



Disertación

Mestría en Ingeniería Civil – Construcciones Civiles

***Eficiencia Hídrica en Edificios no Residenciales de
Tipo Colectivos (Hoteles)***

Darío Javier Bermudez Andrade

Leiria, *Julio* de 2018

Disertación

Mestría en Ingeniería Civil – Construcciones Civiles

Eficiencia Hídrica en Edificios no Residenciales de Tipo Colectivos (Hoteles)



Parte de este trabajo fue presentado en conferencia: Bermudez, Dario; Gomes, Ricardo (2018). “Eficiencia Hídrica en Edificios no Residenciales de Tipo Colectivos (Hoteles)” en CIB W062, 44Th INTERNATIONAL SYMPOSIUM, Ponta Delgada Azores (Portugal), 28 – 30 Agosto de 2018, Edición en CD-ROM.

Darío Javier Bermudez Andrade

Tesis 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 y la coordinación del Doctor Armando B. Silva Afonso, profesor titular en la Universidad de Aveiro (jubilado) y del Profesor Jaime Gutiérrez de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Central del Ecuador.

Leiria, *Julio* de 2018

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a Dios, que me ha dado la sabiduría para concluir esta etapa de mi vida.

A Taty, mi esposa que me ha brindado su amor y con su sacrificio he podido crecer profesionalmente, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión y cariño.

A mi hijo Matías, por ser mi fuente de inspiración para superarme cada día y forjar un futuro mejor, por sus enseñanzas y por haberme permitido graduar como padre.

A mi querida madre, quien con sus palabras de aliento siempre me ha impulsado para seguir adelante y que cumpla con mis ideales.

A mi familia y amigos, quienes sin esperar algo a cambio, siempre han confiado en mí y me ayudaron a que este sueño se haga realidad.

“Los resultados que consigues serán
directamente proporcionales al esfuerzo que aplicas”

Denis Waitley

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a todos quienes de alguna manera hicieron posible la realización de este trabajo.

En primer lugar quiero agradecer a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de Ecuador (SENESCYT) por haberme hecho partícipe del programa de becas cofinanciadas dentro del “Marco Globo Común”.

A la Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática de la Universidad Central del Ecuador por haber confiado en mí y en mis capacidades.

Al Instituto Politécnico de Leiria por haberme recibido como estudiante y a todos los profesores de Maestría en Ingeniería Civil – Construcciones Civiles por haberme transmitido todos sus conocimientos y me brindaron la oportunidad de cumplir una etapa en mi vida profesional.

Al Doctor Ricardo de Jesus Gomes, por haber aceptado realizar el acompañamiento de mi trabajo de titulación, por el apoyo y por todas las enseñanzas otorgadas.

A la ANQIP por haber colaborado en la ejecución de mi trabajo de graduación y por compartir sus conocimientos.

Al Hotel “Dann Carlton” de la ciudad de Quito, por haberme permitido realizar el caso de estudio en las instalaciones de este prestigioso hotel.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumen

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida, el problema de escasez de agua afecta directamente a toda la población mundial, es un deber de los seres humanos garantizar la disponibilidad a largo plazo del líquido vital. En los edificios se genera un gran impacto sobre el recurso agua, donde se observan principalmente elevados dotaciones de agua para el consumo humano a lo largo del ciclo de vida del edificio, a las fallas cometidas en la fase de diseño, al uso y probables desperfectos de aparatos hidráulicos que además presentan elevados consumos, es decir, que no son hidráulicamente eficientes. El concepto de eficiencia hídrica en edificios nos direcciona a investigar y presentar soluciones o recomendaciones que permitan ahorrar agua en los edificios independientemente del uso que se le proporcione, de tal manera se puede atenuar las consecuencias de escasez que este recurso pueda generar por el acelerado crecimiento poblacional y económico a nivel mundial. La auditoría hídrica de los edificios permite identificar las ineficiencias en los sistemas prediales y así proponer alternativas para el uso eficiente del agua durante la fase de utilización. Con el análisis de las alternativas técnicas y económicas se plantea determinar el costo de inversión inicial que debe realizarse para la implementación de las alternativas planteadas y el tiempo de retorno de mencionada inversión. En el sector hotelero existen varias interrogantes sobre el análisis y determinación de padrones de consumo debido a que no es posible generalizar todos los casos y deben ser analizados de manera independiente.

***Palabras clave:** Análisis costo/beneficio, Eficiencia hídrica en edificios, aparatos hidráulicos.*

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

Water is one of the most important resources for life, the problem of water scarcity directly affects the entire world population, it is a duty of human beings to guarantee the long-term availability of the vital liquid. In the buildings, a great impact is generated on the water resource, where there are mainly high water allocations for human consumption throughout the life cycle of the building, faults committed in the design phase, use and likely damage of hydraulic devices that also have high consumption, that is, they are not hydraulically efficient. The concept of water efficiency in buildings directs us to investigate and present solutions or recommendations that allow water savings in buildings regardless of the use that is provided, in such a way can mitigate the consequences of scarcity that this resource can generate due to the accelerated growth population and economic worldwide. The water audit of the buildings allows to identify the inefficiencies in the predial systems and thus propose alternatives for the efficient use of the water during the phase of use. With the analysis of the technical and economic alternatives, it is proposed to determine the initial investment cost that must be made for the implementation of the proposed alternatives and the return time of said investment. In the hotel sector there are several questions about the analysis and determination of consumption patterns because it is not possible to generalize all cases and must be analyzed independently.

Keywords: *Cost / benefit analysis, Water efficiency in buildings, hydraulic devices.*

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de figuras

Figura 1: Distribución de agua en el planeta tierra.	1
Figura 2: Extracción mundial de agua.	2
Figura 3: El Paisaje Global de Riesgos en términos de probabilidad e impacto.	3
Figura 4: Riesgos globales por región.	4
Figura 5: Estrés hídrico por países.	5
Figura 6: Población mundial y proyección al 2100.	6
Figura 7: Proyecciones regionales de población de la ONU.	7
Figura 8: Estrés hídrico mundial.	7
Figura 9: Mapa de huella hídrica por países.	8
Figura 10: Mapa de Red de monitoreo de la calidad del agua 2015 – Coliformes fecales.	13
Figura 11: Consumo de agua por sector en Ecuador (2010).	14
Figura 12: Distribución de consumos domésticos de agua potable, estudio realizado en Cuenca Ecuador.	22
Figura 13: Principio de las 5R.	23
Figura 14: Inclusores de aire (a), pulverizador (b), regulador de caudal (c), prolongador (d).	33
Figura 15: Ejemplo esquemático del funcionamiento de un SAAP.	39
Figura 16: Esquema de funcionamiento del desviador del primer flujo.	40
Figura 17: Ejemplo de filtro para un SAAP y su esquema de funcionamiento.	40
Figura 18: Ejemplo de una cisterna subterránea de SAAP.	41
Figura 19: Representación esquemática de una instalación predial de un SPRRAG.	43
Figura 20: Representación esquemática de una instalación predial de un SPRRAG.	47
Figura 21: Rótulos de eficiencia hídrica desarrollados por la ANQIP.	48
Figura 22: Implantación del Hotel Dann Carlton.	50
Figura 23: Vista frontal del Hotel Dann Carlton (Torre Irlanda).	51
Figura 24: Habitación tipo con accesorios (Hotel Dann Carlton).	52
Figura 25: Medidor de flujo digital patentado SpotOn.	55
Figura 26: Porcentaje del consumo por cada dispositivo para el Hotel Dann Carlton.	

.....	62
Figura 27: Gráfico de aireador convencional vs regulador de caudal.	64
Figura 28: Reductores de presión.	65
Figura 29: Mapa de precipitación 2018.	72
Figura 30: Valores de precipitación promedio en la ciudad de Quito.	73
Figura 31: Tanque plástico tipo de 10m ³ de capacidad.	75

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de tabelas

Tabla 1: Recursos hídricos renovables totales per cápita (2014).	11
Tabla 2: Cantidad de recursos hídricos en Ecuador.....	12
Tabla 3: Consumo de recursos hídricos en Ecuador.....	14
Tabla 4: Consumo de agua en el sector hotelero ecuatoriano, año 2015.....	15
Tabla 5: Síntesis de viabilidad de sustitución de sanitarios.....	27
Tabla 6: Síntesis de viabilidad de sustitución de duchas.	28
Tabla 7: Síntesis de viabilidad de sustitución de grifos o llaves.	29
Tabla 8: Síntesis de viabilidad de sustitución de máquinas de lavar ropa.	30
Tabla 9: Síntesis de viabilidad de sustitución de máquinas de lavar platos.	31
Tabla 10: Balance Hídrico en edificios residenciales con reutilización de aguas grises (Valores medidos en litros por habitante y por día).	44
Tabla 11: Listado de equipos hidráulicos sanitarios en el Hotel Dann Carlton.....	51
Tabla 12: Clasificación ANQIP de los edificios administrativos o de servicios de apoyo a la industria [litros/(huésped.día)]......	54
Tabla 13: Clasificación propuesta por el autor para clasificar edificios para instalaciones hoteleras de 5 estrellas [litros/(usuario.día)]......	54
Tabla 14: Consumo tipo de un baño para trabajadores (hombres).	56
Tabla 15: Consumo tipo de un baño para trabajadores (mujeres).	56
Tabla 16: Consumo tipo de un baño de áreas comunales (hombres).	57
Tabla 17: Consumo tipo de un baño de áreas comunales (mujeres).....	57
Tabla 18: Consumo tipo de zona de lavandería.	57
Tabla 19: Consumo tipo de una habitación de referencia.....	58
Tabla 20: Consumo tipo de la cocina.	58
Tabla 21: Consumo tipo de apoyo de cocina.	58
Tabla 22: Consumo de agua por cada colaborador del hotel en llaves lavamanos y ducha.	60
Tabla 23: Consumo de agua por cada colaborador del hotel en sanitario y urinario.	60
Tabla 24: Consumo de agua por cada huésped del hotel en llaves lavaplatos, lavamanos y ducha.	60
Tabla 25: Consumo de agua por cada huésped del hotel en sanitario.	60
Tabla 26: Consumo de agua para máquinas lavarropa y lavaplatos.....	61

Tabla 27: Repartición de los consumos de agua por cada huésped y por cada dispositivo.....	61
Tabla 28: Clasificación hídrica que posee el Hotel Dann Carlton con los dispositivos actuales.	62
Tabla 29: Consumo tipo de apoyo de cocina.	64
Tabla 30: Consumo de agua del hotel después de la implementación de reductores de presión en llaves lavamanos y ducha.....	65
Tabla 31: Consumo de agua del hotel después de la implementación de reductores de presión en llaves lavaplatos, lavamanos y ducha.	66
Tabla 32: Cuadro comparativo de la reducción de consumo en lavamanos y ducha.	66
Tabla 33: Cuadro comparativo de la reducción de consumo en llaves lavaplatos, lavamanos y ducha.....	66
Tabla 34: Padrón tipo de consumos de agua por cada usuario por cada dispositivo después de la aplicación de reductores de caudal o aireadores.	67
Tabla 35: Clasificación hídrica que posee el Hotel Dann Carlton con los dispositivos reductores de caudal o aireadores.....	67
Tabla 36: Ahorro de agua asociado a la aplicación de dispositivos eficientes.	68
Tabla 37: Consumo de agua del hotel después de la sustitución de equipos como llaves lavamanos y ducha.....	68
Tabla 38: Consumo de agua del hotel después de la sustitución de equipos como llaves lavaplatos, lavamanos y ducha.	68
Tabla 39: Consumo de agua del hotel después de la sustitución de sanitario con descarga doble.	69
Tabla 40: Cuadro comparativo de la sustitución de llaves lavamanos y ducha.....	69
Tabla 41: Cuadro comparativo de la sustitución de llaves lavamanos y ducha.....	69
Tabla 42: Padrón tipo de consumos de agua por cada usuario por cada dispositivo después de la sustitución de equipos no eficientes.....	70
Tabla 43: Clasificación hídrica que posee el Hotel Dann Carlton después de la sustitución de equipos no eficientes.	71
Tabla 44: Valores de coeficiente de escurrimiento promedio.....	73
Tabla 45: Valor promedio mensual de consumo de agua en puntos donde no se requiere agua potable.....	74
Tabla 46: Cuadro comparativo de reducción de agua de la red pública.	75

Tabla 47: Padrón tipo de consumos de agua por cada usuario por cada dispositivo después del uso de fuente alternativa de agua.....	76
Tabla 48: Clasificación hídrica que posee el Hotel Dann Carlton después del uso de fuentes alternativas de agua.....	76
Tabla 49: Tarifa de consumo de agua en el Sector Comercial en la Ciudad de Quito 2018.....	77
Tabla 50: Consumo actual de agua en dispositivos: llaves lavaplatos, lavamanos y duchas.....	78
Tabla 51: Consumo futuro de agua en dispositivos: llaves lavaplatos, lavamanos y duchas.....	78
Tabla 52: Costo de la implementación de reductores de caudal y aireadores en dispositivos.....	79
Tabla 53: Cuadro resumen del ahorro de agua, dinero e inversión inicial requerida para implementar equipos reductores de caudal y aireadores.....	79
Tabla 54: Determinación del tiempo de retorno para la implementación de reductores de caudal y aireadores.....	79
Tabla 55: Consumo actual de agua en dispositivos: llaves lavaplatos, lavamanos, duchas y sanitarios.....	80
Tabla 56: Consumo futuro de agua en dispositivos: llaves lavaplatos, lavamanos, duchas y sanitarios.....	80
Tabla 57: Costo de la sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico.	81
Tabla 58: Cuadro resumen del ahorro de agua, dinero e inversión inicial requerida para sustitución de equipos.....	81
Tabla 59: Determinación del tiempo de retorno de la sustitución de equipos.....	81
Tabla 60: Consumo actual de agua potable en dispositivos: sanitarios, urinarios y uso en áreas verdes.....	82
Tabla 61: Consumo futuro de agua potable en dispositivos después del aprovechamiento de aguas lluvias.....	82
Tabla 62: Costo de tanque reservatorio para aprovechamiento de aguas lluvias.....	82
Tabla 63: Cuadro resumen del ahorro de agua, dinero e inversión inicial requerida para el aprovechamiento de aguas lluvias.....	83
Tabla 64: Determinación del tiempo de retorno del aprovechamiento de aguas lluvias.....	83
Tabla 65: Síntesis de los resultados.....	84

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de siglas

ANQIP:	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
FAO:	Food and Agriculture Organization
INAMHI:	Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional del Ecuador
MTP:	Manual Técnico de Procedimientos
OMS:	Organización Mundial de la Salud
ONU:	Organización de Naciones Unidas
PEAD:	Polietileno de Alta Densidad
PNUEA:	Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
UNESCO:	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
SENAGUA:	Secretaría Nacional del Agua

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABELAS	XIV
LISTA DE SIGLAS	XVIII
ÍNDICE	XX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. El agua como recurso	3
1.1.1. Previsión del crecimiento de la población y del consumo de agua potable	6
1.1.2. Cantidad y calidad de agua para consumo en Ecuador	11
1.1.3. Consumo de agua en Ecuador	14
1.2. Motivación y objetivos	16
1.3. Organización del documento	18
2. EL USO EFICIENTE DEL AGUA EN LOS EDIFICIOS	20
2.1. Distribución de consumo de agua potable en Edificios del Ecuador	22
2.2. Principales medidas para reducir los consumos de agua en edificios	23
2.3. Concepto de pérdidas de agua	34
2.3.1. Factores que influyen las pérdidas de agua	34
2.3.2. Técnicas de detección y localización de fugas	35
	XX

2.4. Aprovechamiento del agua lluvia y reutilización de aguas grises	36
2.4.1. Encuadramiento general	36
2.4.2. Sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias	37
2.4.2.1. Elementos constituyentes.	37
2.4.2.2. Especificaciones técnicas	41
2.4.3. Sistemas prediales de reciclaje y reutilización de aguas grises	42
2.4.3.1. Procedimientos de tratamiento de aguas grises	45
2.4.3.2. Descripción de un sistema	45
2.5. Certificación y rótulos de eficiencia hídrica	46
2.6. Sistemas internacionales para evaluación de eficiencia hídrica	47
3. CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO NO RESIDENCIAL DE TIPO COLECTIVO (HOTELES)	49
3.1. Descripciones generales	50
3.2. Proyecto sustentable	53
3.3. Evaluación de consumos	55
3.4. Medidas para el uso eficiente de agua	63
3.4.1. Aplicación de reductores de caudal o inclusores de aire	63
3.4.2. Sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico	68
3.4.3. Aprovechamiento de aguas lluvias	71
3.5. Análisis Costo – Beneficio de la implementación de las medidas	77
Caso I: Aplicación de reductores de caudal o inclusores de aire.	78
Caso II: Sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico	80
Caso III: Aprovechamiento de aguas lluvias	82
3.6. Síntesis y discusión de resultado	84
4. CONCLUSIONES	86
4.1. Recomendaciones	88
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	93

1. Introducción

El agua dulce es el recurso de mayor importancia a nivel mundial, a su vez, con el paso del tiempo se vuelve más escaso por lo tanto debe protegérselo como patrimonio. La demanda de agua dulce cada día tiene mayores limitaciones debido a las alteraciones en su calidad por contaminación de acuíferos y falta de tratamiento de aguas residuales, periodos de mayor escases por los cambios climáticos y por el aumento de las necesidades de agua dulce las cuales se deben especialmente al crecimiento demográfico, al desarrollo económico e industrial, la expansión de la agricultura y al aumento de los patrones de estilo de vida de las sociedades, contribuyen para que el panorama futuro se torne cada vez más preocupante.

La escases de agua dulce debe ser considerada como una problemática de la sociedad en general debido a la dependencia del recurso para las actividades diarias y cotidianas de la humanidad; en algunas regiones del planeta existen serios problemas de abastecimiento público de agua dulce tanto en cantidad como en su calidad, además, el agua dulce se ha degradado desde el punto de vista ambiental, tiene una gran relevancia en la política de los países y cada vez este recurso se vuelve más valioso económica y estratégicamente.

