precios de construcción en Ecuador (PROEXCEL, 2018)

Elaborado: Autor

Como se puede observar en la anterior tabla se detallan los elementos necesarios para la implementación de la estructura de tratamiento, para lo cual se ha considerado precios de manos de obra y costo de materiales según una base de datos de un software ecuatoriano (PROEXCEL, 2018), el cual se encuentra actualizado a precios del año 2018.

Por otra parte, para el sistema de bombeo, como se mencionó anteriormente, se deberá cumplir con las condiciones mínimas de bombeo, sin embargo en términos constructivos las características de la bomba y el respectivo tanque hidroneumático dependerán de la casa comercial que provea la misma.

Para ello, según las cotizaciones realizadas a una de las casas comercializadoras de este tipo de sistema en la ciudad de Quito (ACERO COMERCIAL, 2018), a continuación se detallan las especificaciones de la bomba y tanque hidroneumático a implementarse que la casa comercial posee y más se acopla al diseño hidráulico realizado para el presente sistema (Tabla 79).

Tabla 79 Detalles, Especificaciones y precios de la Bomba a implementarse con el respectivo tanque hidroneumático y elementos de succión

COMPONENTES DEL SISTEMA DE BOMBEO					
N°	Código	Detalle	Unidad	Cantidad	Precio
1	110190164	BOMBA CR 5-13 5.5HP/220/277D/380/480Y/3/60 (96518036)BRIDA. Incl accesorios	Glb	1	2070,51
2	110190493	TANQUE DE PRESION METALICO PRECARGADO DE 200 L. Incl Accesorios	Glb	1	1028,57
3	502919	Tubería succión HG 1 1/4" incluye instalación	m	3,2	7,50
TOTAL					

Fuente: (ACERO COMERCIAL, 2018)

Elaborado: Autor

Tomando en cuenta todo esto, el sistema de tratamiento como el sistema de bombeo, a continuación en la Tabla 80, se detalla de manera general el presupuesto referencial necesario para la implementación del sistema de tratamiento de aguas grises con su respectivo bombeo.

Tabla 80 Presupuesto referencial del sistema de tratamiento y bombeo respectivo

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA ESTRUCTURA DE TRATAMIENTO Y BOMBEO					
N°	Código	Detalle	Unidad	Cantidad	Precio
1	506822	Excavación Manual	m ³	24,00	7,66
2	510792	Hormigón Simple para revestimiento del tanque tratamiento (decantación y cisterna reciclaje) f _c =210 Kg/cm ² incluye encofrado	m ³	6,50	137,81
3	510751	Tubería PVC D=110 mm 0,63 MPa E/C + prueba	M	2,20	6,91
4	sin código	Aireador	Unidad	1,00	520,00
5	sin código	Generador ozono 7G/H	Unidad	1,00	1 710,25
6	sin código	Cloro Líquido para 1 mes	Litros	15,00	2,00
7	510745	Tapa Tol Galvanizada 2,8 mm MARCO ANG. 25*3 mm 0,3X0,3 m	Unidad	3,00	45,00
8	110190164	BOMBA CR 5-13 5.5HP/220/277D/380/480Y/3/60 (96518036)BRIDA. Incl accesorios	Glb	1	2 070,51
9	110190493	TANQUE DE PRESION METALICO PRECARGADO DE 200 L. Incl Accesorios	Glb	1	1 028,57
10	502919	Tubería succión HG 1 1/4" incluye instalación	m	3,2	7,50
TOTAL					

Fuente: Autor

▪ **Presupuesto total del sistema a implementarse**

Considerando todos estos costos de materiales y de implementación del nuevo sistema de reutilización, es importante definir el costo general del proyecto para la implementación del nuevo sistema de reutilización, es importante también tener en cuenta que dentro de los precios utilizados ya se toman en cuenta los costos de accesorios en lo referente a instalación de tuberías, y por otra parte los equipos y estructuras necesarias para un eficiente tratamiento y redistribución del agua regenerada, lo cual se detalla a continuación en la Tabla 81.