El volumen total de agua del planeta tierra oscila cerca de los 1 400 millones de km³ y, como se observa en la Figura 1, apenas el 2,5% del volumen total corresponde a recursos hídricos de agua dulce, es decir, alrededor de 35 millones de km³ de la tierra son agua dulce, los 97,5% restantes corresponden a recursos de agua salada la cual se encuentra mayoritariamente en océanos.

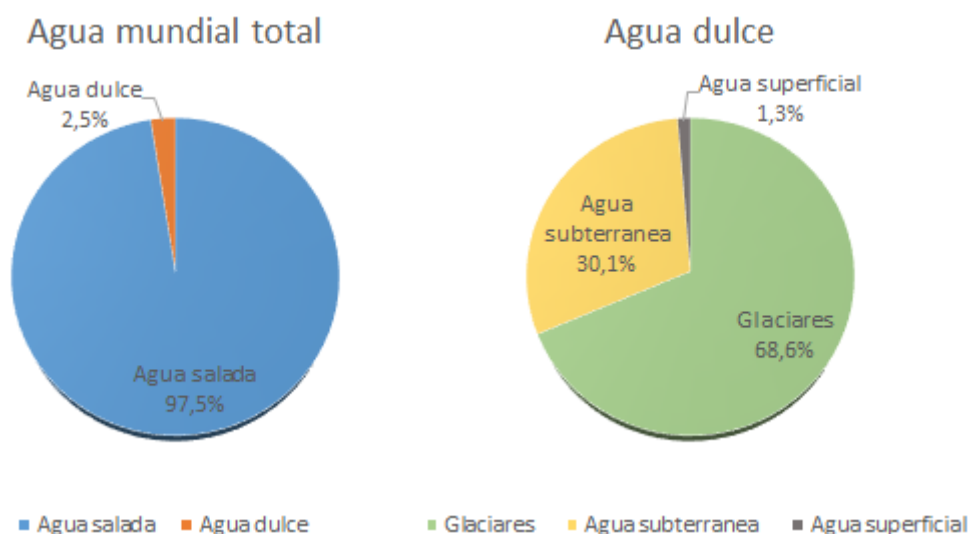


Figura 1: Distribución de agua en el planeta tierra.

Fuente: (FAO, 2016), adaptado.

Del 2,5% de agua dulce, el 68,6% (24 millones de km³) se encuentran en glaciares en forma de hielo o nieve mayoritariamente en zonas montañosas de la Antártida y del Ártico, el 30,1% de agua se encuentra de forma subterránea, que incluye humedad del suelo, agua en zonas pantanosas y en el subsuelo de forma permanente congelado. El agua fácilmente para uso humano proveniente de fuentes de agua dulce de ríos o lagos, representa únicamente el 0,3% de agua dulce disponible mundialmente (FAO, 2016).

En la Figura 2 se puede observar que a nivel mundial el 70% de agua dulce existente se destina para la agricultura, el 19% se destina para la industria y apenas el 11% es destinada para usos domésticos. Pueden existir países que presenten diferentes proporciones de extracción de agua, esto dependerá de cada región y de las condiciones climáticas y atmosféricas que cada una de ellos presente (FAO, 2016).

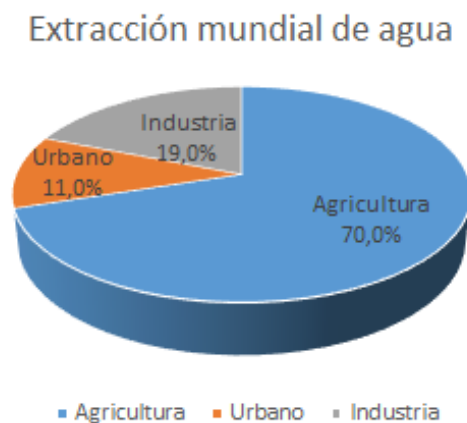


Figura 2: Extracción mundial de agua.

Fuente: (FAO, 2016), adaptado.

La búsqueda de agua en las naciones cada vez es más exhaustiva, debido al acelerado crecimiento poblacional que enfrenta la humanidad, en un siglo la búsqueda de agua se ha multiplicado por cinco (5), además que la repartición de agua cada vez presenta más desigualdad. Seis (6) países comparten entre ellos cerca del 60% de los recursos hidráulicos mundiales (en orden descendente: Brasil, Rusia, China, Canadá, Indonesia y Estados Unidos). Alrededor de ochenta (80) países lidian con la escasez de agua.

Es una realidad que alrededor de 1,5 mil millones de niños mueren todos los años debido a enfermedades relacionadas con el consumo de agua no potable (FAO, 2016).

1.1. El agua como recurso

El agua, sin duda es el recurso estratégico con mayor importancia en las actividades poblacionales. Además se puede predecir que sin agua no sería posible mantener el ecosistema, las condiciones de calidad de vida de los habitantes y el crecimiento de las actividades económicas. Es un recurso necesario para la vida en el planeta tierra, por tanto es necesario implementar técnicas o alternativas para incentivar el uso racional, lo cual es esencial para continuar beneficiándonos de los servicios que los recursos hidráulicos nos pueden brindar.

En Julio del año 2010, la Asamblea General de la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2010), declaró el acceso al agua potable y al saneamiento básico como un derecho humano esencial, apelando a los órganos internacionales que se pongan a disposición recursos financieros, ayudas de capacitación y de apoyo tecnológico de tal manera de ofrecer agua propicia y de calidad, además de saneamiento a todos los países, principalmente a los países en desarrollo.

Actualmente se considera que la escasez de agua a nivel mundial es uno de los diez (10) principales riesgos globales. Un riesgo global según (WorldEconomicForum, The Global Risks Report, 2017) es una condición a un evento incierto que si se produce puede causar un impacto negativo significativo en diversos países o industrias en los 10 años siguientes. Como se puede observar en la Figura 3 la crisis de abastecimiento público de agua se encuentran en tercer lugar a nivel de impactos y está categorizado como un riesgo social.

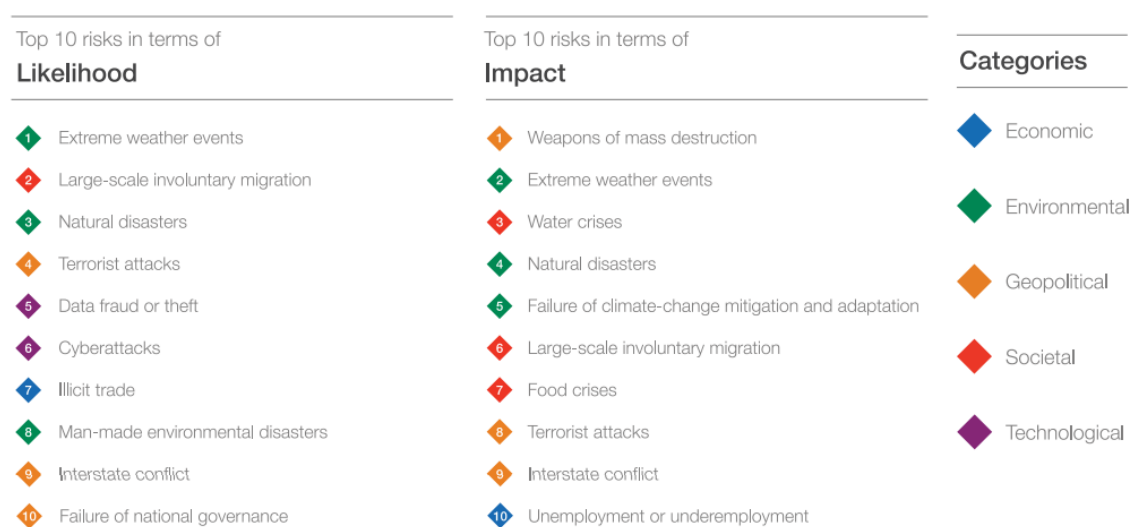


Figura 3: El Paisaje Global de Riesgos en términos de probabilidad e impacto.

Fuente: (WorldEconomicForum, The Global Risks Report, 2017).

El riesgo de agua está asociado con la escasez de agua, pero a sus vez tiene ligación con otros riesgos como por ejemplo el aumento de la propagación de enfermedades infecciosas hídricas, fallas en el planeamiento urbano e inestabilidad social por la distribución de recursos. “Una disminución significativa de la calidad y cantidad disponibles de agua dulce, que da lugar a efectos nocivos para la salud humana y / o la actividad económica” (WorldEconomicForum, The Global Risks Report, 2017).

De la Figura 4 es posible tener una noción de cuáles son los riesgos que más afectan cada región, permitiendo localizarles más específicamente cada uno de ellos, dividiéndose en riesgos económicos, ambientales, geopolíticos, sociales y tecnológicos, respectivamente representados en el mapa a color azul, verde, anaranjado, rojo y morado (Alves, 2015).

Como auxilio a la interpretación de la figura y a partir de los datos obtenidos por el World Economic Forum 2016, la problemática de la escasez de agua es mucho más considerable en regiones como el Medio Oriente, el Norte de África y el Sur de Asia, no siendo mencionado como uno de los principales riesgos del continente Americano. No en tanto y a pesar de cubrir gran cantidad de países desarrollados, las crisis de abastecimiento público de agua son un tema de preocupación mundial, constituyendo así un factor el cual debe desarrollarse para realizar mejorar en varios aspectos y tomar medidas adecuados para el riego de la crisis de agua (WorldEconomicForum, The Global Risks Report, 2016).



Figura 4: Riesgos globales por región.

Fuente: (WorldEconomicForum, The Global Risks Report, 2016)

Como se puede observar Ecuador no se encuentra dentro del grupo de países con riesgos de crisis de agua, pero a su vez se torna necesario realizar una gestión eficiente de

los recursos hídricos mediante la presentación de alternativas que promuevan un uso responsable del líquido vital. Además que nuestro país se encuentra en un rango bajo a medio de estrés hídrico lo cual indica que entre un 10 - 20 % de usuarios de agua están compitiendo por el recurso vital.

La Figura 5 muestra el mapa de la exposición promedio de los usuarios de agua en cada país al estrés hídrico, la proporción de los retiros totales a la oferta renovable total en un área dada. Un porcentaje más alto significa que más usuarios de agua están compitiendo por suministros limitados. Podemos observar que países que se encuentran al sur de Ecuador presentan mayores porcentajes de estrés hídrico, razón por lo cual es importante generar sostenibilidad en el manejo del patrimonio hídrico.

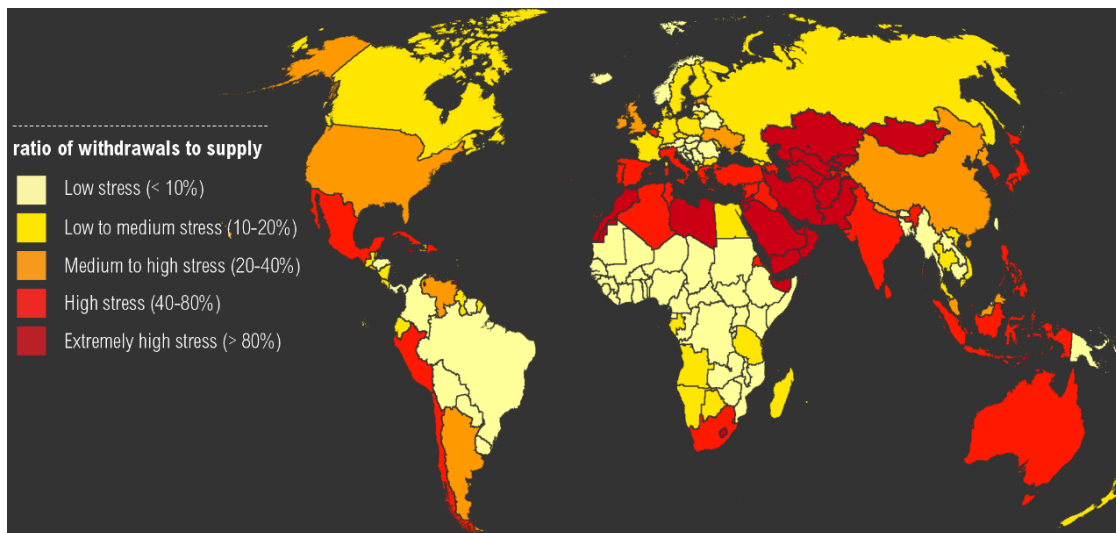


Figura 5: Estrés hídrico por países.

Fuente: (WorldResourcesInstitute, 2013).

1.1.1. Previsión del crecimiento de la población y del consumo de agua potable

El aumento de las necesidades de agua se debe especialmente a factores demográficos y con ello al desarrollo económico e industrial, la expansión de la agricultura y al aumento de los patrones de estilo de vida de las sociedades, son los principales responsables de la presión ejercida sobre los recursos hídricos.

De acuerdo a la Figura 6, se estima que en el año 2017 existen alrededor de 7.512 millones de personas habitando el planeta tierra; En la

Figura 7 se observa que África y Asia son los continentes en los que se prevé un mayor crecimiento poblacional, mientras que en Europa se espera un descenso poblacional y en el resto de mundo se observa un crecimiento poblacional bajo o leve (BancoMundial, 2015).

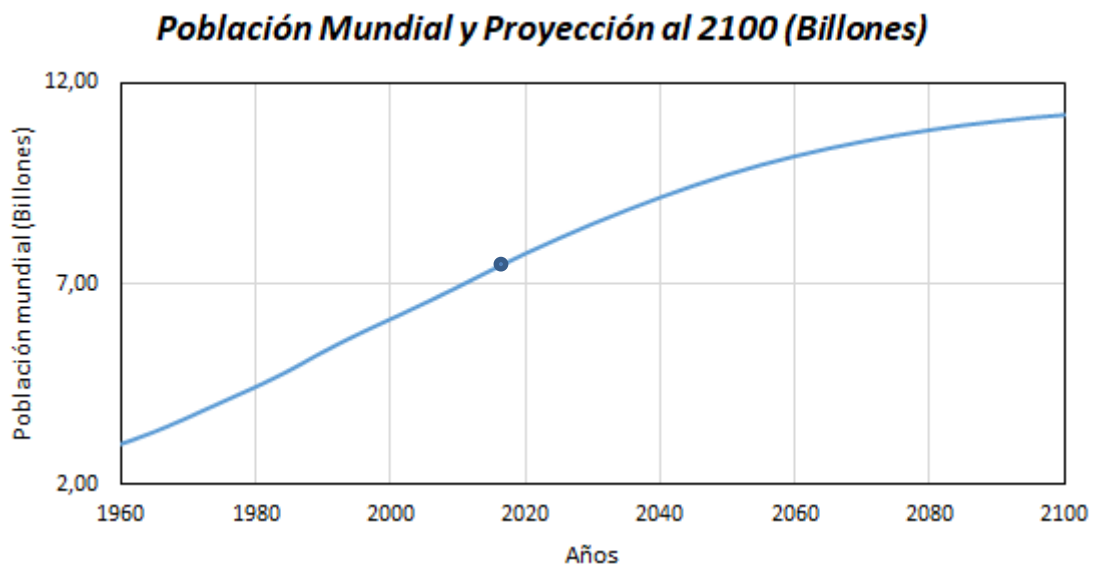


Figura 6: Población mundial y proyección al 2100.

Fuente: (BancoMundial, 2015), adaptado.

La población mundial 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).

Proyecciones regionales de población de la ONU (Billones, 2015-2100)

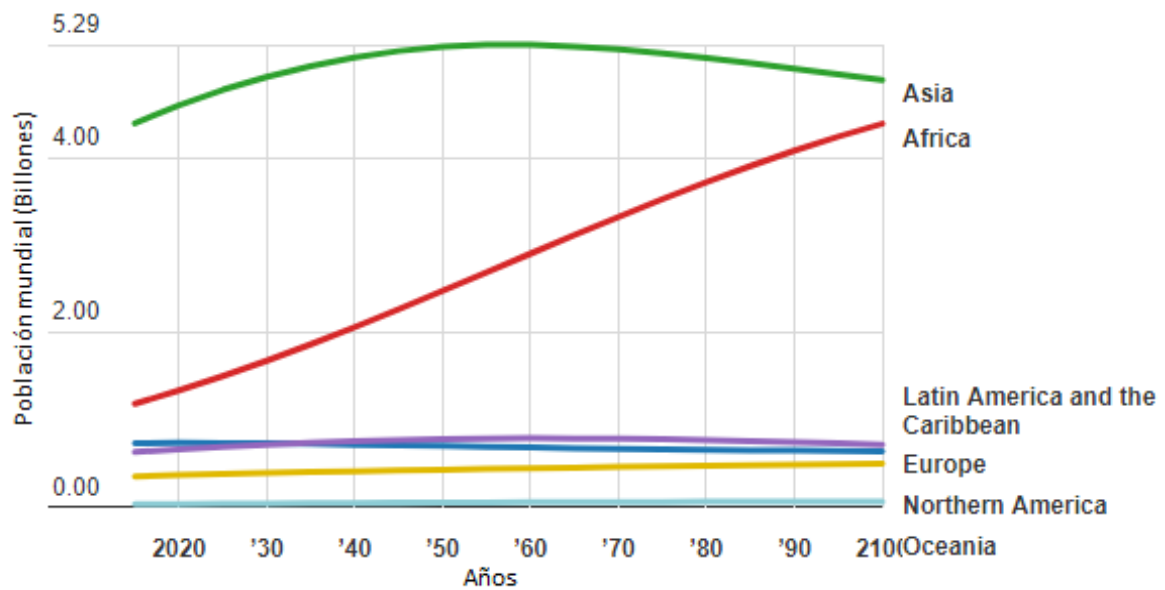


Figura 7: Proyecciones regionales de población de la ONU.

Fuente: (BancoMundial, 2015).