Tabla 81 Presupuesto General del Proyecto

PRESUPUESTO GENERAL DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES				
REQUERIMIENTO / DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (\$)
PRESUPUESTO DE INSTALACIONES SANITARIAS Y DE AGUA POTABLE CONTRATO	GLB	1,00		
Puntos pvc desagüe gris	Unidad	167	23,00	3841,0000
Tubería de 110 P.V.C.	ml	18,25	15,14	276,3050
Tubería de 75 P.V.C.	ml	418	14,32	5985,7600
Tubería de 50 P.V.C.	ml	71	10,06	714,2600
Puntos de 20 TERMOFUSION	Unidad	110	25,66	2822,6000
Tubería de 20 TERMOFUSION	ml	564	6,81	3840,8400
Tubería de 25 TERMOFUSION	ml	99,41	8,04	799,2564
Tubería de 1 1/4 " H.G.	ml	66,23	15,86	1050,4078
Instalación para medidores 25 mm	U	13	31,23	405,9900
SUB TOTAL 1				19 736,4192
PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y BOMBEO DE AGUA REGENERADA	GLB	1,00		
Excavación Manual	m ³	24,00	7,66	183,84
Hormigón Simple para revestimiento del tanque tratamiento (decantación y cisterna reciclaje) f'c=210 Kg/cm ² incluye encofrado	m ³	6,50	137,81	895,77
Tubería PVC D=110 mm 0,63 MPa E/C + prueba	M	2,20	6,91	15,20
Aireador	Unidad	1,00	520,00	520,00
Generador ozono 7G/H	Unidad	1,00	1710,25	1710,25
Cloro Líquido para 1 mes	Litros	15,00	2,00	30,00
Tapa Tol Galvanizada 2,8 mm MARCO ANG. 25*3 mm 0,3X0,3 m	Unidad	3,00	45,00	135,00
BOMBA CR 5-13 5.5HP/220/277D/380/480Y/3/60 (96518036)BRIDA. Incl accesorios	Glb	1	2070,51	2070,51
TANQUE DE PRESION METALICO PRECARGADO DE 200 L. Incl Accesorios	Glb	1	1028,57	1028,57
Tubería succión HG 1 1/4" incluye instalación	m	3,2	7,50	24,00
SUB TOTAL 2				6 613,14
TOTAL OBRA CIVIL SIN IVA (Subtotal 1 + Subtotal 2)				26 349,56

Fuente: Autor

5.4.2. Análisis de Rentabilidad del Proyecto

El presente caso de estudio como bien se sabe, se lo realizó en un edificio ya construido para de esta manera poder comparar el ahorro en términos de consumo de agua potable tanto entre un Edificio con un Sistema normal (con una evacuación total al alcantarillado) y por otro lado un Edificio con un sistema de reutilización de aguas grises, para de esta manera poder determinar qué tan beneficioso es el sistema a largo plazo.

Para ello se realizará el presente análisis de rentabilidad del proyecto, en el cual se compara los beneficios obtenidos a través del sistema de reutilización con el costo de construcción necesaria para la implementación del sistema de reutilización.

En el presente caso de estudio, el presupuesto general es elevado debido a que se considera todos los costos de instalaciones hidrosanitarias que debieron ser implementados nuevamente para un proyecto ya construido, razón por la cual se encarece el sistema, sin embargo si se analizará en un proyecto nuevo, todos estos costos serán parte de un sistema hidrosanitario global, que como se observó en la Tabla 77 representa el 19,03% de las instalaciones, lo cual no encarecería el sistema, sino más bien sería parte de un presupuesto general que se beneficiará a futuro en términos económicos.

Por esta razón, para tener un análisis de rentabilidad más coherente del sistema de reutilización, solo se considerara en el análisis los costos referentes a la estructura de tratamiento y bombeo respectivo, ya que las mismas son las únicas estructuras adicionales a implementarse en un Edificio nuevo, en cambio el costo de instalaciones hidrosanitarias son costos necesarios del edificio. Por otra parte gracias a esto se podrá utilizar el presente proyecto como comparativo para futuros proyectos que deseen implementar un sistema de reutilización.

De esta manera, se analizará que tan rentable es el proyecto mediante la implementación del sistema de reutilización, considerando solo costos de las estructuras de tratamiento y bombeo vs los ahorros económicos por la reducción en los consumos de agua potable.

Todo esto se lo realizará en un tiempo a futuro para de esta manera poder estimar en cuanto tiempo se devengará la inversión realizada en el sistema de reutilización gracias a los beneficios obtenidos por el mismo, que en este caso es el ahorro de agua potable. Sin embargo adicionalmente es importante también considerar los costes de energía eléctrica

necesarios para el funcionamiento de la bomba, que al tratarse de una bomba de características pequeñas no serán tan elevados, todo esto se resume a continuación en la siguiente tabla para después poder realizar el análisis de rentabilidad respectivo.

- **Costo del m³ de agua Potable en la Ciudad de Quito**

Para el análisis de rentabilidad del proyecto, se analizará los beneficios obtenidos mediante la implementación del sistema de reutilización, por lo que es necesario saber en términos económicos cuanto se ahorra de agua potable al mes.

Para ello se sabe que en la ciudad de Quito durante los últimos años se ha tenido un precio del agua muy similar, que para el sector en estudio y para un tipo de servicio comercial ya que se tienen locales comerciales el m³ de agua tiene un costo de \$0,72 (Telegrafo, 2015).