En el 2030, el 47% de la población mundial vivirá en zonas con estrés hídrico **Figura 8**. La mayor parte del crecimiento de la población estará localizada en países en desarrollo, en regiones sin un acceso sostenible al agua potable ni a un saneamiento adecuado (UNESCO, 2017).



Figura 8: Estrés hídrico mundial.

Fuente: <http://www.profemorales.com/?tag=estres-hidrico>

En 2015, el 71% de la población mundial (5200 millones de personas) utilizaba un servicio de suministro de agua potable gestionado de forma segura, es decir, ubicado en el lugar de uso, disponible cuando se necesita y no contaminado. El 89% de la población mundial (6500 millones de personas) utilizaba al menos un servicio básico, es decir, una

fuelle mejorada de suministro de agua potable para acceder a la cual no es necesario un trayecto de ida y vuelta superior a 30 minutos (OMS, Agua, 2017).

Actualmente alrededor de 884 millones de personas carecen incluso de un servicio básico de suministro de agua potable, cifra que incluye a 159 millones de personas que dependen de aguas superficiales. En todo el mundo, al menos 2 000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces, de aquí a 2 025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua (OMS, Agua, 2017).

A nivel mundial, aproximadamente se extraen actualmente unos 3.600 km³ de agua dulce para consumo humano, es decir, 1.600 litros/hab/día, de los cuales, aproximadamente la mitad no se consume (se evapora, infiltra al suelo o vuelve a algún cauce) y, de la otra mitad, se calcula que el 70% se destina a la agricultura, el 19% a la industria y, tan solo el 11% a consumo doméstico.

El consumo promedio global es de unos 1.240 m³ por persona y año, pero como podemos observar en la Figura 9 existe una gran variación entre los diferentes países. En Ecuador y Portugal se estima que se consume alrededor de 2000 a 2500 m³ de agua por persona y año, lo cual nos indica que son valores que se duplican en función del promedio global (WaterFootPrint, 2017).

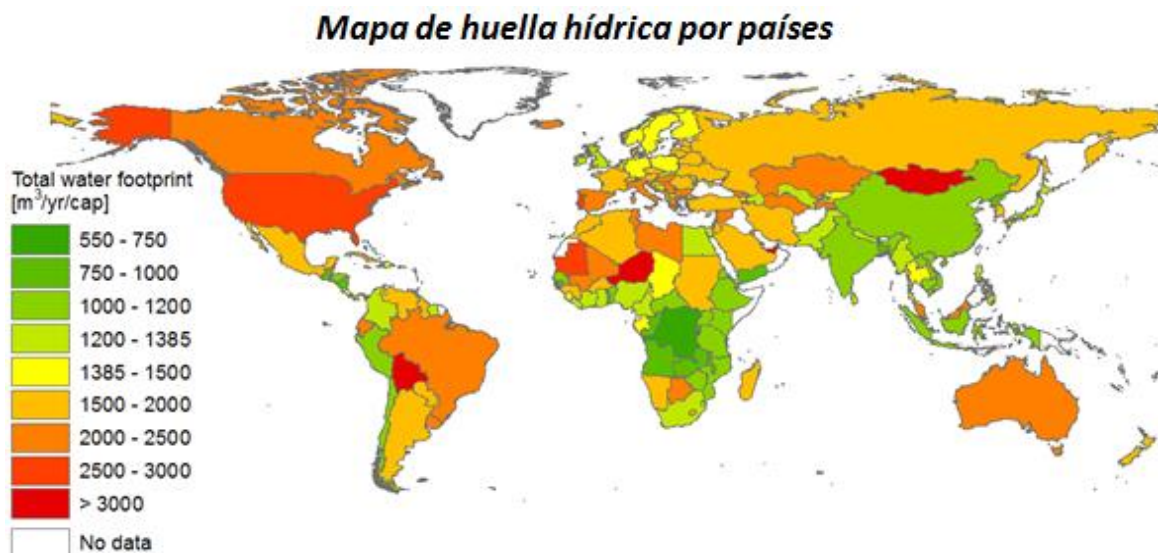


Figura 9: Mapa de huella hídrica por países.

Fuente: <http://waterfootprint.org/en/resources/water-footprint-statistics/#CP3>

En la actualidad se dice que cuatro (4) de cada diez (10) personas en el mundo viven en zonas donde el agua es escasa. Hasta 2050 se estima que dos tercios de la población del planeta, es decir, cerca de 5 500 millones de personas vivan en países con escasez grave de agua.

En el año 2010, treinta y dos (32) países tienen falta de agua en África, en Asia y en algunas regiones de Europa y de América. La disponibilidad media anual por habitante se reduce a razón de 5 000 m³ en 2025, a 4 000 m³ en 2040. Es decir al ritmo actual, todas las fuentes de agua superficial serán consumidas hasta el año 2100.

La escasez de agua representa además un problema grave para el desarrollo futuro. En el siglo XX el consumo de agua aumentó a un ritmo dos (2) veces más rápido de que el crecimiento demográfico, debido a la exploración excesiva de aguas subterráneas, los niveles freáticos están en disminución en algunos ríos como el Colorado en Estados Unidos y el río Amarillo en China, los cuales, tienen tramos secos durante algunos periodos del año, antes de desembocar en el mar. Actualmente varias regiones como Medio Oriente y el Norte de África y el Sur de Asia sufren de escasez de agua (FAO, 2016).

El mundo está en un constante debate sobre los problemas relacionados con los umbrales para la presión sobre los recursos hídricos. Además que la distribución de agua potable para todos los habitantes del planeta es el gran desafío de la Humanidad para los próximos años. En este sentido, el agua potable se torna en un recurso escaso debido esencialmente al aumento exponencial de la población mundial, al desarrollo económico e industrial y a la expansión de la agricultura (FAO, 2016).

De esta forma, la búsqueda de agua sufre un aumento significativo a lo largo de los años, en gran parte influenciado por los procesos macroeconómicos como la globalización del comercio, la alteración de los estilos de vida y el aumento del consumo y también por la implementación de políticas de seguridad alimentaria y energética necesaria para salvaguardar la integridad de la raza humana.

La primera prioridad para América Latina y el Caribe es mejorar y consolidar la gobernabilidad del agua, con un cambio paradigmático hacia la integración sostenible de la gestión y uso de los recursos hídricos en el desarrollo socioeconómico y la reducción de la pobreza. Dada la abundancia relativa de agua en la región, cualquier "crisis del agua" es más institucional que relacionada con la disponibilidad física (The United Nations World Water Development, 2015).

La mayoría de los países tienen una capacidad institucional formal extremadamente limitada para administrar los recursos hídricos y la aplicación efectiva de los instrumentos de gestión existentes no es muy alta en las agendas políticas. Los problemas comunes incluyen la administración pública ineficiente; Informalidad generalizada; Instituciones

reguladoras débiles; Bajos niveles de participación, coordinación, transparencia, credibilidad y rendición de cuentas; Financiación inestable e insuficiente, entre otros. La incapacidad generalizada para establecer instituciones efectivas y estables eficaces para hacer frente a la asignación de agua (y cada vez más la reasignación) y las cuestiones de control de la contaminación se evidencia en muchos ejemplos de mala gestión, informalidad y falta de coordinación (The United Nations World Water Development, 2015).

La segunda prioridad para América Latina y el Caribe es consolidar los avances logrados en la provisión de servicios de agua potable y saneamiento, asegurar la plena realización del derecho humano al agua y al saneamiento. Los niveles de provisión de agua y saneamiento, con la posible excepción del tratamiento de aguas residuales, alcanzados en la región, se comparan favorablemente con los de otras naciones en desarrollo.

Sin embargo, estas estimaciones generales tienden a exagerar los niveles reales de acceso a los servicios y no toman en consideración las preferencias de la población para el acceso por tubería y especialmente las graves deficiencias en la calidad del servicio (intermitencia, pérdidas de agua, control de la calidad del agua etc.) Afectan desproporcionadamente a las zonas rurales y a los pobres. Muchas ciudades siguen sufriendo inundaciones episódicas debido a la inadecuada infraestructura de drenaje de las aguas pluviales ya las deficiencias en la planificación urbana (The United Nations World Water Development, 2015).

1.1.2. Cantidad y calidad de agua para consumo en Ecuador

Los hidrólogos acostumbran calcular el grado de riesgo de escasez de una determinada región a través del análisis de la ecuación agua/población. La convención es adoptar 1 700 m³ por persona como el límite mínimo nacional para atender las necesidades en términos de agricultura, industria, energía y medio ambiente. Se considera que una disponibilidad inferior a 1 000 m³ representa una situación de escasez de agua y debajo de los 500 m³ equivale a una escasez absoluta (FAO, 2016).

En la actualidad, cerca de 700 millones de personas oriundas de 43 países viven con dotaciones de agua por debajo del límite mínimo, lo cual define una situación de escasez de agua y disponen de una reserva anual media de 1 200 m³ por persona aproximadamente. El Medio Oriente es la región del mundo más amenazada por la presión de la falta de agua. Solamente Irán, Irak, Líbano y Turquía se encuentran sobre el límite mínimo. Mientras que Palestina y sobretodo la Franja de Gaza experimenta una de las crisis más agudas de escasez de agua en el mundo entero, tienen apenas alrededor de 320 m³ de agua por persona.

En la Tabla 1 se puede observar una lista de los recursos hídricos renovables totales per cápita que presenta la ONU para cada uno de los países. Además se prevé que en 2050 más de 2 000 millones de personas van a sufrir de falta de agua (The United Nations World Water Development, 2015).

Tabla 1: Recursos hídricos renovables totales per cápita (2014).

No	País	Recursos hídricos renovables totales per cápita m ³ /hab/año
1	Islandia	516 090,00
2	Guyana	353 279,00
3	Surinam	182 320,00
4	Congo	180 087,00
30	Ecuador	27 403,00
70	Portugal	7 478,00
179	Yemen	78,26
180	Arabia Saudita	76,09
181	Qatar	25,95
182	Emiratos Árabes Unidos	16,38

Fuente: (FAO, 2016), adaptado.

Dentro del Plan Nacional del Agua del año 2016, se determinó la cantidad de recursos hídricos que dispone el Ecuador, cuyos valores se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2: Cantidad de recursos hídricos en Ecuador.

	Ítem	Unidad	Cantidad
Cantidad de recursos hídricos	Cantidad de recursos hídricos superficiales	hm ³	361 750
	Cantidad de recursos hídricos subterráneos	hm ³	56 560
	TOTAL	hm³	376 020

Fuente: (Plan Nacional del Agua, SENAGUA, 2016), adaptado.

El Proyecto Nacional de Control y Gestión de la Calidad del Agua, ejecutado por la Secretaría del Agua durante los años 2012, 2013, 2014 y 2015 con la finalidad de “Determinar la calidad del agua, analizar las tendencias e identificar y neutralizar los factores que la afectan”, que sirva como insumo para la elaboración de proyectos, programas y estrategias tendientes al manejo y gestión adecuada de los cuerpos hídricos (SENAGUA, 2015).

En este contexto, los resultados hasta hoy generados determinaron un grado significativo de afectación, en los cuerpos de agua considerados dentro de la red de monitoreo de Calidad de Agua del Proyecto antes mencionado, ya que se evidenció que varios parámetros evaluados se encuentran superando de los criterios de calidad del agua para diferentes usos establecidos en la normativa ambiental vigente, especialmente los parámetros microbiológicos: coliformes fecales y totales, producto de las descargas de aguas residuales en varios cantones del país convirtiéndose así en una de las principales fuentes de afectación del recurso hídrico. También se ha determinado la presencia de metales de origen natural como hierro, manganeso y aluminio (SENAGUA, 2015).

A continuación en el mapas de la Figura 10 se muestran los puntos monitoreados durante el año 2015, en color verde se identifican las muestras que presentaron concentraciones que cumplen con los criterios de calidad establecidos para su uso en consumo humano y riego; en color rojo se identificaron aquellos que no cumplen con los criterios de la norma referida.

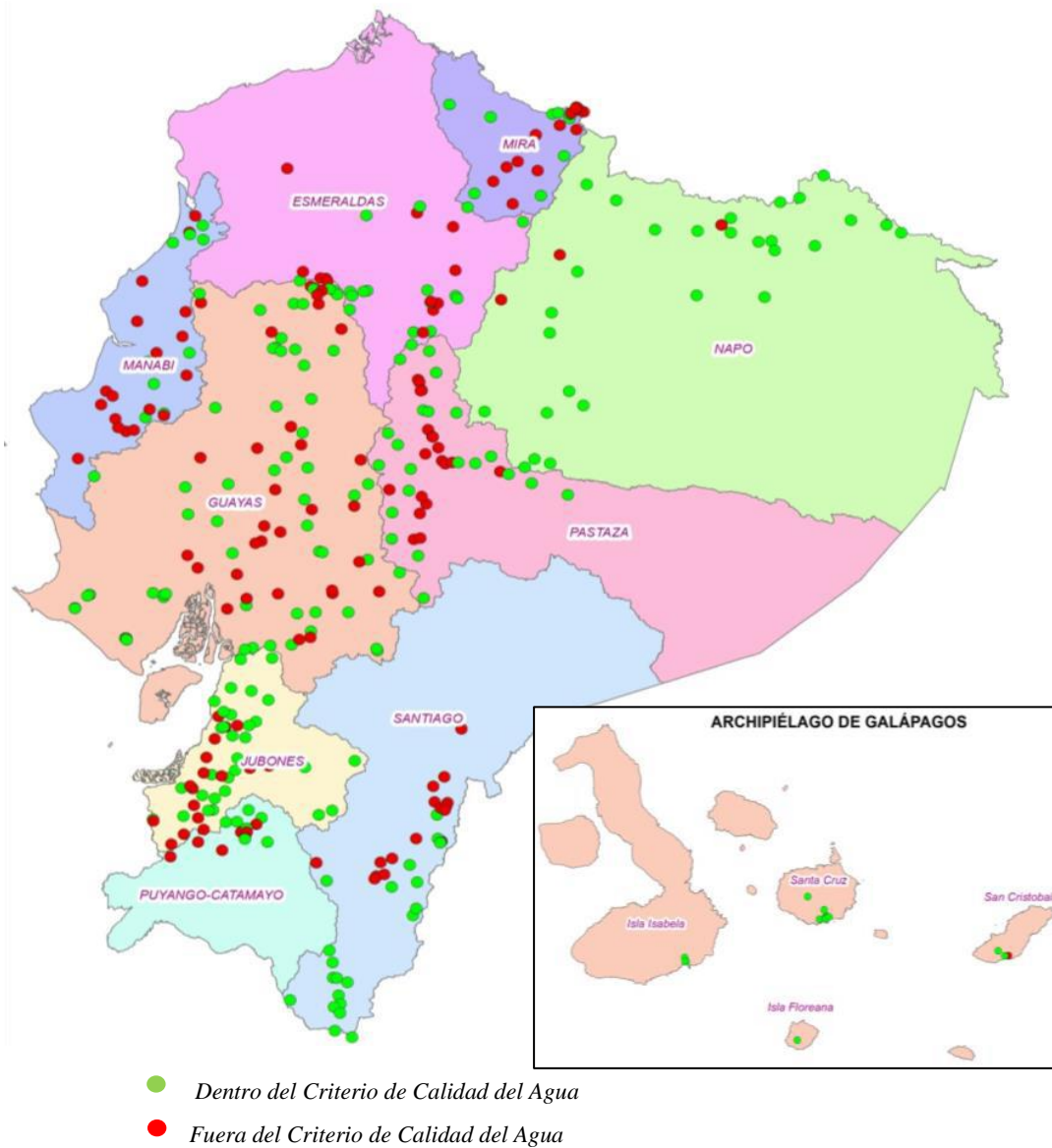


Figura 10: Mapa de Red de monitoreo de la calidad del agua 2015 – Coliformes fecales.

Fuente: (Dirección de Gestión de Calidad del Agua, SENAGUA, 2015).

1.1.3. Consumo de agua en Ecuador

En el 2010, el consumo de agua en Ecuador fue de 15,8 km³, incluyendo:

- Consumo doméstico de 1,48 km³, que representan el 9,4% del consumo total de agua.
- Consumo agrícola de 13,05 km³, que representa el 82,6% del consumo total de agua.
- Consumo de agua de producción industrial y otros de 1,27 km³, que representan el 8,0% del consumo total de agua.

Como se refirió anteriormente para la clasificación de consumo de agua a nivel mundial, el consumo en Ecuador se subdivide igualmente en los principales sectores: agricultura, industria y urbano como se observa en la Figura 11.

Consumo de agua en Ecuador por sector

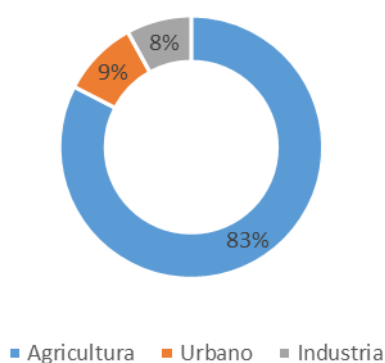


Figura 11: Consumo de agua por sector en Ecuador (2010).

Fuente: (SENAGUA, 2015), adaptado.

La dotación de agua para consumo doméstico se determina de acuerdo al Manual Técnico de Procedimientos MTP20 formulado por la SENAGUA. En 2010, la dotación de agua para la población urbana fue de 150 a 280 l/hab/día y de 85 l/hab/día para la población rural; con la constante mejora de la calidad de vida de la población, la dotación de agua para consumo humano se incrementará de manera apropiada en el futuro, por ejemplo, la dotación de agua para la población urbana en el 2035 será de 170-300 l/hab/día, aunque la predisposición de consumo se incentive al ahorro y menor cantidad como se observa en la Tabla 3 (SENAGUA, 2015).

Tabla 3: Consumo de recursos hídricos en Ecuador.

Categoría	Unidad	MTP valor recomendado	2010	2025	2035	
Costa	Guayaquil	l/hab/día	250 – 300	280	290	300
	Urbano	l/hab/día	250 – 300	250	260	270
	Rural	l/hab/día	200	180	190	200

Sierra	Quito	l/hab/día	250 – 300	250	260	270
	Urbano	l/hab/día	150 – 200	150	160	170
	Rural	l/hab/día	80 – 100	85	90	100
Amazonía	Urbano	l/hab/día		250	260	270
	Rural	l/hab/día		180	190	200

Fuente: (SENAGUA, 2015), adaptado.

De acuerdo al INEC “Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos” en el año 2015 se registraron un total de 113 empresas dedicadas al sector hotelero en Ecuador, dichas empresas consumieron 1 675.000 m³ de agua para consumo humano, de lo cual el 98,9% de agua proviene de una red pública de abastecimiento como se muestra en la Tabla 4.

Se observa la gran importancia que mantiene el sector hotelero en el consumo de agua que proviene de la red pública de abastecimiento en el Ecuador; debido a que los edificios del sector hotelero requieren elevados volúmenes de agua para satisfacer las necesidades de los usuarios.

Tabla 4: Consumo de agua en el sector hotelero ecuatoriano, año 2015.

Fuente	m³	%
Agua comprada de la red pública	1 657 256	98,97
Agua comprada de tanquero	4 874	0,29
Agua proveniente de otras fuentes naturales	12 369	0,74
TOTAL	1 674 499	100,00

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC, 2015), adaptado.

1.2. Motivación y objetivos

La utilización de los recursos como el agua y la energía debe ser lo más eficiente posible, se busca la eficacia a todos los niveles, comenzando por invertir en la sustentabilidad de los edificios (Silva-Afonso, 2014).

En la actualidad el agua es un recurso de fácil acceso en Ecuador. No por esta razón debe ser descuidada y gastarla sin necesidad. En la actualidad Ecuador se encuentra en el grupo de bajo a medio estrés hídrico, esto quiere decir que entre un 10 y 20% de la población se encuentra compitiendo por el recurso agua. Con base a este análisis se sugiere que la población sea sensibilizada, informada y educada sobre la posibilidad de escases de agua en un futuro no muy lejano.

El presente estudio sobre la eficiencia hídrica en edificios se basa en el análisis de soluciones que podrían ser aplicadas en el Ecuador, enfocándose básicamente en los equipos existentes y operaciones de mantenimiento en el abastecimiento y también en las utilidades cotidianas (generalmente grifos, duchas, sanitarios, urinarios, máquinas de lavar ropa o platos, y usos exteriores ej. Riego de jardines). Este es el punto de partida y de una forma práctica para el consumidor y sin representar una gran inversión poder reducir los consumos de agua potable en un edificio.

El aprovechamiento del agua en sistemas eficientes a partir de la reutilización o reciclaje de agua para fines no potables es una solución que no puede ser pasada por alto cuando tratamos el tema de eficiencia hídrica ya que presentan soluciones económicas y de fácil implementación en las edificaciones.

El objetivo principal de esta tesis consiste en la realización de un estudio sobre la utilización de agua en los sistemas prediales, en este caso particular el estudio se realizará en un edificio cuya ocupación será para fines hoteleros.

Se pretende generar soluciones hidráulicamente eficientes a nivel de equipamiento y tecnologías desde el abastecimiento hasta las diversas utilidades de tal manera de reducir los niveles de consumo de agua, además de ello analizar la implementación de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvia para usos no potables a fin de estimular la reducción de consumo de agua; de esta manera poder evaluar desde el punto técnico y económico la mejor alternativa de implementación.

Los objetivos específicos de la presente investigación son:

1. Mostrar la importancia del uso sustentable del agua.
2. Evaluar los consumos hídricos de un edificio no residencial de tipo colectivo (Hotel) existente.
3. Implementar medidas que promuevan el uso eficiente del agua, con la finalidad de reducir los consumos de agua.
4. Identificar puntos de consumo de agua no potable exteriores, donde las aguas pluviales puedan ser utilizadas sin ningún tratamiento.
5. Determinar la relación Costo/Beneficio de la implementación de las medidas y determinar el tiempo de retorno de la inversión.

1.3. Organización del documento

La investigación consiste en una búsqueda bibliográfica y realizar un análisis crítico. Deben ser buscadas soluciones propuestas a nivel científico y las disponibles en el mercado.

Capítulo 1.

En la primera etapa el desarrollo del presente trabajo investigativo se centra en el encuadramiento del tema abordado exponiendo una breve percepción de la problemática producida por la escasez del agua a nivel mundial, más concretamente en Ecuador, describiendo la cantidad, calidad de agua disponible y los diferentes tipos de; exponer criterios generados a partir del tema “estrés hídrico” y determinar el nivel de estrés hídrico presente en Ecuador; a partir de búsquedas bibliográficas referirnos al término de pérdidas tanto para los servicios de abastecimiento como para los sistemas prediales.

Capítulo 2.

En el segundo capítulo se establecen las principales medidas para reducir los consumos de agua en edificios determinando los factores que influyen las pérdidas y las técnicas de aprovechamiento, reciclaje y reutilización del agua. A partir de ello implementar las posibles soluciones a adoptar refiriéndonos básicamente en la reducción de consumos. Detallar los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias y los sistemas prediales de reciclaje y reutilización de aguas negras.

Se realiza una investigación relacionada con la certificación y rotulación de eficiencia hídrica y los sistemas internacionales para evaluar la eficiencia hídrica en edificios.

Capítulo 3.

Se adopta un caso de estudio, el cual consiste en evaluar en un edificio del sector hotelero los consumos de agua potable que provienen del sistema de abastecimiento público: Como primera etapa se realiza una caracterización del edificio y de los aparatos y equipos hidráulicos sanitarios instalados, posteriormente se determinarán y evaluarán los padrones de consumo, debido a que no existe un padrón de consumos establecido para este tipo de edificios. Por lo cual debe realizarse encuestas para poder determinar los factores de uso y tiempos de utilización.

Se realiza una evaluación de consumos por cada uno de los dispositivos y se establece el padrón de consumos establecido para el hotel en estudio. A continuación se realiza un

hipotética implementación de medidas para dar un uso eficiente al agua potable.

Refiriéndonos a los dispositivos de utilización en los sistemas prediales, se revelan un conjunto de equipos y dispositivos con tecnologías eficientes relacionados a la utilización y desenvolvimiento de estos sistemas o dispositivos de modo que permitan una reducción significativa del consumo de agua, se presenta una síntesis breve de los criterios adoptados para certificación y rotulado de algunos de estos dispositivos mediante normativas internacionales y los criterios para su selección.

Finalmente se realiza una referencia de algunos sistemas alternativos para la reducción de consumos utilizando procesos de reutilización y aprovechamiento de aguas lluvias, identificar los puntos de consumo de agua no potable, donde las aguas pluviales puedan ser utilizadas sin ningún tipo de tratamiento.

Basado en el caso de estudio se pretende evaluar los consumos de agua previo y posterior a la instalación de los equipos y dispositivos reductores de consumo de agua con el fin de determinar el porcentaje de reducción, realizar un análisis Costo / Beneficio a partir de la inversión para la implementación de las alternativas planteadas conjuntamente con ello determinar el tiempo de retorno necesario para recuperar dicha inversión a través de la reducción del costo de la factura del servicio.

Conclusiones.

Finalmente son expuestas las conclusiones obtenidas a partir de la elaboración de esta disertación.

2. EL USO EFICIENTE DEL AGUA EN LOS EDIFICIOS

El concepto de eficiencia hídrica se centra en la reducción de consumo de agua desperdiciada más no en la restricción de uso al consumidor. Para que haya una mejor eficiencia los consumidores pueden contribuir con pequeñas alteraciones de comportamiento, como por ejemplo, reparar un grifo que esté goteando, optar por ducharse en vez de un baño por inmersión, adquirir máquinas de lavar ropa o platos más eficientes o disminuir el tiempo que se tiene la llave abierta, cerrándola hasta que se enjabone las manos. La opción de usar equipos eficientes o instalando sistemas de aprovechamiento de aguas (pluviales o grises) también contribuyen para el aumento de la eficiencia hídrica de su edificio (Ribeiro de Sousa, 2015).

Los sistemas de abastecimiento prediales pueden ser clasificados como residenciales (unifamiliares o multifamiliares) y no residenciales (instalaciones colectivas, instalaciones comerciales, industriales y demás usos similares) (Alves, 2015).

En las instalaciones no residenciales de tipo colectivas están incluidos varios tipos de establecimientos, como por ejemplo:

- Hospitales y otros centros de salud;
- Instalaciones deportivas (gimnasios, piscinas, estadios, etc.);
- Universidades, escuelas, colegios y demás instituciones educativas;
- Edificios públicos;
- Aeropuertos, terminales de transporte terrestre y de ferrocarriles;
- Centros comerciales;
- Hoteles;
- Restaurantes y similares;
- Lavanderías;
- Gasolineras y estaciones de servicio.

Las instalaciones comerciales e industriales se consideran sólo en este contexto en usos similares a los sistemas de abastecimiento de edificios o de instalaciones colectivas. En el caso de instalaciones colectivas, es posible utilizar dispositivos específicos para reducir pérdidas y desperdicios, ya que cada establecimiento presta un servicio característico (Alves,

2015).

Los sistemas prediales están constituidos por un conjunto de elementos que efectúan la conexión del sistema público al abastecimiento predial de agua, realizada desde el flujo en los conductos de abastecimiento público hasta los dispositivos de utilización.

El “uso eficiente del agua” se centra en la reducción de consumo; por la tanto se puede definir como: cantidad de agua necesaria para la realización de determinado servicio o actividad, no restringiendo al consumidor su uso, la eficiencia puede obtenerse mediante la implementación de equipos o aparatos hidráulicamente eficientes o pequeñas alteraciones de comportamiento que pueda brindarse a los usuarios, instalación de sistemas de aprovechamiento de aguas (pluviales o grises), entre otras alternativas.

$$\text{Consumo} = \text{uso} + \overbrace{\text{pérdidas} + \text{despedicio}}^{\text{Indicador de eficiencia}}$$

La definición de "eficiencia del agua en edificios" es reducir el consumo total de agua, económicamente se puede traducir en la cantidad del recurso consumido que no es englobado para obtener un producto final, es decir las pérdidas y desperdicios de agua.

Al igual que en los sistemas públicos de abastecimiento, el control de las pérdidas reales en los sistemas prediales se basa principalmente en la gestión de presiones en la red, en la calidad y rapidez de las reparaciones de fugas y roturas, en el control activo de pérdidas y, en su caso, en la rehabilitación y sustitución de infraestructuras deterioradas, en la que se evidencie la necesidad de reposición (Alves, 2015).

Los consumos referentes al uso de agua en instalaciones residenciales o no residenciales se reflejan esencialmente en los dispositivos utilizados, principalmente en el sector doméstico, este sector constituye una parte significativa en lo que se refiere a la obtención de resultados satisfactorios en la aplicación de equipos eficientes.

Es necesario la implementación de reglamentos técnicos dirigido a los fabricantes de equipos hidráulicos, estableciendo requisitos específicos para la certificación y rotulado de sus productos.

2.1. Distribución de consumo de agua potable en Edificios del Ecuador

En Ecuador existe un estudio de la distribución de consumos de agua potable en el sector doméstico, realizada en la ciudad de Cuenca por la empresa pública ETAPA, para cada uno de los usos en el sector doméstico presentado en la Figura 12.

Para el sector hotelero no se tiene una distribución de consumos, para el desarrollo del tema de eficiencia hídrica en edificios en aspectos generales se hará referencia en base al estudio realizado en la ciudad de Cuenca.

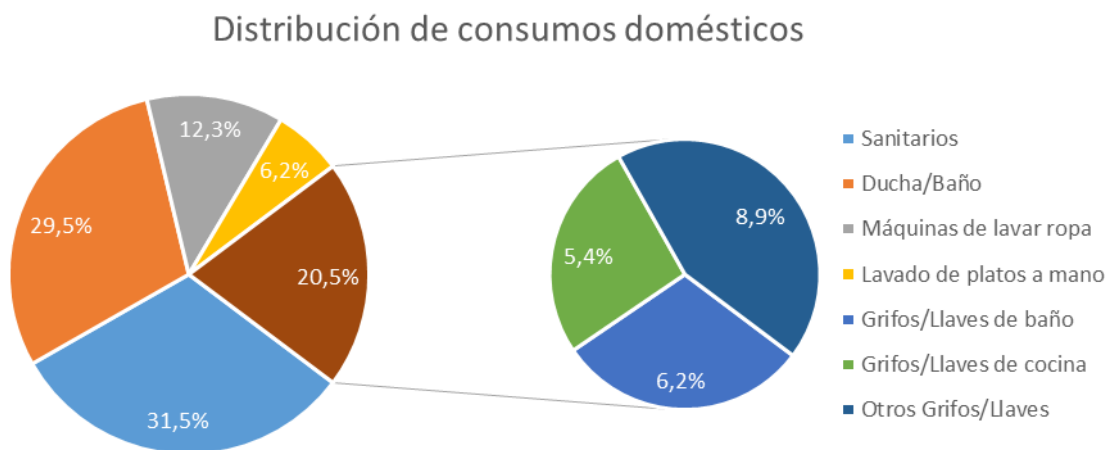


Figura 12: Distribución de consumos domésticos de agua potable, estudio realizado en Cuenca Ecuador.

Fuente: Programa "Agua para el mañana". Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y saneamiento de Cuenca (ETAPA), <http://www.etapa.net.ec>

Luego del análisis es notorio el peso de la higiene personal en los consumos domésticos de agua en Ecuador, debido a que en los últimos años se verifica una alteración en los hábitos de higiene, donde se verifica el aumento de la frecuencia del baño (ducha), lavado de manos y dientes. En conjunto los gastos de agua relativos a: ducha/baño y descargas de sanitarios corresponden al 61% del sector doméstico en Ecuador, lo que constituye un valor doméstico muy representativo.

Con el objetivo de reducir los consumos relacionados a la utilización de agua en estos dispositivos, contribuyendo al aumento de la eficiencia hídrica en los edificios se deben crear campañas de concientización y motivación que fomenten hábitos de uso de agua responsablemente por parte de los usuarios y la necesidad de implementación de equipos cuyo desempeño permita obtener el menor consumo de agua posible, garantizando la disponibilidad suficiente del recurso.

2.2. Principales medidas para reducir los consumos de agua en edificios

Como ya se ha señalado anteriormente, el agua potable es un bien esencial y escaso, y, por este motivo, su utilización debe realizarse de manera responsable de modo que podamos seguir disfrutándola. Es en este contexto es necesaria la implementación de medidas que conduzcan a su uso eficiente.

Las campañas de concienciación / motivación, reducción de pérdidas en los sistemas prediales de distribución de agua y el uso de dispositivos eficientes, son algunas de las medidas aplicables a edificios que buscan la protección del recurso agua. De las medidas mencionadas, la que más beneficios presenta, es el uso de dispositivos eficientes. En este sentido, debe recurrirse a la utilización de dispositivos con mejor rendimiento hídrico, tales como, cisternas con volúmenes de carga menores o con descarga doble, grifos y duchas de bajo caudal, o con reductores de caudal aplicados. En cuanto a las lavadoras y vajilla, la solución más adecuada pasa por la utilización de dispositivos que utilizan menor volumen de agua por ciclo de lavado.

El principio de las 5R, Figura 13 :



Figura 13: Principio de las 5R.

Fuente: (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017)

A continuación se presentan las principales medidas para reducir los consumos de agua en los edificios.

Realizar auditorías de eficiencia hídrica en edificios.

Las auditorías de eficiencia hídrica en edificios se realizan básicamente para mejorar la eficiencia en edificios, tanto en fase de proyecto como en edificaciones ya construidas. Se realiza toma de datos y seguimiento durante un tiempo determinado para conocer la eficiencia de los equipos que utilizan el recurso hídrico y si se está llevando un buen manejo del mismo, para así pensar en soluciones que lleven a un ahorro en el consumo de agua y por consiguiente un ahorro económico además de los beneficios sociales y ambientales.

Una auditoría de eficiencia hídrica debe realizar en los siguientes casos:

1. Si se piensa que los equipos hidráulicos sanitarios utilizados no son eficientes.
2. Los costos por consumo de agua se incrementan sin una razón lógica.
3. En los edificios no existe un adecuado uso de los recursos.
4. Se requiere implementar fuentes alternativas en puntos donde sea posible utilizar agua no potable.

En las auditorías de eficiencia hídrica en edificios se analizan o toman en consideración los siguientes parámetros:

1. Análisis de consumo en baños de acuerdo al tipo de usuarios y tiempos de consumo.
2. Análisis de consumo en equipos y aparatos sanitarios.
3. Análisis de consumo de agua en usos exteriores como riego o lavado de pisos.
4. Análisis hidrológico de la zona de implantación del edificio.
5. Posibles usos alternativos de aguas lluvias o aguas servidas para suplir necesidades donde exista la posibilidad de utilizar agua no potable.

Realizado la auditoría se plantearán medidas para corregir el exceso de consumo de agua potable. Cada una de las medidas se clasifica según el ahorro y el periodo de retorno económico de la inversión.

Aislamiento térmico en el sistema de distribución de agua caliente.

Cuando está destinada a fines domésticos o sanitarios, la temperatura del agua está entre los 50°C y los 60°C y en unidades de producción y acumulación está entre los 70°C y los 80°C. El aislamiento de las tuberías tiene como objetivo minimizar los flujos de calor, tanto por cuestiones de seguridad, como económicas (ahorrar energía).

La colocación de aislamiento térmico en las tuberías metálicas de los sistemas de

distribución de agua caliente (buenos conductores térmicos) permite reducir el volumen de agua desperdiciada hasta alcanzar la temperatura adecuada a los diferentes usos (baños, lavado de vajilla, etc.), conservando la temperatura del agua en el interior de los tubos durante un período de tiempo mayor. Este sistema será significativo principalmente durante épocas del año o en regiones del país en que las temperaturas sean más bajas (Alves, 2015).