- **Costos de Operación de la Bomba**

Para el presente proyecto en el sistema de reutilización existe un factor adicional que encarece el sistema y es esencial para el funcionamiento del sistema, los cuales son los costos eléctricos para el trabajo que realiza la bomba, sin embargo estos no son muy altos debido a que la bomba no es de alto consumo de energía, pero si se debe tomar en cuenta en el análisis ya que este coste adicional atrasaría el tiempo en que el proyecto empezaría a ser rentable.

De cualquier manera, es importante tener en cuenta el tiempo de funcionamiento de la bomba para así estimar los costes energéticos que provocaría la misma. La bomba a implementarse al estar instalada con un tanque hidroneumático permitirá que esta no esté en un constante funcionamiento, lo que encarecería los costes de energía y reduciría la vida útil de la misma, por esta razón y gracias a la implementación de dicho tanque se reducirá las horas de trabajo para la bomba, estimando así un promedio de 4 horas diarias de operación.

Teniendo esto en consideración y sabiendo que 1 Hp equivale a 0,735 Kw/hora, a continuación se realiza un estimativo de los consumos energéticos al mes para la bomba del presente proyecto considerando que para Ecuador los costos energéticos representados en Kw/hora tienen un costo de \$0,091 (El Comercio, 2017).

- Potencia de la Bomba: 5,5 Hp
- Equivalencia 1Hp = 0,735 Kw/hora

- Horas de funcionamiento: 4 horas

Consumo energético diario = $5,5 * 0,735 \text{ Kw/hora} * 4 = 16,17 \text{ Kw}$

Consumo energético anual = $(16,17 \text{ Kw} * 30) * 12 = 5821,20 \text{ Kw}$

Costo energético anual (\$) = $5821,20 \text{ Kw} * ,091 = \$529,73$

Costo energético anual = \$ 529,73

▪ **Rentabilidad del sistema de reutilización a futuro**

Como ya se mencionó anteriormente la rentabilidad del proyecto se lo analizará mediante el ahorro económico en términos de consumo de agua potable al mes comparándolo con los costos de implementación del proyecto, para lo cual según la Tabla 63 anualmente existe un ahorro de $1602,35 \text{ m}^3$ de agua, y por otra parte los costos energéticos producidos por la bomba, lo cual se lo deberá analizar a futuro para ver en qué tiempo la inversión es devengada.

De manera general a continuación se detalla el análisis para determinar en cuantos años se devengará el proyecto y de esta manera que el mismo empiece a ser rentable, para lo cual se utilizará un período de 15 años de análisis.

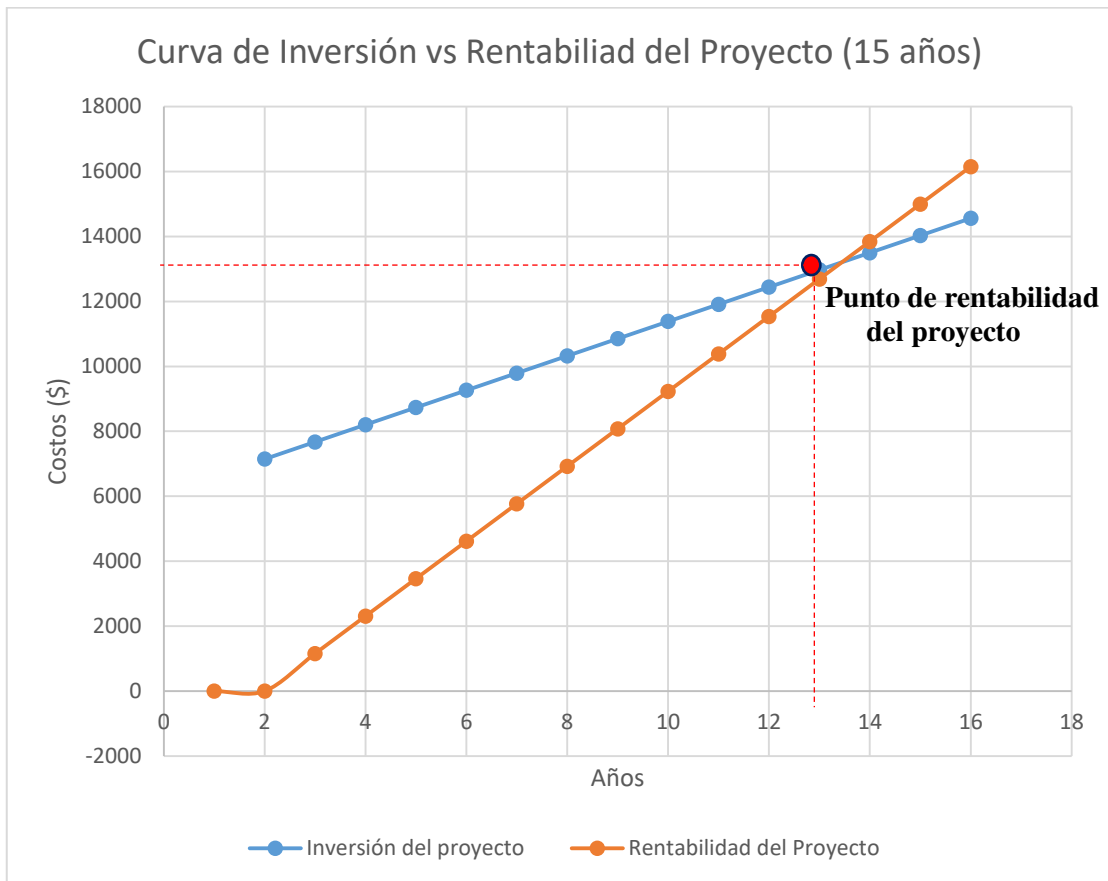
Tabla 82 Estimación económica de Rentabilidad del Proyecto