Reducción de presión en el sistema predial de abastecimiento.

La reducción de presión en el sistema predial debe realizarse de acuerdo a las condiciones particulares de cada edificio, es decir, depende de varios factores como: tipo de utilización, número de pisos, número de usuarios a servir, entre otras. Esta reducción de presión a la entrada del sistema predial debe realizarse mediante la implementación de dispositivos reductores de presión, siempre que la presión en la red pública sea superior a la presión requerida en el sistema predial para hacer frente al consumo.

Utilización de equipos prediales eficientes.

Por lo general los consumos domésticos varían significativamente de región a región, dependiendo de los hábitos de consumos que son influenciados por los factores económicos, culturales y climáticos. Además de ello se deben considerar las pérdidas prediales, que también pueden influenciar el consumo doméstico.

La medida de utilización de equipos hidráulicamente eficientes, es una medida aplicable al sector doméstico que apuntan a la protección del agua, en este sentido se debe recurrir al uso de dispositivos con mejor desempeño hidráulico, tales como sanitarios con volúmenes de carga menores o con carga doble, grifos y duchas de caudal reducido o con reductores de presión, utilizar máquinas de lavar ropa o lavavajillas mediante utilización de dispositivos que utilizan menor volumen de agua por cada ciclo de lavado (Alcafache de Oliveira, 2014).

La utilización de dispositivos con un mejor desempeño hidráulico, es de las medidas que presentan más beneficios y puede ser aplicada en las instalaciones residenciales, colectivas y similares de diferentes formas, entre las cuales se puede evidenciar lo siguiente:

- Optimización del volumen de agua utilizado en los dispositivos;
- Control del tiempo de flujo de los dispositivos;
- Control de caudal que pasa por los dispositivos;
- Sustitución por dispositivos que no utilizan agua (sanitarios y urinarios).

Estas alternativas se pueden adoptar tanto en las duchas, grifos, urinarios, lavadoras y vajilla, como en usos exteriores, como en sistemas de lavado de pisos y vehículos. Algunos de los sistemas de eficiencia hídrica adoptados para estos dispositivos tienen un retorno financiero en un corto espacio de tiempo, lo que incentiva aún más su implementación. A veces basta una inversión poco significativa para mejorar considerablemente la eficiencia en el uso del agua (Alves, 2015).

- **Sanitarios.**

Como se puede verificar en la Figura 12, las descargas de los sanitarios tienen un gran peso en el consumo doméstico, corresponde aproximadamente el 31,5% del consumo de agua en las viviendas. Esta situación acontece también en las instalaciones comerciales, industriales o colectivas aunque con menor relevancia (Almeida et al, 2006).

Los modelos tradicionales de sanitarios pueden alcanzar los 15 litros por descarga, lo que provoca un gran impacto en el consumo de agua. Por lo que en Ecuador las empresas han desarrollado nuevos tipos de sanitarios con descargas de volúmenes inferiores (como por ejemplo 4,8 litros) con alta eficiencia en lo que respecta a la limpieza y al arrastre de sólidos. A su vez también en Ecuador existen sanitarios con doble descarga, los cuales permiten al usuario seleccionar: media descarga para líquidos o descarga completa para sólidos (materia fecal).

Dado que sólo el 33% de las descargas diarias por habitante necesitan un volumen mayor de agua para la limpieza de materia fecal, se torna evidente el ahorro significativo de agua en el uso de dispositivos de descarga doble en relación a la de descarga fija (Rossa, 2006).

Por otro lado, el consumo de agua con el sanitario también está asociado a la utilización inadecuada del mismo, es decir, a vertidos de residuos sólidos en el retrete y a fugas debido a la falta de estanqueidad del aparato (Almeida et al, 2006).

A continuación se presentan algunas medidas asociadas a la reducción de consumo de agua de los sanitarios (Almeida et al, 2006).

- Cambio de los hábitos de uso que induzcan desperdicios;
- Sustitución del sanitario por una más eficiente, es decir, con descarga reducida (4,8 litros) o con descarga doble;
- Mantenimiento periódico del sanitario de modo de detectar fugas indeseables;

- Reutilización de agua proveniente de otros usos para la descarga del sanitario;

De entre todas las medidas mencionadas anteriormente, la adaptación o sustitución del sanitario convencional por otro con menor consumo por descarga es la medida indicada como una de las más eficientes en la reducción del consumo total del edificio, Tabla 5. Las experiencias realizadas en otros países demuestran que el ahorro de agua puede alcanzar el 50% (Almeida et al, 2006):

Tabla 5: Síntesis de viabilidad de sustitución de sanitarios.

Potencial de reducción	Sanitario convencional: descarga de 10 litros
	Sanitario eficiente: descarga 4,8/3,5 litros
	Potencial de reducción: 28 m ³ /año/sanitario (aproximado) Eficiencia potencial: 60% (aproximado)
Ventajas	Reducción de consumo de agua y de volumen de agua residual producida
	Ahorro anual por sanitario: 41 \$ (Ecuador)
	Tiempo de retorno: 3 años (aproximado)
Inconvenientes	Falta de información sobre las características de los dispositivos en los locales de venta, la cual debe ser clara y objetiva.
Facilidad de aplicación	Requiere intervención de un técnico especializado

Fuente: (Almeida et al, 2006), adaptado a las condiciones de Ecuador.

▪ Duchas.

Como se puede verificar en la Figura 12, los baños representan aproximadamente el 29,5% del consumo de agua en los edificios. Este volumen está relacionado esencialmente con el caudal de la ducha, la duración del baño y el número de baños por día del núcleo familiar. La frecuencia y la duración del baño son muy difíciles de cuantificar por estar asociados a aspectos comportamentales, presentando variación en el tiempo y espacio. En media la duración del baño es entre 5 a 15 minutos, de acuerdo a los estudios realizados por (Almeida et al, 2006).

Además el caudal de la ducha depende de la presión con la que el agua llega al dispositivo o equipo utilizado para calentar el agua, siendo por esta razón, el caudal de agua caliente inferior al de agua fría para una misma abertura de la llave. Es decir, se debe tener en cuenta la compatibilidad entre la ducha y el sistema de calentamiento de agua (Alcázar de Oliveira, 2014).

Cuando se pretende reducir los consumos de agua en las duchas, se debe evitar que los usuarios sientan la sensación de desconfort o malestar al momento de tomar el baño, es decir,

se debe garantizar que la cantidad de agua sea óptima en calidad como es cantidad.

A continuación se presentan algunas medidas asociadas a la reducción de consumo de agua en duchas (Almeida et al, 2006):

- Uso preferencial de ducha en lugar de baño por inmersión;
- Tomar periodos cortos de ducha, no superior a los 5 minutos;
- Cierre de llave en el periodo de enjabonamiento y aplicación de shampoo;
- En el caso de tomar baño por inmersión, llene la bañera hasta 1/3 de su capacidad máxima;
- Recolección de agua fría proveniente de la ducha mientras esta no esté caliente para otros usos como: lavado de comida, higiene, riego y pequeñas limpiezas;
- Adoptar duchas que requieran menores caudales;
- Sustitución de ducha por un modelo más eficiente, instalación de dispositivos inclusores de aire o reductores de presión.

De las medidas presentadas la más eficiente para lograr la reducción de consumos de agua es la sustitución de la ducha convencional por un modelo más eficiente, con lo cual se logra una disminución de caudal, Tabla 6, por lo tanto, la reducción del volumen total en la utilización.

Tabla 6: Síntesis de viabilidad de sustitución de duchas.

Potencial de reducción	Ducha convencional: caudal de 12 litros/minuto Ducha eficiente: caudal 9 litros/minuto Potencial de reducción: 20 m ³ /año/ducha (aproximado) Eficiencia potencial: 25% (aproximado)
Ventajas	Reducción de consumo de agua y de volumen de agua residual producida Ahorro anual por ducha: 30 \$ (Ecuador) Tiempo de retorno: 1,5 años (aproximado)
Inconvenientes	Falta de información sobre las características de los dispositivos en los locales de venta, la cual debe ser clara y objetiva.
Facilidad de aplicación	No presenta dificultad de aplicación

Fuente: (Almeida et al, 2006), adaptado a las condiciones de Ecuador.

▪ **Grifos o llaves (lavamanos, bidet, lavaplatos).**

Los grifos o llaves son los dispositivos más comunes en los edificios, se estima que existen aproximadamente 5 por cada vivienda, distribuidas en la cocina, instalaciones sanitarias entre otros. Los principales factores asociados al consumo de este dispositivo son

el caudal, la duración de utilización y el número de utilizaciones por día del núcleo familiar. Lo cual la cuantificación se torna difícil por tener una gran variación temporal y espacial. De acuerdo a la Figura 12, los consumos de los grifos representa el 26,7% de los consumos totales de una vivienda donde se incluyen los grifos lavaplatos, lavamanos y otros usos.

Las medidas para el uso eficiente de agua aconsejado por Almeida et al., (2006), tienen un gran impacto en la reducción de volumen de los grifos o llaves:

- Evitar la utilización de agua corriente en actividades como el lavado de alimentos (asar un recipiente como alternativa);
- Utilizar el agua de cocción de vegetales para elaborar otros alimentos;
- Utilizar el agua del lavado de alimentos para otros usos, tales como el riego de plantas;
- Verificar el cierre correcto de los grifos o llaves;
- Cambio de los grifos o llaves por unos más eficientes (con sensores de movimiento o con cierre automático tipo flush);
- Adaptar dispositivos convencionales como los inclusores de aire o reductores de presión.

La medida más eficaz en búsqueda de la disminución de caudal o de volumen de utilización es la sustitución o adaptación de grifos o llaves convencionales por modelos más eficientes y con menor consumo de caudal de agua, Tabla 7.

Tabla 7: Síntesis de viabilidad de sustitución de grifos o llaves.

Potencial de reducción	Consumo de grifo o llave convencional: caudal de 12 litros/minuto Consumo de grifo o llave eficiente: caudal 7 litros/minuto Potencial de reducción: 34 m ³ /año/grifo o llave (aproximado) Eficiencia potencial: 42% (aproximado)
Ventajas	Reducción de consumo de agua y de volumen de agua residual producida Ahorro anual por ducha: 50 \$ (Ecuador) Tiempo de retorno: 1 año (aproximado)
Inconvenientes	Falta de información sobre las características de los dispositivos en los locales de venta, la cual debe ser clara y objetiva.
Facilidad de aplicación	No presenta dificultad de aplicación

Fuente: (Almeida et al, 2006), adaptado a las condiciones de Ecuador.

▪ **Máquinas de lavar ropa.**

Como se observa en la **Figura 12**, aproximadamente el 12,3% del consumo total de

una vivienda se lo destina para el uso de máquinas de lavar ropa, en Ecuador no se ha realizado hasta la actualidad un censo donde se determine el porcentaje de hogares que poseen máquinas de lavar ropa. Se considera que una máquina de lavar ropa es eficiente cuando el consumo es inferior a los 55 litros por lavado.

A continuación se presentan las medidas para mejorar la eficiencia en la utilización de máquinas de lavar ropa reduciendo los consumos de agua (Almeida et al, 2006):

- Utilizar la máquina de lavar ropa con carga completa;
- Evitar el uso de programas innecesarios como el pre-lavado;
- Substitución de máquinas de lavar ropa al fin del periodo de vida (periodo de vida entre los 8 a 16 años) por unas más eficientes, es decir, con un menor consumo de agua y energía.

La sustitución de este dispositivo por otro más eficiente es la medida que más beneficios se obtiene en lo que respecta a la reducción de consumo de agua y energía en la vivienda, Tabla 8.

Tabla 8: Síntesis de viabilidad de sustitución de máquinas de lavar ropa.

Potencial de reducción	Consumo de máquina convencional (media): 90 litros/lavada Consumo de máquina eficiente: 55 litros/lavada Potencial de reducción: 5,4 m ³ /año/máquina (aproximado) Eficiencia potencial: 33% (aproximado)
Ventajas	Reducción de consumo de agua y de volumen de agua residual producida Ahorro anual por máquina: 8 \$ (Ecuador)
Inconvenientes	Es posible que no se logre recuperar la inversión del equipo, debido a que el periodo de vida útil de la máquina no es extenso El temor de los usuarios de un menor rendimiento de lavado debido a los bajos consumos de agua
Facilidad de aplicación	No presenta dificultad de aplicación

Fuente: (Almeida et al, 2006), adaptado a las condiciones de Ecuador.

▪ **Máquinas de lavar platos.**

En Ecuador existe un bajo porcentaje de viviendas que poseen máquinas de lavar platos. Relativamente el consumo de agua estas máquinas requieren aproximadamente 22 litros por lavada. Las medidas que pueden ser adoptadas con la finalidad de mejorar la eficiencia de estos dispositivos (Almeida et al, 2006):

- Cumplir con las recomendaciones de los equipos, con respecto a los consumos

de agua, energía y aditivos;

- Usar siempre el dispositivo con su capacidad total de carga;
- Realizar adecuado mantenimiento de los filtros y remoción de los depósitos;
- Evitar la utilización de programas innecesarios con el pre lavado;
- Substitución de máquinas de lavar platos en el fin de la vida útil por equipos más eficientes, es decir, con menor consumo de agua y energía.

La sustitución de estos dispositivos por otros con mayor eficiencia, es la medida que produce mayores beneficios en lo que respecta a la reducción del consumo de agua y energía en la vivienda, Tabla 9.

Tabla 9: Síntesis de viabilidad de sustitución de máquinas de lavar platos.

Potencial de reducción	Consumo de máquina convencional (media): 35 litros/lavada Consumo de máquina eficiente: 12 litros/lavada Potencial de reducción: 3,1 m ³ /año/máquina (aproximado) Eficiencia potencial: 48% (aproximado)
Ventajas	Reducción de consumo de agua y de volumen de agua residual producida Ahorro anual por máquina: 5 \$ (Ecuador)
Inconvenientes	Es posible que no se logre recuperar la inversión del equipo, debido a que el periodo de vida útil de la máquina no es extenso El temor de los usuarios de un menor rendimiento de lavado debido a los bajos consumos de agua
Facilidad de aplicación	No presenta dificultad de aplicación

Fuente: (Almeida et al, 2006), adaptado a las condiciones de Ecuador.

▪ Usos exteriores.

En el sector doméstico, los usos exteriores de agua incluyen esencialmente el riego en áreas verdes, lavado de patios y vehículos y llenado de piscinas (Almeida et al, 2006). Representan alrededor del 8,9% del total de consumo en el sector doméstico y además depende de varios factores.

En el caso de riego es áreas verdes, los consumos de agua presentan variaciones respecto al tipo de espacio, tipo de ocupación del suelo, clima, estación del año, entre otros. En general, el consumo de agua de los usos exteriores es más elevado en los meses de verano (Almeida et al, 2006).

En gran parte de los casos, el uso ineficiente de agua en esta situación se debe al riego excesivo, es decir, al desconocimiento de las necesidades reales de las plantas y de la

capacidad de almacenamiento del suelo. De tal manera, se debe evitar situaciones de uso ineficiente de agua, por lo que resulta necesario definir la cantidad de agua a aplicar, la duración de riego y la frecuencia del riego. Esta medida puede ser conseguida a través de la instalación de sistemas de riego programados, riego gota a gota, entre otros (Almeida et al, 2006).

La medida más eficiente a ser tomada en el riego de espacios verdes es la substitución del uso de la red pública por agua proveniente de orígenes alternativos (pozos, agua de lluvia y agua residual tratada) (Almeida et al, 2006).

En el caso de las piscinas privadas, el consumo de agua se da esencialmente debido al llenado periódico de la piscina (o recirculación de agua tratada) y la reposición del volumen significativo de agua evaporada. También se debe considerar las pérdidas de agua en las tuberías o a través de cualquier grieta existente en la estructura de la piscina (Almeida et al, 2006).

Dispositivos reguladores de consumos de agua.

Estos dispositivos pueden ser colocados en grifos o llaves de lavamanos, lavaplatos, grifos exteriores y duchas. Estos dispositivos tienen varias alternativas de utilización, los cuales se muestran en la Figura 14:

- Incluidores de aire o aeradores.- instalados en la salida de agua de los grifos, inyecta aire durante el flujo de agua y reducen así la sección de paso de agua por el grifo, permitiendo una reducción de caudal hasta cerca del 75%, para valores entre los 3,8 y 6 litros por minuto;
- Pulverizadores.- similares a los incluidos de aire, pero sin introducción de aire por orificios laterales, dividen el chorro de agua en pequeños haces reduciendo el caudal para valores entre 3,8 y 8 litros por minuto;
- Reguladores de caudal.- con una llave reguladora que permite ajustar el caudal al nivel deseado, disminuyendo así el caudal de los grifos; indicado para lugares con grandes presiones y para edificios con grandes variaciones en los niveles de presión;
- Prolongadores.- permiten dirigir el chorro de agua, proporcionando una mayor eficiencia en el uso del grifo; permite reducir el caudal hasta un 75% y sus valores van de los 3,8 a 6 litros por minuto.



Figura 14: *Inclusores de aire (a), pulverizador (b), regulador de caudal (c), prolongador (d).*

Fuente: (Alves, 2015), adaptado.

Instalación de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia y/o de aguas grises.

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia y su almacenamiento para posterior utilización en las actividades donde se requiera agua no potable, es también una medida eficiente en el ahorro de agua. Esta medida será explorada y desarrollada en la *sección 2.3.*

– *Aprovechamiento del agua lluvia y reutilización de aguas grises.*

2.3. Concepto de pérdidas de agua

Pérdida de agua, es el recurso consumido pero que no es requerido por el producto final. Además en este rango están las deficiencias en las instalaciones de agua potable de los edificios que conllevan a una pérdida física o real de agua, lo cual conlleva a un consumo de recurso superior al necesario para un mismo resultado.