ANÁLISIS DE INVERSIÓN VS RENTABILIDAD DEL PROYECTO					
Inversión sistema (\$)	Coste Energético Anual (S)	Costo total de Inversión anual (\$)	Ahorro anual		
			Año	m³ de agua	Precio = \$0,72
6613,14	529,73	7142,87	0	0	0
6613,14	529,73	7672,60	1	1602,35	1153,69
6613,14	529,73	8202,33	2	3204,70	2307,38
6613,14	529,73	8732,06	3	4807,05	3461,08
6613,14	529,73	9261,79	4	6409,40	4614,77
6613,14	529,73	9791,52	5	8011,75	5768,46
6613,14	529,73	10321,25	6	9614,10	6922,15
6613,14	529,73	10850,98	7	11216,45	8075,84
6613,14	529,73	11380,71	8	12818,80	9229,54
6613,14	529,73	11910,44	9	14421,15	10383,23
6613,14	529,73	12440,17	10	16023,50	11536,92
6613,14	529,73	12969,90	11	17625,85	12690,61
6613,14	529,73	13499,63	12	19228,20	13844,30
6613,14	529,73	14029,36	13	20830,55	14998,00
6613,14	529,73	14559,09	14	22432,90	16151,69
6613,14	529,73	15088,82	15	24035,25	17305,38
Análisis a los 15 años (\$)					2216,56

Fuente: Autor

Como se puede observar en la tabla, entre los años 11 y 12 el sistema ya empieza a ser rentable, y al final de los 15 años, ya existe una rentabilidad de \$2216,56, lo cual a futuro seguirá obteniendo mucha mayor rentabilidad, a continuación se presenta un gráfico que interpreta de una manera más clara este devengamiento de la inversión en base a los resultados obtenidos (Fig. 69).

Fig. 69 Curva de Inversión vs Rentabilidad del Sistema de Reutilización



Fuente: Autor

Como se puede observar en el gráfico, casi a los 12 años el proyecto empieza a ser rentable para un valor de aproximadamente \$13500 y posteriormente seguirá creciendo la rentabilidad del proyecto a lo largo del tiempo, lo que indica que la inversión realizada para este tipo de sistemas de reutilización a más de obtener beneficios de Eficiencia hídrica en el Edificio también obtiene beneficios económicos a través de los años.

Es importante también tener en cuenta que el presente proyecto hubiera sido más rentable pero por costos energéticos de la bomba el proyecto se demoró más tiempo en devengarse, sin embargo a pesar de todo esto el proyecto seguirá siendo rentable y eficiente a futuro, tal y como se pudo analizar anteriormente.

5.5. Especificaciones Técnicas y Certificaciones

Como se pudo analizar anteriormente, el nuevo sistema de reutilización a implementarse ofrece varios beneficios de manera general, tanto en términos de Eficiencia Hídrica a través de la reducción en consumos de agua potable, en términos de sostenibilidad a futuro y adicionalmente en términos de rentabilidad del proyecto.

Sin embargo es importante considerar que estos tipos de proyectos deben llevar conjuntamente un buen manejo del tipo de sistema hidrosanitario implementado en el edificio, para lo cual es necesario establecer dentro del proyecto diferentes planes de rotulación para un buen manejo del sistema, y de esta manera garantizar un buen funcionamiento a futuro del sistema de reutilización.

Considerando todo esto se ve la necesidad del establecimiento de normas y especificaciones técnicas del tipo de sistema implementado que en este caso son aguas grises para reutilización, mediante las cuáles se puedan regir parámetros para garantizar el eficiente trabajo del sistema implementado a futuro.