2.3.1. Factores que influyen las pérdidas de agua

En los que se refiere a las pérdidas de agua, las situaciones más comunes observada en los edificios son: sanitarios, redes exteriores de riego (que generalmente están enterradas) e instalaciones de agua potable deficientes ya sea porque son instalaciones antiguas o por una deficiente instalación.

- **Deficiencias en las instalaciones prediales de agua potable y de las redes exteriores de riego.**

Es el volumen agua que se pierde debido a la deficiente instalación lo cual genera que la red predial de distribución predial no funcione de manera óptima; dentro de este tipo de pérdidas o fugas se tienen: fugas visibles y las fugas no visibles, siendo este último tipo de fugas muy difíciles de detectar y para su detección es necesaria la utilización de metodologías diferentes a las convencionales.

Los principales problemas visibles en las redes de distribución predial son los siguientes:

- Presión de servicio fuera del rango admisible por la red predial;
 - Accesorios incorrectamente instalados;
 - Accesorios y tuberías de mala calidad;
 - Red predial que ha cumplido el periodo de vida útil y requiere mantenimiento;
- **Fuga en aparatos sanitarios.**

Los factores que influyen las fugas en los aparatos sanitarios se originan con el uso concurrente de estos, debido a ello se originan desperfectos que ocasionan fugas de agua, este tipo de fugas puede originarse generalmente en: sanitarios, urinarios, grifos y llaves que se encuentran en los terminales de consumo de la red predial.

2.3.2. Técnicas de detección y localización de fugas

En lo referente a las técnicas de detección y localización de fugas de agua en edificios existen algunas técnicas simples a las que se puede recurrir.

- **Observación del medidor de agua en horas de no consumo.**

La observación del medidor de agua en horas de no consumo u horas de descanso permite detectar fácilmente la existencia de pérdidas en la red predial de agua potable. Ya que como es de fácil interpretación en el caso de que existan fugas o pérdidas de agua el medidor continuará marcando consumo de agua (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017).

- **Succión de agua por el grifo.**

La succión de agua por el grifo es una técnica de detección de fugas en la que se debe seguir una serie de pasos:

1° Cerrar el medidor o contador al ingreso de la red;

2° Abrir el grifo más distante en el edificio;

3° Esperar hasta que el agua pare de correr.

4° Colocar un vaso lleno de agua en la boca del grifo.

Si hubiera succión de agua del vaso por el grifo, significa que existe fuga en la red predial de agua potable (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017).

- **Ceniza de cigarrillo en sanitarios.**

En el caso de los sanitarios puede realizarse la detección mediante ceniza de cigarrillo, la cual debe ser colocado en el aparato sanitario y esperar para ver si la ceniza queda depositada en el fondo o si la ceniza es arrastrada; lo cual es indicador que existe fuga de agua en la salida de la descarga del sanitario (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017).

- **Colocación de colorante en el agua del sanitario.**

Una de las técnicas más usadas en la detección de fugas es la coloración del agua del sanitario, lo cual tiene un proceso similar a la técnica mencionada anteriormente, que consiste en verificar si el agua con colorante mantiene su color durante el tiempo que el agua reposa en el sanitario.

- **Inspección visual.**

Sin duda alguna es la técnica más usada, ya que no es necesario realizar un procedimiento complicado para la detección de fugas o pérdidas, básicamente consiste en la detección de zonas donde existe presencia de agua o humedad ya sea en techos, paredes o pisos del predio.

- **Detección de fugas mediante equipos.**

Es un método de detección en el que se identifican las áreas e instalaciones con potencial de existencia de fugas, a través de mediciones. Posteriormente estas áreas son investigadas para ubicar las fugas de agua existentes utilizando equipos de detección de fugas como por ejemplo micro cámaras, geófonos, entre otros..

Para realizar la técnica de detención de fugas de manera efectiva se debe tener un catastro de la red de distribución predial actualizada para evitar interferencia en los resultados ya que el equipo de detección es susceptible de identificar otras redes de distribución predial (sistema contra incendios, sistemas de gas centralizado, sistemas de desagüe, entre otros).

2.4. Aprovechamiento del agua lluvia y reutilización de aguas grises

El aprovechamiento del agua de lluvia y la reutilización de aguas grises, permite reducir los consumos de agua potable y constituyen una solución ventajosa en el sentido de aumentar la eficiencia en los sistemas de abastecimiento públicos y prediales.

2.4.1. Encuadramiento general

El aprovechamiento de agua sólo puede ser aplicado cuando existe una disponibilidad de fuentes alternativas de agua sean provenientes de lluvias o aguas grises, para poder ser utilizada en determinados usos compatibles, es decir para usos no potables (Almeida et al, 2006).

Los orígenes más utilizados para la sustitución del agua en la red pública de abastecimiento para algunos usos en instalaciones prediales, son las aguas provenientes de bañeras, duchas, bidés y lavatorios (reutilización de aguas grises) o el aprovechamiento de fuentes alternativas como el agua lluvia. Estas aguas de calidad inferior y no potable se

pueden utilizar para descargas de sanitarios o urinarios, lavados de patios o de coches y riego de jardines, siendo necesario un tratamiento de acuerdo con la calidad del agua reaprovechada y la utilización para la que está destinada (Almeida et al, 2006).

En la actualidad, la medida con mayor viabilidad será la utilización de aguas lluvias con almacenamiento, para posterior utilización externa en zonas donde no se requiera la utilización de agua potable como: lavado de patios, vehículos y también para riego de jardines (Almeida et al, 2006).

2.4.2. Sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias

Adoptar un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia para posteriormente poder ser utilizado constituye una medida bastante eficiente en lo que se refiere al uso racional del agua. No se trata de agua potable, las utilizables más susceptibles de funcionar con este tipo de sistema serían las que no necesitan agua potable para cumplir su objetivo, como sistemas de riego, descargas de sanitarios, lavado de ropa, lavado de patios y vehículos y también los sistemas contra incendios (Alves, 2015).

Como se muestra en la Figura 12 las actividades para las que no es necesaria la utilización de agua potable representa aproximadamente el 45% de los gastos relativos al consumo de agua en edificios, es decir, casi la mitad del agua potable consumida en edificaciones podría ser sustituida por agua proveniente de un sistema de aprovechamiento (Alves, 2015).

El funcionamiento de este tipo de sistema está altamente dependiente de la variación de la precipitación en la región donde se implementa y obliga a que la red esté equipada con un sistema alternativo con funcionamiento tradicional para garantizar el suministro de agua en cualquier situación (Alves, 2015). Un análisis cuidadoso de las precipitaciones medias será un buen indicador para verificar si será o no ventajoso realizar una inversión en este tipo de sistemas.

2.4.2.1. Elementos constituyentes.

Con el propósito de reducir los consumos de agua de la red pública y consecuentemente los costos asociados a ellos (menor volumen de agua de saneamiento, reducción del escalón de tarifación y reducción del valor asociado a la tasa de saneamiento,

ya que éste se asocia el valor de agua potable consumida), la instalación de un Sistema de Almacenamiento de Aguas Pluviales (SAAP) presenta un gran número de ventajas, entre ellas la facilidad y flexibilidad de instalación, la ausencia de olores, la facilidad de operación y el mantenimiento (a partir de un funcionamiento automático y con relativamente pocas intervenciones humanas), con costos de inversión y de funcionamiento que permiten un retorno económico a corto plazo, sin presencia de ruidos y con garantía de seguridad funcional. Además de estos aspectos, este sistema contribuye también a la preservación y uso sostenible de los recursos naturales (agua) y un control sobre las inundaciones urbanas, en las que el suelo se encuentra más impermeabilizado (Ecodepur, 2018).

El funcionamiento de un SAAP consiste en la recuperación y almacenamiento de agua de lluvia y posterior reutilización para fines domésticos o industriales que no exijan el uso de agua potable.

En resumen, este sistema está compuesto por una cisterna, donde se almacena el agua de lluvia, un sistema de filtración y una unidad de control. El agua de lluvia es recogida a través del sistema de drenaje de aguas pluviales y posteriormente encaminada hacia un filtro para llegar a la cisterna sin la mayor parte de los sedimentos (OLI, 2012).

De una forma más detallada, el SAAP está constituido por (Figura 15):

- Superficie de captación, recogida de agua desde las cubiertas, terrazas o patios;
- Sistema de transporte, encaminamiento del agua de lluvia mediante tubería de desagüe para aguas lluvia existentes en los edificios;
- Dispositivos de filtración;
- Dispositivos de almacenamiento;
- Sistema de distribución, el agua se conduce a los puntos de utilización a partir de un proceso de bombeo o por gravedad.

El mantenimiento de los sistemas de transporte debe realizarse periódicamente, así como la limpieza interna del depósito (entre 5 y 10 años) y el control del sellado de todos los componentes y conexiones. El filtro también debe limpiarse regularmente (una o dos veces al año) (OLI, 2012).

En cuanto a cuestiones de seguridad, las redes de agua pluvial reciclada y las redes públicas de abastecimiento son independientes para impedir la contaminación de la red de agua potable (Ecodepur, 2018).

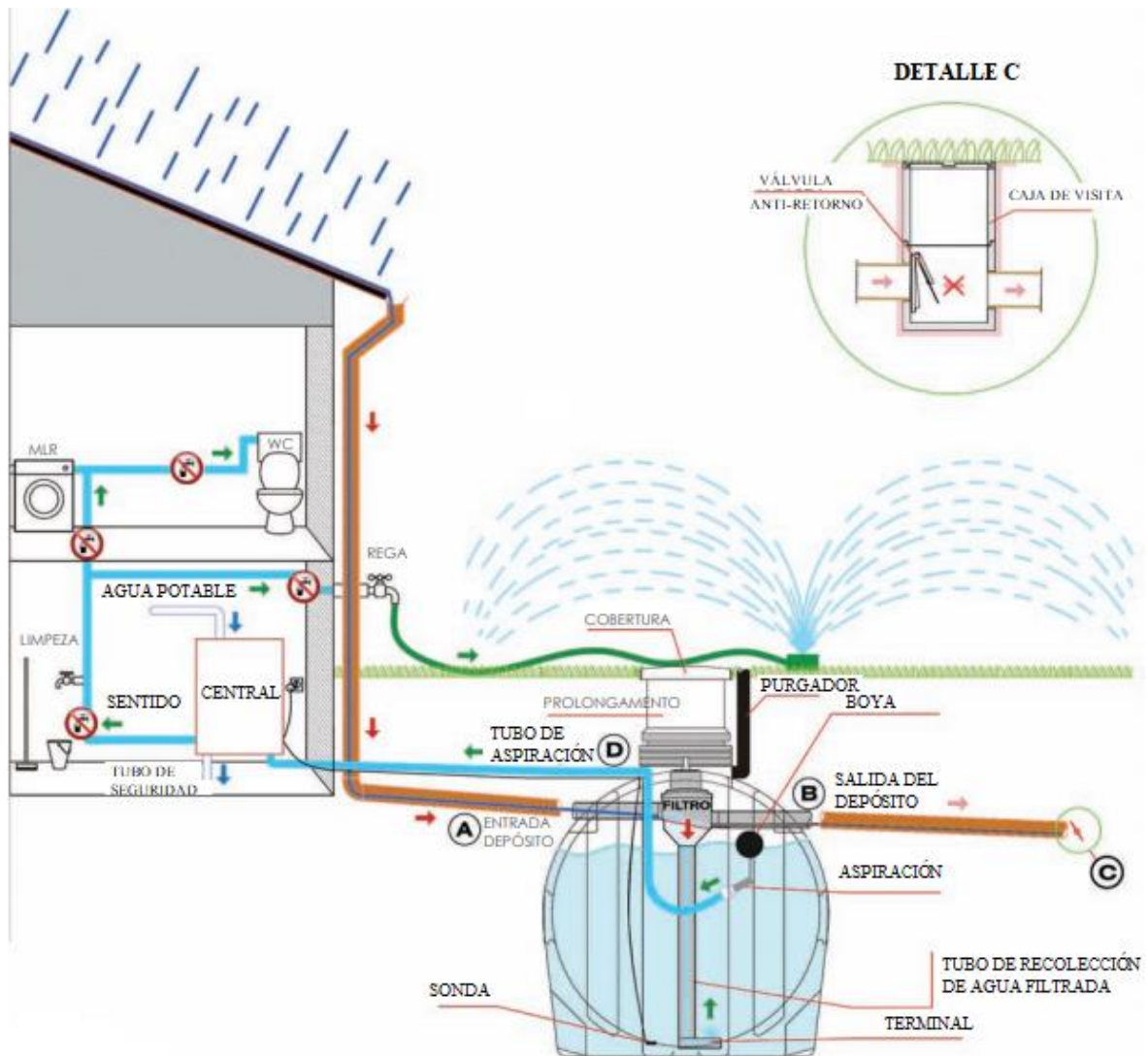


Figura 15: Ejemplo esquemático del funcionamiento de un SAAP.

Fuente: (OLI, 2012), adaptado.

2.4.2.1.1. Dispositivos de filtración

Estos dispositivos posibilitan la llegada de agua a la cisterna sin hojas, polvo, plaguicidas o desechos de animales y se dividen en mallas de protección, dispositivos de desvío del flujo inicial (first flush) y filtros como se observa en la Figura 16. Los residuos extraídos por los sistemas de filtración se conducen con un pequeño volumen de agua a la red de desagüe pluvial (Alves, 2015).

Las mallas de protección se instalan en las cañeras y pueden ser plásticas o metálicas y separan los residuos de mayor tamaño; al no ser esenciales para el funcionamiento del sistema, el desviador de flujo inicial se convierte en práctica como consecuencia de la acumulación de suciedad en las zonas de captación durante el periodo de verano prolongado,

rechazando la primera agua para contener una mayor cantidad de impurezas y sedimentos (Alves, 2015).

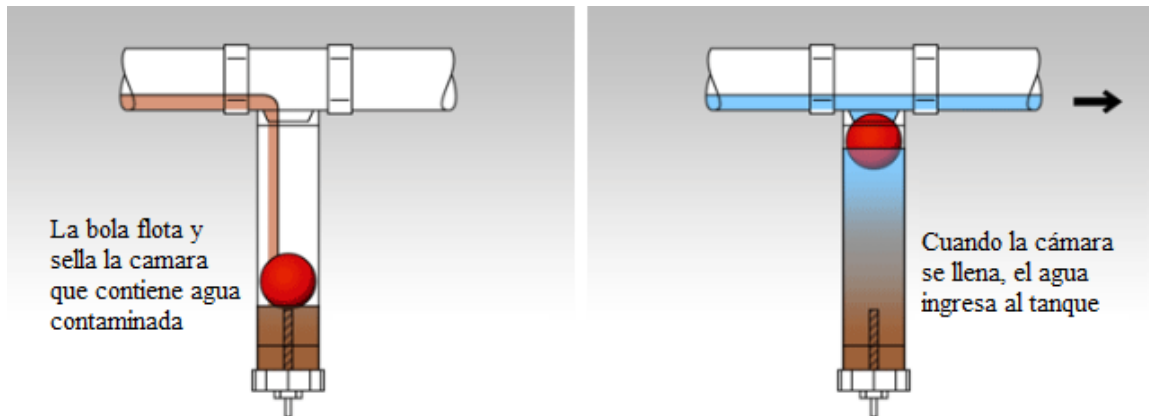
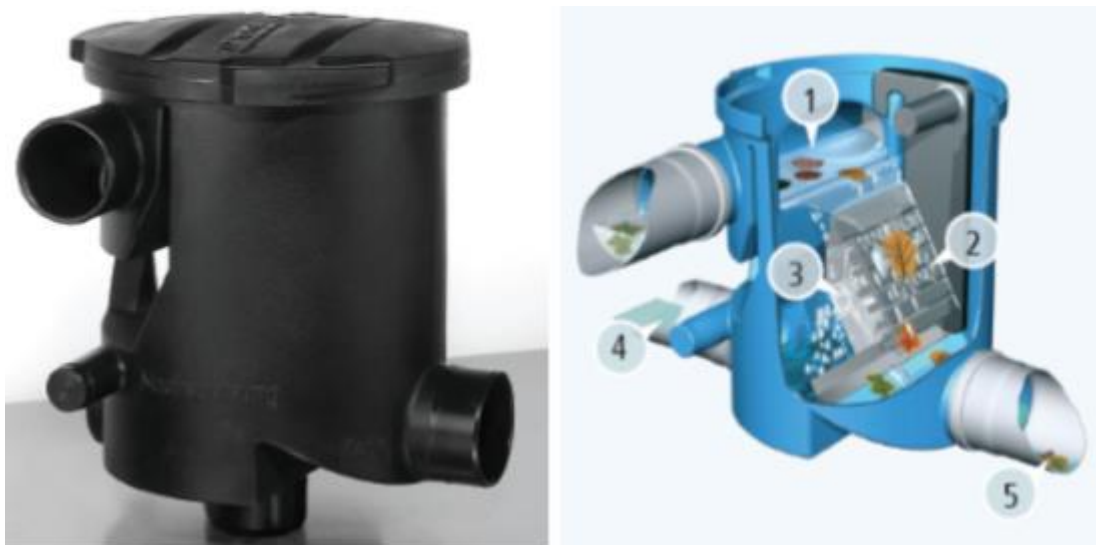


Figura 16: Esquema de funcionamiento del desviador del primer flujo.

Fuente: (Rain Harvest Systems, 2018), adaptado.

El filtro se puede ubicar en la parte interior o exterior de la cisterna y es imprescindible para retirar los últimos residuos presentes en las aguas pluviales y funciona de acuerdo con el esquema de la Figura 17.



1.- Entrada de aguas lluvia; 2.- primer filtro, envía los mayores residuos para la red de que envía los mayores residuos para a red de aguas lluvias (5); 3.- segundo filtro en "cascada"; 4.- agua limpia direccionada para la cisterna.

Figura 17: Ejemplo de filtro para un SAAP y su esquema de funcionamiento.

Fuente: (Rain Harvest Systems, 2018), adaptado.

2.4.2.1.2. Dispositivos de Almacenamiento

Los tanques de almacenamiento pueden ser superficiales o subterráneos y constituidos por diferentes materiales, siendo más comunes las cisternas de polietileno de

alta densidad PEAD (Figura 18) u hormigón armado, dependiendo del número de usos deseado (Alves, 2015).

La adopción de un SAAP presupone un dimensionamiento adecuado del volumen del depósito, por lo que es necesario considerar diversos factores para el efecto, tales como el volumen de agua a aprovechar (dependiendo del tipo de flujo de las cubiertas o patios, de las precipitaciones medias acumuladas y del área de captación) y el consumo estimado de cada dispositivo a ser alimentado por este sistema en cada edificio (OLI, 2012).



Figura 18: Ejemplo de una cisterna subterránea de SAAP.

Fuente: (Ecodepur, 2018).

Normalmente, estas cisternas tienen dimensiones significativas, por lo que la utilización de depósitos subterráneos, además de mantener el agua siempre en un lugar oscuro y fresco y no ocupar espacio destinado a otros usos, garantizan una mayor seguridad en caso de fugas (Alves, 2015).

Cuando la utilización de agua sea inferior a la producción de agua pluvial, la cisterna deberá estar dotada de un sistema *bypass* que proceda a la evacuación en la red del exceso de agua pluvial y excluya la posibilidad de extravasación. Contrariamente, en caso de falta de agua en el sistema (utilización superior a la producción de agua pluvial), un módulo de compensación garantizará el funcionamiento continuo de los dispositivos de suministro admitiendo agua de la red (OLI, 2012).

2.4.2.2. Especificaciones técnicas

En Ecuador actualmente no se dispone de especificaciones técnicas para este tipo de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, por lo que para el caso de estudio de adoptará

especificaciones internacionales.

Con el fin de garantizar un funcionamiento correcto de un SAAP en Portugal, el diseño debe llevarse a cabo de acuerdo con la Especificación Técnica ANQIP (ETA 0701 - Utilización de agua sistemas de aguas pluviales) y certificado de acuerdo con ETA 0702 (ANQIP, 2015).

Estas son las primeras Especificaciones Técnicas portuguesas en sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia, lo que indica la formación típica de un SAAP, el método de cálculo del volumen de agua de la precipitación disponible, los usos de esta agua y la calidad necesaria y donde se desarrollan los aspectos más relevantes de los depósitos y los correspondientes equipos.

2.4.3. Sistemas prediales de reciclaje y reutilización de aguas grises

Las aguas grises son el resultado de actividades relacionadas con la higiene personal (procedentes de bañeras, duchas, lavabos y bidés), el lavado de ropa y la confección de alimentos. Al igual que los SAAP, la reutilización de aguas grises contribuye a la utilización sostenible del agua, así como minimiza el uso de agua potable y la preserva para usos en los que realmente es necesaria.

De esta forma, y en el sentido de impedir eventuales problemas de salud pública, es imprescindible la utilización de reglamentación técnica adecuada, así como la disponibilidad en el mercado nacional de equipos necesarios y una divulgación de la tecnología. Actualmente para implementar este tipo de sistemas se requiere una inversión significativa para instalar redes dobles de distribución y sistemas de tratamiento apropiados. Así, a pesar de representar un interés en términos de eficiencia y de reducción de caudales de aguas residuales, esta medida presenta algunos inconvenientes relacionados con los costes, la salud pública y la reglamentación (Almeida et al, 2006).

En los sistemas de reciclaje y reutilización de aguas grises o negras debe garantizarse en todo instante la seguridad del agua, por lo tanto, se debe mantener un estricto control sobre las condiciones operacionales para mantener el abastecimiento de agua segura para la salud humana, desde la fuente de almacenamiento hasta el consumidor final (Figura 19). De acuerdo con las orientaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), nos indica que la introducción de aguas no potables en la instalación predial tienen evidentes riesgos

sanitarios, por lo que debe realizarse una adecuada gestión y que los sistemas de control del agua tengan como base un Plano de Seguridad de Agua (PSA) (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017).

En términos generales, el dimensionamiento, instalación y funcionamiento de los Sistemas Prediales de Reutilización y Reciclaje de Aguas Grises (SPRRAG), deben respetar normas y reglamentos nacionales o internacionales aplicables a las instalaciones prediales o cualquiera de sus componentes, incluyendo la legislación sobre la seguridad e calidad del agua con el fin de asegurar la salud de los usuarios del predio en estudio (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017).



Figura 19: Representación esquemática de una instalación predial de un SPRRAG.

Fuente: (Valente & Da Silva, 2010).

Los principales procedimientos que deben tenerse en cuenta a la hora de adoptar un SPRRAG son determinar la cantidad de aguas grises por edificio, definir los usos de las aguas residuales tratadas, dimensionar e instalar un depósito de almacenamiento de las aguas residuales antes de la fase de tratamiento, instalar un sistema de tratamiento de acuerdo con los parámetros de calidad deseados y dimensionar el sistema de distribución de acuerdo con los puntos de utilización.

La cantidad de aguas grises o negras puede variar considerablemente en función de los hábitos sanitarios y el nivel de vida de los habitantes. Actualmente no se tienen estudios específicos en edificios nuevos o rehabilitados donde hayan sido instalados dispositivos de la clase de eficiencia hídrica B o superior, por lo que el consumo medio de agua se estimará alrededor de 100 l/(hab.día) y la producción de aguas grises de 70 l/(hab.día) (Silva - Afonso

& Pimentel - Rodrigues, 2017).

De acuerdo con esta alternativa, se estima el potencial de reutilización es de cerca de 40 l/(hab.día), de los cuales entre 25 a 35 l/(hab.día) se utilizará en descarga de sanitarios. La definición del balance hídrico en edificios residenciales que se presenta en la Tabla 10 puede naturalmente ser adoptada para edificios no residenciales. Esta tabla fue adoptada por ANQIP en base a estudios realizados por la *FBR – Fachvereinigung Betriebs-und Regenwassernutzung e.V* (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017).

Tabla 10: Balance Hídrico en edificios residenciales con reutilización de aguas grises (Valores medidos en litros por habitante y por día).

Naturaleza del agua utilizada	Usos de agua	Aguas residuales producidas	Destino del agua
52 litros de agua de consumo humano	40 litros para ducha, baño y lavamanos	70 litros de aguas grises	48 litros de aguas grises a regenerar y reutilizar
	12 litros para la cocina		
	5 litros para limpiezas		
48 litros de agua regenerada	13 litros para máquina de lavar ropa	25 litros de aguas negras	22 litros de aguas grises a descargar
	25 litros para descarga de sanitarios		
	5 litros para riego en espacios verdes y exteriores		

Fuente: (ANQIP, ETA 0905 – Sistemas predias de reutilização de águas cinzentas, 2013).

En edificios, cuando se dispone de un sistema de reutilización de aguas grises tratadas para fines potables implica que se instale una red de abastecimiento independiente para este sistema, por la tanto, implica un valor significativo en la inversión inicial. Por el contrario, la reutilización de aguas residuales para fines no potables, como riego de espacios verdes y lavados exteriores, no obedece a criterios de duplicación de la red, convirtiéndose así en un sistema económicamente viable (Alves, 2015).

En algunos casos, el agua gris puede ser directamente dirigida de los desagües de la ducha y lavabo para ser reutilizada solamente en la cisterna. Sin embargo, sin tratamiento previo esta no puede almacenarse más de dos horas antes de ser reutilizada, siendo más indicado optar por un sistema con tratamiento (Alves, 2015).

La producción de aguas grises y sus grados de polución son esencialmente determinados por los hábitos de los consumidores, resultado de la higiene personal,

detergentes, suciedad del cuerpo y de la ropa. Los cuales son considerados como fácilmente biodegradables (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017).

Para el reciclaje de aguas grises además se debe tener en consideración parámetros que pueden tener gran impacto en la salud de los usuarios de los edificios tales como: Coliformes fecales y totales, estreptococos fecales, legionella spp, salmonela, parásitos entéricos, entre otros, los cuales deben ser controlados mediante análisis periódicos y deben cumplir los valores máximos admisibles determinados por los organismos de salud de cada país o región donde se pretenda instalar los sistemas de reutilización y reciclaje de aguas grises.

2.4.3.1. Procedimientos de tratamiento de aguas grises

Los procesos de tratamiento existentes para aguas grises se dividen esencialmente en:

1. Sistemas biológicos de tratamiento;
2. Tecnología de membranas;
3. Tecnologías combinadas.

En caso de que la reducción de materia orgánica vaya acompañada de una reducción microbiológica (puede ocurrir en el momento de la utilización de membranas o filtros), no es necesario un proceso específico de desinfección.

En cuanto a la desinfección, se debe evitar el uso de cloro debido a que puede generar compuestos orgánicos de cloro, perjudiciales para el medio ambiente y la salud pública (Valente & Da Silva, 2010).

2.4.3.2. Descripción de un sistema

Una de las técnicas más utilizadas en los SPRRAG es la utilización de radiaciones ultravioleta después de la separación de sólidos y un tratamiento biológico, presenta las siguientes etapas (Valente & Da Silva, 2010):

1. Pre filtrado.- el filtro retiene las partículas de mayor tamaño, como las fibras textiles, el pelo, etc., y se limpian automáticamente, con el lanzamiento de los retenidos en la red de aguas residuales;
2. Tratamiento biológico.- en la primera etapa de tratamiento (depósito de la izquierda), se hace burbujear oxígeno atmosférico, el cual mantiene en suspensión las partículas

que sirven de soporte a los microorganismos que promueven la degradación de la materia biodegradable por procesos metabólicos;

3. Sedimentación.- durante el tratamiento anterior se genera un exceso de lodos activados, los cuales, después de la sedimentación, son automáticamente removidos a intervalos determinados y descargados en la red de aguas residuales;
4. Desinfección por ultravioletas.- después de la sedimentación, el agua pasa a través de una lámpara UV, para esterilización.

Este tipo de sistemas está en constante investigación, ya que, al presentar varios inconvenientes de tipo operacional y de salud humana en tiempos prolongados de parada debido a los riegos que origina la retención de este tipo de aguas.

2.5. Certificación y rótulos de eficiencia hídrica

Últimamente se ha observado una mayor preocupación por parte de las empresas e investigadores en el desarrollo de soluciones más eficientes para dispositivos que utilizan agua en edificios. Los sistemas de certificación y etiquetado, asociados a esta preocupación, son de extrema importancia en el sentido de promover y garantizar la calidad y eficiencia en las instalaciones prediales, alentando a la población a la inversión en nuevos dispositivos cuyo desempeño contribuya al aumento de la eficiencia hídrica en sus viviendas (Alves, 2015).

Además la certificación de eficiencia hídrica crea un entorno de competitividad entre las diversas empresas, asegurando que sus productos constituyen una plusvalía para la propia empresa. Estos sistemas se han desarrollado a lo largo de los últimos años y han sufrido una gran adhesión por parte de los países desarrollados, e incluso en desarrollo.

Dependiendo de las entidades de etiquetado y certificación, la selección de dispositivos para la asignación de las etiquetas de eficiencia hídrica se realiza siguiendo dos diferentes procesos:

- Etiquetado asignado a equipos que garanticen gastos inferiores a un valor estipulado por cada entidad;
- Rotulación asignada de acuerdo con varios niveles de eficiencia, correspondientes al grado de eficiencia de cada equipo.

En Ecuador actualmente no existe una organización que realice las certificaciones a entidades o productos, razón por lo cual se utilizan sistemas certificados internacionalmente, los cuales han sido adaptados a las condiciones nacionales.

2.6. Sistemas internacionales para evaluación de eficiencia hídrica

A nivel mundial existen varios sistemas para evaluación de eficiencia hídrica como por ejemplo: Nordic Ecolabel, utilizado en países como Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia; The Blue Angel en Alemania; Watersense en Estados Unidos; Waterwise, utilizado en el Reino Unido; WELS (Water Efficiency Labelling and Standards), aplicado en Australia, Singapur, Nueva Zelanda y Hong Kong (Figura 20).



Figura 20: Representación esquemática de una instalación predial de un SPRRAG.

Fuente: (Alves, 2015).

▪ Portugal

La ANQIP “Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais” es la entidad Portuguesa responsable para la certificación hídrica de productos. Tiene como objetivo la promoción y la garantía de la calidad y de la eficiencia en instalaciones prediales, con particular énfasis en las instalaciones de agua potable y alcantarillado.

Con el fin de reducir las ineficiencias en edificios, en noviembre de 2008, la ANQIP creó un sistema de Certificación y Etiquetado de Eficiencia Hídrica de Productos, con la certificación de sanitarios, habiéndose ampliado posteriormente a duchas y grifos.

La Certificación y Etiquetado de Eficiencia Hídrica presenta, en general, 7 clases de eficiencia hídrica, que varían entre A ++ y E de acuerdo a la Figura 21; siendo que el mejor desempeño corresponde a la letra A (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017).

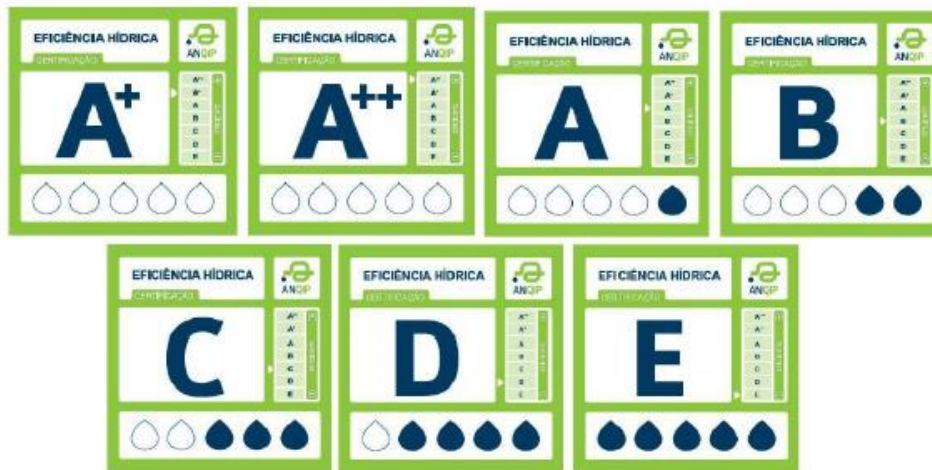


Figura 21: Rótulos de eficiência hídrica desenvolvidos por a ANQIP.

Fuente: (Alcafache de Oliveira, 2014).

El sistema se basa en Especificaciones Técnicas (ETA) desarrolladas por Comisiones Técnicas de la ANQIP para los diversos productos con el propósito de establecer las condiciones de realización de los ensayos de certificación y un patrón de valores de referencia, con asignación de cada una de las letras arriba indicadas (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017).

3. CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO NO RESIDENCIAL DE TIPO COLECTIVO (HOTELES)

En el presente capítulo se analizarán los consumos de agua de un edificio no residencial de tipo colectivo, específicamente en el caso de un hotel existente, en el cual posteriormente se estudiará la implementación de medidas que promuevan el uso eficiente de agua y que consecuentemente reduzcan sus consumos.

La evaluación de los consumos antes y después de la aplicación de medidas eficientes, el análisis de la factura de agua, las inversiones y el retorno de la inversión se analizarán para elegir cuál es la solución que presenta mayores beneficios al momento de aplicar en el edificio no residencial de tipo colectivo.

En el caso particular del presente caso estudio, el cual se basa en determinar los consumos de agua en el sector hotelero; de acuerdo a varias recomendaciones de normativas americanas y europeas se estima un consumo promedio de uso de agua es de 200 a 300 litros/usuario/día. Pero cave recalcar que son valores estimados y se debe analizar cada uno de los casos de manera independiente para poder determinar el padrón de consumo de cada caso de estudio.

3.1. Descripciones generales

El edificio no residencial de tipo colectivo (hotel), donde se evaluará la eficiencia hídrica como parte del presente trabajo investigativo está ubicado en Ecuador, en la Provincia de Pichincha, en la Ciudad de Quito que se sitúa a 2850 msnm.

El Hotel Dann Carlton dispone de 2 edificios con 210 habitaciones, piscina, gimnasio, restaurantes y bar; se encuentra dotado de una infraestructura relativamente nueva (aproximadamente 12 años de existencia) en la cual constantemente se han implementado nuevas tecnologías, ofreciendo a los usuarios un excelente servicio con seguridad y confort en sus instalaciones, además de estar ubicado en un sector privilegiado del Quito moderno cerca de las zonas corporativas y financieras le concede la categoría de Hotel 5 estrellas (Figura 22 y Figura 23).

El Hotel Dann Carlton tiene un coeficiente de ocupación superior al 75%, ya que, recibe una variada tipología de usuarios y cada uno de ellos presente un particular uso del agua para las actividades diarias. Además ofrece servicio de gimnasio, restaurantes y bar abierto al público en general.

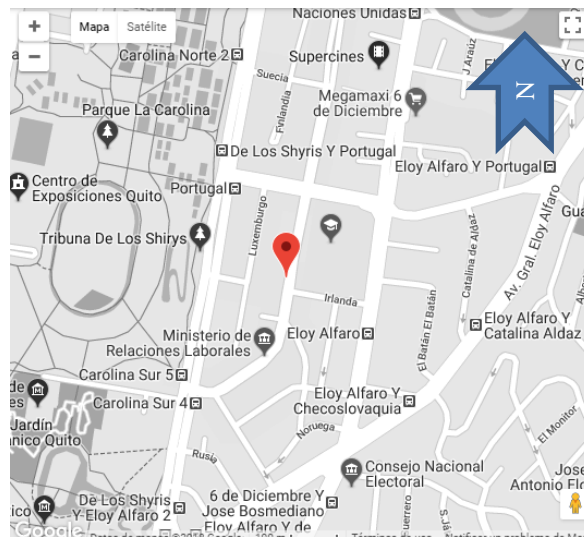


Figura 22: Implantación del Hotel Dann Carlton.