Como bien se sabe el presente proyecto está destinado a un sistema de reutilización de aguas grises (jabonosas), correspondientes a lavamanos y duchas, que prácticamente no contienen un alto contenido contaminante, y por otra parte que su utilización será en inodoros y urinarios del proyecto, aparatos sanitarios que no requieren un tratamiento muy estricto, sin embargo debe ser tratado adecuadamente, lo cual se lo realizó utilizando métodos físicos y químicos que garanticen una buena calidad del agua para reutilización. Para todo esto es importante tomar en cuenta los tipos de servicios a donde se va a brindar y de esta manera también proveer seguridad a los usuarios del sistema.

Dentro del presente proyecto, se consideró ciertos aplicativos con normas portuguesas que según lo analizado pueden ser aplicados a los sistemas actuales en Ecuador, lo cual está establecido por la Asociación ANQIP (ANQIP, 2017), y por otra parte se considerará adicionalmente normas Ecuatorianas en las cuáles deben estar regidas también todos los tipos de instalaciones sanitarias en el país para manejo de uso de aguas grises y su reutilización.

▪ Especificaciones Técnicas de Eficiencia Hídrica

Para el presente caso de estudio, teniendo que el sistema a implementarse es un sistema de reutilización de aguas grises, se deben considerar ciertos parámetros mínimos de calidad que como ya se mencionó no serán tan exigentes por el tipo de sistema implementado, sin embargo deben ser aplicados por la seguridad de los usuarios a beneficiarse del sistema.

Para ello la empresa portuguesa ANQIP, ha desarrollado parámetros y especificaciones para varios tipos de sistema, y dentro de estos el sistema de reutilización de aguas grises, el cuál según la Comisión Técnica 0905, “Reutilização e reciclagem de águas cinzentas”, ha propuesto 2 especificaciones técnicas para ser aplicables a estos sistemas (ANQIP, 2017).

- ETA 0905 - Sistemas prediais de reutilização de águas cinzentas (Versão 1)
- ETA 0906 - Certificação de sistemas prediais de reutilização e reciclagem de águas cinzentas (Versão 1)

Para un mayor detalle de estas especificaciones, en los anexos correspondientes se podrá observar los mismos, los cuáles como se mencionó están enfocados solo a la reutilización de aguas grises y pueden ser tomados en cuenta para casos aplicables a Ecuador.

Fig. 70 Especificaciones Técnicas para sistemas de reutilización de aguas grises



Fuente: (ANQIP, 2017)

Por otra parte, considerando las normas ecuatorianas, el presente estudio como bien se sabe está destinado a un uso residencial con un sistema de reutilización de aguas grises, con el respectivo tratamiento tanto físico y químico, para lo cual en Ecuador existe el “Código Ecuatoriano de la Construcción de parte IX Obras Sanitarias - CO 10.07 – 601” (SENAGUA, 2017), donde existen parámetros generales de calidad para aguas residuales provenientes del consumo potable, y que pueden considerarse también como especificaciones técnicas de regularización para estos sistemas .

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Mediante el análisis realizado para la determinación del sistema más viable de reutilización, ya sea agua de lluvia o agua gris, se pudo constatar que el presente proyecto no posee las suficientes áreas de cobertura para captación de aguas lluvias, y por otra parte las precipitaciones de la zona no son tan elevadas para los fines necesarios, razón por la cual no se abastecía suficientemente al edificio según las necesidades de consumo del mismo, por lo que se utilizó el sistema de reutilización de agua gris mediante el cual si se podía abastecer en gran forma al edificio de agua regenerada.
- Gracias a la implementación del Sistema de reutilización de aguas grises, existió una considerable reducción en los consumos de agua potable del Edificio, el cual se analizó tanto de manera diaria como anual, para lo que se obtuvo una reducción de 4,39 m³ diarios lo que representa un total de 1602,35m³ al año, tomando en cuenta una población promedio de 157 usuarios.
- En términos de Eficiencia Hídrica del Proyecto, se pudo alcanzar una Eficiencia tipo B (95,96 litros/persona/día), considerando que la Eficiencia inicial del Proyecto era tipo E (189,32 litros/persona/día) sin reutilización como se detalló en la Tabla 73, adoptando la norma de evaluación Portuguesa proporcionada por la asociación ANQIP, que es adaptable a nuestro caso de estudio ubicado en la Ciudad de Quito - Ecuador, y para la cual se comprobó la reducción en los consumos de agua a través de la calculadora de eficiencia propuesta por la empresa.
- El sistema de tratamiento de aguas grises propuesto en el presente caso de estudio, mediante la estructura de tratamiento tanto física y química ofrece un tratamiento más exigente del agua gracias a la intervención de elementos como el sulfato de aluminio, aireadores que permitan la correcta floculación del agua y procesos de sedimentación que eliminen los residuos sólidos de las aguas grises, mediante lo cual se obtiene una agua regenerada con buenos parámetros de calidad para poder ser reutilizada.

- En términos económicos el presente proyecto es rentable pese al costo de inversión del mismo, en el cuál la parte más costosa de la implementación de todo el proyecto corresponde al sistema de tratamiento de aguas grises y su correspondiente bombeo, donde analizando los costos de inversión vs los beneficios obtenidos se puede decir que el proyecto empezará a generar ganancias a los 11 años de implementación del mismo.
- En la rentabilidad del proyecto a los 11 años es importante aclarar que el proyecto se demora en ser rentable debido a los costos adicionales de inversión generados por el consumo de electricidad del equipo de bombeo para la redistribución de agua regenerada en todo el edificio, sin embargo para futuros proyectos, este coste podría reducirse al acoplarse el trabajo de la bomba de agua gris con la bomba de agua potable y de esta manera solo utilizar una bomba para ambos servicios, generando así una rentabilidad más breve en el Edificio Residencial.
- Se pudo comprobar que a través del análisis de eficiencia hídrica y rentabilidad, el proyecto será sustentable a futuro, y de igual manera podrá ser replicado a nuevos proyectos residenciales de incluso mayores proporciones, donde se tendrá mayores beneficios en términos de ahorro de agua potable.
- El presente estudio al ser en un proyecto ya construido es menos viable en términos económicos que en un edificio nuevo a construirse debido a los costos de implementación de las instalaciones hidrosanitarias del sistema de reutilización, que en el presente estudio se tuvo que acoplar e instalar de nuevo para su correcto funcionamiento, en cambio para nuevos proyectos ya se consideraría estas instalaciones en conjunto con el sistema hidrosanitario general.
- Finalmente para cualquier Edificio con un sistema de reutilización de aguas grises, es importante siempre tener un buen uso del sistema y por otra parte un mantenimiento adecuado del mismo, debido a que este tipo de sistemas manejan ciertas clases de residuos que deben ser limpiados correctamente para evitar obstrucciones en el paso del agua o un ineficiente tratamiento del agua.

6.2. Recomendaciones

- Para un uso completo del sistema de reutilización se podría implementar tanto un sistema de reutilización de agua lluvia y agua gris destinando cada uno de los usos para diferentes servicios, tales como reutilización en aparato sanitarios, regadío, limpieza, lavado de vehículos, entre otros que no requerían agua que pueda ser consumida por las personas, por efectos de seguridad de las personas.
- Un funcionamiento óptimo en términos de Eficiencia Hídrica de edificios se lograría a través de un sistema completo de reutilización, tanto aguas lluvias y aguas grises, acompañado por una implementación de aparatos sanitarios con un eficiente consumo de agua potable, logrando así consumos bajos en proyectos residenciales pero con la misma o incluso mejor calidad del servicio en el sistema.
- Para futuros proyectos donde sea requerido una mayor cantidad de agua gris debido a la necesidad de la misma según la población, existe la viabilidad del uso de agua proveniente de lavadoras que prácticamente tienen buenos parámetros de calidad y puede ser aprovechada de una mejor manera, sin embargo en el presente proyecto no se utilizó debido a que se poseía la cantidad de agua gris suficiente para suplir las necesidades de reutilización del edificio.
- El sistema de reutilización implementado podrá ser más rentable si se aplicara a proyectos nuevos donde se considere las instalaciones hidrosanitarias y reutilización desde un inicio, donde no se tengan que hacer variantes en las instalaciones, razón por la cual será menor la inversión y habrá mayor rentabilidad en el proyecto.
- Para el caso de nuevos proyectos donde las áreas de cobertura y las precipitaciones de la zona si suplieren las necesidades de agua de reutilización de los usuarios del edificio, es recomendable utilizar una reutilización de aguas lluvias debido a que las mismas son aguas de buena calidad y necesitan un tratamiento más simple para su reutilización, economizando así el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. ACERO COMERCIAL. (Mayo de 2018). *ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A.* Obtenido de <http://acerocomercial.com/>
- [2]. AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. (junio de 2012). PROGRAMA NACIONAL PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA. *pnuea*, 25 - 26.
- [3]. Albarrán, M., Banda, F., Colla, E., Concha, H., Ferreira, M., Figueroa, A., & Orellana, J. (1997). *Reducción de Pérdidas en Sistemas de Agua Potable*. Santiago.
- [4]. Allen, L. (2015). *Manual de diseño para manejo de aguas grises para riego exterior* (Vol. 2). Greywater Action.
- [5]. ANAVAM. (2015). ANAVAM. Recuperado el 02 de diciembre de 2017, de <http://anavam.com/la-gestion-del-agua-y-eficiencia-hidrica/>
- [6]. Anónimo. (2005). *Módulos para Capacitación del Personal de Servicios de Abastecimiento de Agua en Países en Desarrollo* (Vol. 3.7).
- [7]. ANQIP. (2017). MANUAL DE EFICIÊNCIA HÍDRICA EM EDIFÍCIOS. En A. Afonso, & C. Rodrigues, *MANUAL DE EFICIÊNCIA HÍDRICA EM EDIFÍCIOS* (págs. 52-90). Aveiro: ANQUIP.
- [8]. Asensio Avellanas, A. (2015). *LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DE ESCAPES DE AGUA EN TUBERÍAS SIN OBRAS*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- [9]. Ávalos Castillo, Y., & Rovira Pinto, A. (16 de Octubre de 2012). *SCIELO*. Recuperado el 16 de diciembre de 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222013000400011
- [10]. BAG. (2018). Manual de diseño para tratamiento de aguas jabonosas. *BAG enviromental engineering*.
- [11]. Baquero, M. (Agosto de 2013). *Ahorro de agua y reutilización en la edificación en la ciudad de Cuenca, Ecuador*. Obtenido de Universidad de Cuenca:

<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/estoa/article/download/313/266>

- [12]. Barcelona Treball. (Noviembre de 2012). Aprovechamiento de aguas pluviales para el consumo doméstico. *Barcelonactiva*, 1 - 3.
- [13]. Bermejo Arnaldos, D. (2012). *Reutilización de aguas residuales domésticas. Estudio y comparativa de tipologías edificatorias: depuradoras naturales como alternativa sostenible*. Universidad de Alicante.
- [14]. Bilbao Bizkaia, U. P. (2015). *Consortio de Aguas Bilbao Bizkaia*. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, de http://www.consorciodeauas.com/ahorro_agua/index_cast.html#/deep-linking
- [15]. Bourguett, V., Casados, J., Mireles, V., González, E. H., & Cervantes, T. (2003). *Manual para el uso eficiente y racional del agua ¡utiliza sólo la necesaria!*. (1a ed. ed.). México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- [16]. CANO MARIN, C. (2015). EVALUACIÓN DE UN TRATAMIENTO DE FLOCULACIÓN-FLOTACIÓN PARA EL AGUA RESIDUAL. *Universidad de Bogota*, 57.
- [17]. Chiesa, V. M., & Rivas, E. (23 de marzo de 2007). ALA. Recuperado el 16 de diciembre de 2017, de <https://www.alainet.org/es/active/16499>
- [18]. Chow, V., Maidment, & D.R & Mays. (1988). Applied Hydrology. En McGraw-Hill, *Applied Hydrology* (pág. 498). Nueva York.
- [19]. CONSUMER REPORTS. (08 de junio de 2015). *EL DIARIO*. Recuperado el 26 de enero de 2018, de <https://eldiariony.com/2015/06/08/tips-practicos-reducir-consumo-agua/>
- [20]. DIEA, D. d. (2012). Información Ambiental en Hogares. *INEC*, 6 - 12.
- [21]. ECOLOGÍA HOY. (15 de julio de 2016). *ECOLOGÍA HOY*. Recuperado el 01 de diciembre de 2017, de <https://ecologiaohoy.net/medio-ambiente/ideas-para-cuidar-el-agua/>
- [22]. EDESA. (2018). *EDESA*. Obtenido de <http://www.edesa.com.ec/>

- [23]. El Comercio. (Octubre de 2017). *El Comercio*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/tarifa-energia-industrias-ahorro-consejo.html>
- [24]. Espinoza Sarria, M. (2015). Manual para el consumo responsable de agua potable. *La Cuarta*, 2.
- [25]. EVO AQUA. (2017). *EVO AQUA*. Recuperado el 03 de enero de 2018, de <http://evo-aqua.es/>
- [26]. Farley, M. (2001). *Leakage Management and Control*. . Switzerland: WHO.
- [27]. Fernández Muerza, A. (14 de febrero de 2006). *CONSUMER*. Recuperado el 01 de diciembre de 2017, de http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/02/14/149371.php
- [28]. Figueroa, N., & Guaraglia, M. (2014). *MECANISMOS DE AHORRO DE AGUA POTABLE EN EDIFICIOS*. Montevideo: Universidad de la República.
- [29]. Fortuño, M. (31 de marzo de 2017). *WORLD ECONOMIC FORUM*. Recuperado el 3 de enero de 2018, de <https://www.weforum.org/es/agenda/2017/03/la-economia-del-agua-cada-vez-sera-mas-importante>
- [30]. Gomes, R. (2011). *Modelação Matemática como Ferramenta de Gestão e Exploração de Sistemas de Distribuição de Água*. Coimbra: Estudo Geral.
- [31]. Gonzaba, F. (2015). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA USO DOMESTICO EN LA ISLA DE JAMBELÍ, CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- [32]. Grey Water Net. (2015). *Grey Water Net*. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, de <http://www.greywaternet.com/>
- [33]. Huguet, J., Oró, J., Tormo, V., Pastor, M., & González, S. (2016). *Guía Técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios*. AQUA ESPAÑA.

- [34]. INAMHI. (1963-2017). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de Anuarios y Documentos: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- [35]. Kingdom, B., Liemberger, R., & Marin, P. (2006). *The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries*. Washington, Estados Unidos: World Bank.
- [36]. Lahlou, M. (2007). *Detección de Fugas y Control de Pérdida de Agua*. THE NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER.
- [37]. Lambert, A., & Hirner, W. (2000). *Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures*. . International Water Association.
- [38]. Lluís Huguet, J. (2007). *El agua en la Bioconstrucción, pluviales y grises*. Barcelona: Asociación de Estudios Geobiológicos GEA.
- [39]. Mayor, F., & Obast, G. (2015). ¿Hay suficiente agua en el mundo? *Organización Meteorológica Mundial*, 7 - 21 .
- [40]. NACIONES UNIDAS. (2015). *NACIONES UNIDAS*. Recuperado el 5 de diciembre de 2017, de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>
- [41]. NEC, 2. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011*. Obtenido de Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011: <https://inmobiliariadja.com/nec-2011/>
- [42]. NIÑO ESTUPIÑAN, L., & CASTRO OSPITIA, F. (2016). PROPUESTA METODOLOGICA PARA EL CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS LLUVIA UTILIZADOS EN LOS COLEGIOS DE LA SECRETARIA DE EDUCACION DISTRITAL DE BOGOTA (SED), CASO ESPECÍFICO - COLEGIO GENERAL GUSTAVO ROJAS PINILLA. 37-40.
- [43]. Oró, J., Tormo, V., Pastor, M., Gonzáles, S., Hernández, C., & Huguet, J. (2016). *Guía Técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios*. AQUA ESPAÑA.

- [44]. Ortega Barradas, H. (2015). *Manual de Detección de Pérdidas de Agua*. Veracruz, México: UNIVERSIDAD VERACRUZANA.
- [45]. Pilcher, R. (2003). *Leak detection practices and techniques: a practical approach*. . Water 21 - Magazine of the International Water Association.
- [46]. Pinto&Braz. (2013). *Plano Estratégico de Redução de Perdas (Deteção e Controlo de Fugas)*. Leiria, Portugal: SIGA.
- [47]. PROEXCEL. (2018). PROEXCEL. En P. Urdiales, *Base de datos para elaboracion de Precios Unitarios (Software)*. Quito.
- [48]. Rodríguez Soza , L. (2007). GUÍA PARA LAS INSTALACIONES SANITARIAS EN EDIFICIOS. En L. Rodríguez Soza . Guatemala.
- [49]. SENAGUA. (Mayo de 2017). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Obtenido de https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf
- [50]. Serrano Yuste, P. (28 de marzo de 2014). *CERTIFICADOS ENERGETICOS*. Recuperado el 15 de diciembre de 2017, de <http://www.certificadosenergeticos.com/ahorro-eficiencia-uso-agua-edificios-entorno-lead>
- [51]. Sorgato, V. (14 de noviembre de 2015). *EL COMERCIO*. Recuperado el 17 de diciembre de 2017, de <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/noviembre-14-del-2015/ecuador-consume-mas-agua-en-la-region>
- [52]. Surendran, S., & Wheatley, A. (1998). *Grey-Water Reclamation for Non-Potable Re-Use* (Vol. 12). 406-413.
- [53]. Telegrafo. (2015). *El Telegrafo*. Obtenido de <https://www.letelegrafo.com.ec/noticias/informacion/1/hasta-048-cuesta-el-m3-de-agua-en-el-pais>
- [54]. UNEP. (2014). Eficiencia en el uso del agua y la energía. *UNEP*, 2 - 5.

- [55]. UNESCO. (2017). *UNESCO*. Recuperado el 16 de enero de 2018, de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact1-demographics-consumption/>
- [56]. World Meteorological Organization -Geneva, CH, WMO. (1992). Conferencia internacional sobre el agua y el medio ambiente. *World Meteorological Organization*, (págs. 5-34). Dublin, Irlanda.
- [57]. Ziegler, D., Sorg, F., Fallis, P., Hübschen, K., Happich, L., Baader, J., . . . Knobloch, A. (2009). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*. Alemania.
- [58]. ZUMOS ECOLÓGICOS. (20 de marzo de 2017). *ZUMOS ECOLÓGICOS*. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, de <https://www.zumosecologicos.com/blog/beneficiate-del-agua-lluvia/>