Fuente: <http://www.hotelesdann.com/dann-carlton-quito/>

Actualmente en el Hotel Dann Carlton trabajan alrededor de 230 personas de manera directa, lo que es un factor influyente en los consumos de agua que se generan debido a los usos del agua que el personal requiere para sus actividades cotidianas.



Figura 23: Vista frontal del Hotel Dann Carlton (Torre Irlanda).

Fuente: <http://www.hotelesdann.com/dann-carlton-quito/>

En la Tabla 11 se presenta el listado de equipos hidráulicos sanitarios que se dispone el hotel Dann Carlton.

Tabla 11: Listado de equipos hidráulicos sanitarios en el Hotel Dann Carlton.

Tipo de equipo	Marca
Llave con pedestal	Teka
Llave lavaplatos doble	FV
Llave lavaplatos simple	FV
Llave de grifo	FV
Llaves lavamanos simple	FV
Urinario	FV
Sanitario	Edesa "Toto"
Ducha	Delta
Llave para limpieza de platos	FV
Máquina lavaplatos	Hobart
Llave de agua purificada	FV
Lavadora	Whirlpool
Llave lavamanos simple	Delta
Llave lavamanos con sensor	Delta
Urinario	Ecoltec

Fuente: Autor

Las habitaciones del hotel presentan la configuración tipo presente en la Figura 24, básicamente en el caso de estudio interesa conocer el tipo de equipos hidráulicos sanitarios los cuales son caracterizados de acuerdo a la Tabla 11.

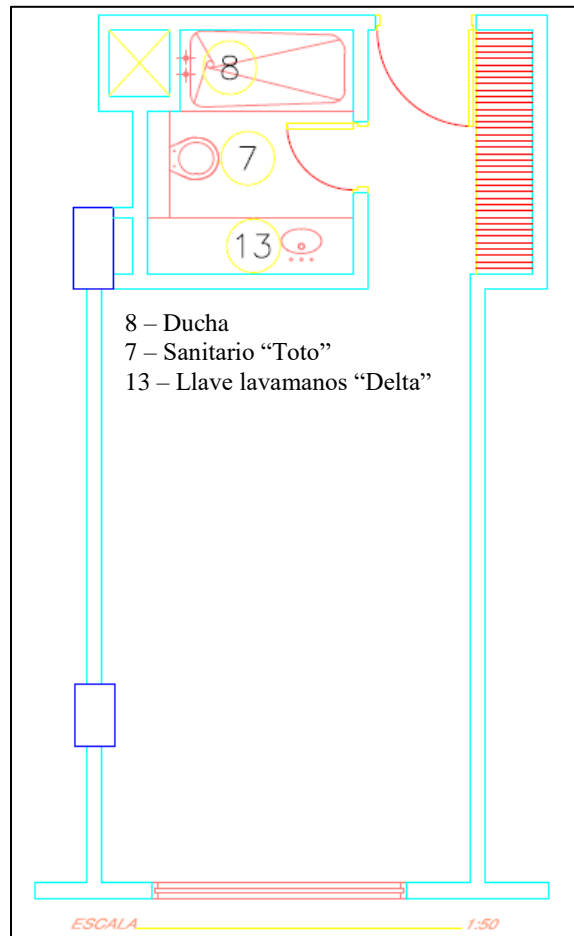


Figura 24: Habitación tipo con accesorios (Hotel Dann Carlton).

Fuente: Hotel Dann Carlton, 2018. **Edición:** Autor

3.2. Proyecto sustentable

La propuesta de certificación hídrica de edificios residenciales y no residenciales se inicia con la cuantificación de los consumos de los equipos sanitarios hidráulicos sujetos a evaluación.

Para el análisis que se presenta a continuación se utiliza el método de evaluación desarrollado por la ANQIP para determinar la eficiencia hídrica en edificios, la cual está basada en la aplicación tipo calculadora de consumos. La metodología en análisis se apoya en el sistema de certificación y rotulado de eficiencia hídricas de productos desarrollado en Portugal (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017).

La calculadora ANQIP para evaluar y clasificar la eficiencia hídrica en edificios recurre a una tabla base y a diversas tablas auxiliares, las cuales se evidencian en el “Manual de Eficiencia Hídrica” en Edificios propuesto por el ANQIP. El modelo exige el conocimiento no solo del valor del consumo medio, sino también del modo como los consumos se reparten en la edificación (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017).

Para la aplicación del modelo propuesto para edificios no residenciales es necesario definir u obtener los siguientes elementos:

- Diagramas de consumo por tipo de edificio (porcentaje de consumo por uso o dispositivo).
- Factores de uso.
- Factores de confort requeridos por los usuarios.
- Número de utilizadores medios equivalentes.
- Factores de corrección.

Además de estos elementos es necesario también establecer una clasificación del edificio, de acuerdo con los diversos padrones de consumo determinados.

En la ANQIP dentro de su modelo de certificación y rotulado de productos, establece diferentes categorías de consumo, relacionado a los padrones de consumo en edificios administrativos o de servicios de apoyo a la industria (Tabla 12).

En cualquiera de las categorías se admite el recurso de los orígenes alternativos, reciclaje o reutilización, en especial en lo referente a las categorías A⁺ y A⁺⁺. Puede además considerarse eventualmente una categoría A⁺⁺⁺ para sistemas regenerativos, con producción

excedentaria de agua potable a partir de fuentes locales alternativas, como por ejemplo el agua de lluvia (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017).

Tabla 12: Clasificación ANQIP de los edificios administrativos o de servicios de apoyo a la industria [litros/(huésped.día)].

Categoría	Consumo de agua potable de la red pública [litros/(huésped.día)] (c)
A⁺⁺	$0 < c \leq 20$
A⁺	$20 < c \leq 25$
A	$25 < c \leq 30$
B	$30 < c \leq 40$
C	$40 < c \leq 55$
D	$55 < c \leq 75$
E	$c > 75$

Fuente: (Silva - Afonso & Pimentel - Rodrigues, 2017)

Para el caso de edificios del sector hotelero no existe una clasificación de eficiencia hídrica, razón por la cual para el caso de estudio se plantea utilizar una clasificación propuesta por el autor la cual será referencia para la determinación de la eficiencia de edificios no residenciales empleados para instalaciones hoteleras, que se muestra a continuación (Tabla 13).

Tabla 13: Clasificación propuesta por el autor para clasificar edificios para instalaciones hoteleras de 5 estrellas [litros/(usuario.día)].

Categoría	Consumo de agua potable de la red pública [litros/(usuario.día)]
A⁺⁺	$0 < c \leq 100$
A⁺	$100 < c \leq 150$
A	$150 < c \leq 200$
B	$200 < c \leq 250$
C	$250 < c \leq 325$
D	$325 < c \leq 400$
E	$c > 400$

Fuente: Autor

La categorización propuesta clasifica únicamente a los edificios empleados para instalaciones hoteleras de 5 estrellas, para instalaciones hoteleras con diferente categorización se debe analizar los servicios que ofrece cada uno de ellos. Los hoteles 5 estrellas están orientados a brindar un servicio excepcional y brinda altos estándares de comodidad y calidad - que se traducen en un mayor consumo de agua per cápita.

3.3. Evaluación de consumos

En Ecuador actualmente no dispone de organismos encargados de realizar la certificación hídrica, por esta razón, para la aplicación del caso de estudio y la evaluación de consumos se ha utilizado el “Manual de Eficiencia Hídrica en Edificios” y las “Especificaciones Técnicas” propuestos por el ANQIP para la realidad de Portugal, pero, se ha realizado una adaptación de acuerdo a los parámetros y criterios de consumo de agua para utilizarlos en el caso de estudio en mención.

De modo de conocer y comprender de mejor manera los hábitos de usuarios asociados al consumo de agua, para tal razón se realizó una encuesta al Administrador del hotel, con lo cual se busca conocer las características y tipo de usuarios que se alojan en el edificio para determinar el tipo de hábitos relativos al consumo de agua en el interior y exterior de las habitaciones, tipología de los equipos existentes en la cocina, cuartos de lavado y en las instalaciones sanitarias; a partir de estos datos se pretende determinar un padrón de consumo estimado.

Los consumos de los equipos hidráulicos presentes en cada uno de los espacios tipo que dispone el hotel fueron obtenidos a partir de una media aritmética de los consumos base, mediante un medidor de flujo digital patentado, el cual puede observarse en la Figura 25.



Figura 25: Medidor de flujo digital patentado SpotOn.

Fuente: <https://innoquestinc.com/product/spoton-irrigation-flow-meter/>

En los sitios donde no es posible tomar los consumos de los equipos hidráulicos mediante el medidor de flujo digital, se los realizó mediante un aforo tradicional donde se determinó el tiempo necesario para llenar un determinado volumen de agua.

En las Tablas 14 a 21, se presentan los valores de consumo asociados a cada uno de los equipos hidráulicos denominados como tradicionales para cada uno de los espacios tipo que dispone el hotel y son clasificados de acuerdo a la clasificación hídrica propuesto por el ANQIP.

El hotel dispone de áreas exclusivas para las 230 personas que trabajan en allí, razón por lo cual se ha caracterizado cada una de las áreas que son independientes para hombres y mujeres; además de determinarse que los equipos y dispositivos sanitarios son diferentes a los existentes en las demás instalaciones del hotel a excepción de los sanitarios, donde se evidencia que todas las instalaciones poseen el mismo tipo.

Tabla 14: Consumo tipo de un baño para trabajadores (hombres).

Consumo tipo de un baño para trabajadores (hombres)				
Tipo de equipo	Llave lavamanos	Sanitario	Urinario (llave pressmatic)	Ducha
Marca	FV	Edesa “Toto”	FV	FV
Cantidad	3	3	3	2
Consumo base	3,40 litros/minuto	6,0 litros/descarga	3,8 litros/descarga	26,0 litros/minuto
Clasificación de acuerdo a la ANQIP	B	C	A	D

Fuente: Datos tomados por el Autor

Tabla 15: Consumo tipo de un baño para trabajadores (mujeres).

Consumo tipo de un baño para trabajadores (mujeres)			
Tipo de equipo	Llave lavamanos	Sanitario	Ducha
Marca	FV	Edesa “Toto”	FV
Cantidad	3	3	3
Consumo base	7,47 litros/minuto	6,0 litros/descarga	9,25 litros/minuto
Clasificación de acuerdo a la ANQIP	D	C	C

Fuente: Datos tomados por el Autor

En la zona de recepción y restaurants se dispone de baños comunales para los usuarios que requieran hacer uso de las instalaciones sanitarias, se distinguen zonas de baños comunales tanto para hombres como para mujeres.

Tabla 16: Consumo tipo de un baño de áreas comunales (hombres).

Consumo tipo de un baño de áreas comunales (hombres)			
Tipo de equipo	Llave lavamanos*	Sanitario	Urinario (ecológico**)
Marca	Delta (con sensor)	Edesa “Toto”	FV
Cantidad	2	2	3
Consumo base	1,39 litros/minuto	6,0 litros/descarga	0 litros/descarga
Clasificación de acuerdo a la ANQIP	A++	C	A++

* Lavamanos con sensor de movimiento.

** Urinario ecológico libre de agua.

Fuente: Datos tomados por el Autor

Tabla 17: Consumo tipo de un baño de áreas comunales (mujeres).

Consumo tipo de un baño de áreas comunales (mujeres)		
Tipo de equipo	Llave lavamanos*	Sanitario (Descarga simple)
Marca	Delta (con sensor)	Edesa “Toto”
Cantidad	2	3
Consumo base	1,39 litros/minuto	6,0 litros/descarga
Clasificación de acuerdo a la ANQIP	A++	C

* Lavamanos con sensor de movimiento.

Fuente: Datos tomados por el Autor

En la zona de lavandería se evidencian los siguientes aparatos y equipos.

Tabla 18: Consumo tipo de zona de lavandería.

Consumo tipo de zona de lavandería		
Tipo de equipo	Máquina de lavar ropa	Llave de grifo
Marca	Whirlpool	FV
Cantidad	2	3
Consumo base	183,0 litros/lavado	34,6 litros/minuto
Clasificación de acuerdo a la ANQIP	--	--

Fuente: Datos tomados por el Autor

En las 210 habitaciones que dispone el hotel se encuentran homogenizados todos los aparatos hidráulicos sanitarios, por lo cual se ha tomado una habitación tipo de referencia.

Tabla 19: Consumo tipo de una habitación de referencia.

Consumo tipo de una habitación de referencia			
Tipo de equipo	Llave lavamanos	Sanitario (Descarga simple)	Ducha
Marca	Delta	Edesa “Toto”	Delta
Cantidad	1	1	1
Consumo base	1,68 litros/minuto	6,0 litros/descarga	8,90 litros/minuto
Clasificación de acuerdo a la ANQIP	A+	C	B

Fuente: Datos tomados por el Autor

La cocina dispone de llaves comunes lavaplatos y máquinas lavaplatos.

Tabla 20: Consumo tipo de la cocina.

Consumo tipo de la cocina				
Tipo de equipo	Llave lavamanos*	Llave lavaplatos doble	Llave lavaplatos simple	Llave de grifo**
Marca	Teka	FV	FV	FV
Cantidad	3	5	5	5
Consumo base	2,30 litros/minuto	7,86 litros/minuto	6,77 litros/minuto	16,1 litros/minuto
Clasificación de acuerdo a la ANQIP	A	C	C	--

* Llave lavamanos con botón accionado en el piso para evitar contaminación del lavamanos.

** Llave de grifo utilizada para limpieza de pisos.

Fuente: Datos tomados por el Autor

Tabla 21: Consumo tipo de apoyo de cocina.

Consumo tipo de apoyo de cocina			
Tipo de equipo	Llave lavaplatos doble	Llave de agua purificada	Máquina lavaplatos
Marca	FV	FV	Hobart
Cantidad	2	1	1
Consumo base	17,9 litros/minuto	5,08 litros/minuto	25 litros/lavada
Clasificación de acuerdo a la ANQIP	E	B	--

Fuente: Datos tomados por el Autor

A continuación se realiza un análisis de los datos facturados de agua disponibles que posee el hotel, se estima que en una media mensual se consumen alrededor de 1477m³ de agua, para todas las actividades que requieran el líquido vital, además se conoce que en promedio el hotel recibe a 4594 huéspedes en promedio mensualmente.

A partir del dato de consumo de agua del hotel y el número de los huéspedes promedio mensualmente, fácilmente se consigue obtener el consumo promedio diario por huésped. Se procede de la siguiente forma:

1. Consumo mensual = 1505 m³;
2. Para conocer el consumo diario se hace que la siguiente relación entre el consumo mensual y el número de días que posee el mes referente a la facturación:

$$\text{Consumo} = \frac{1505 \text{ m}^3}{31 \text{ días}} = 48,55 \text{ m}^3/\text{día}$$

3. Para determinar el consumo diario por huésped y por día, se determina mediante la siguiente expresión:

$$\text{Consumo} = \frac{48,55 \text{ m}^3/\text{día}}{148 \text{ usuarios}} = 0,328 \text{ m}^3/\text{huésped/día}$$

4. Finalmente, el consumo diario en litro es:

$$\text{Consumo} = 0,328 \text{ m}^3/\text{usuario/día} \times 1.000 = 328 \text{ litros/huésped/día}$$

El valor obtenido es un estimativo del consumo diario de agua en el hotel por cada usuario, además del tipo de equipo, es importante conocer el perfil de utilización de los mismos, es decir su frecuencia de uso o factor de uso y la duración de su utilización. Para determinar los consumos mensuales se ha determinado un mes tipo de 30 días y un año con 12 meses para efectos de cálculo, debido a que la instalación hotelera en estudio labora los 365 días del año.

A continuación se disgrega cada uno de los usos del agua por tipo de usuario, es decir, por el personal de servicio y por los huéspedes para conocer los datos de consumo de cada uno de los equipos y aparatos hidráulicos sanitarios, para efectos de simplificación de cálculo se establece que cada huésped asume el consumo de agua de un colaborador. Mediante encuesta prototipo al administrador se determinó en número de utilizaciones y duración por utilización para cada uno de los aparatos y equipos hidráulicos sanitarios (Tablas 22 a 26).

Tabla 22: Consumo de agua por cada colaborador del hotel en llaves lavamanos y ducha.

Dispositivo	Caudal (l/min)	N° de utilizaciones diarias por colaborador	Duración por utilización (min)	Por usuario			
				Consumo mensual		Consumo anual	
				(l/mes)	(m ³ /mes)	(l/año)	(m ³ /año)
Llave lavamanos	7,46	3	0,5	335,7	0,36	4028,4	4,03
Ducha	9,25	1	5	1387,5	1,39	16650,0	16,65

Fuente: Datos tomados por el Autor

Tabla 23: Consumo de agua por cada colaborador del hotel en sanitario y urinario.

Dispositivo	Volumen nominal (litros)	N° de utilizaciones diarias por colaborador	Por usuario			
			Consumo mensual		Consumo anual	
			(l/mes)	(m ³ /mes)	(l/año)	(m ³ /año)
Sanitario (Descarga simple)	6,0	1	180,0	0,18	2160,0	2,16
Urinario	3,8	1	114,0	0,11	1368,0	1,37

Fuente: Datos tomados por el Autor

Tabla 24: Consumo de agua por cada huésped del hotel en llaves lavaplatos, lavamanos y ducha.

Dispositivo	Caudal (l/min)	N° de utilizaciones diarias por huésped	Duración por utilización (min)	Por usuario			
				Consumo mensual		Consumo anual	
				(l/mes)	(m ³ /mes)	(l/año)	(m ³ /año)
Llave lavaplatos	17,9	4	1,5	3056,6	3,06	36679,2	36,68
Llave lavamanos	1,68	3	1	151,2	1,51	1814,4	1,81
Ducha	8,90	1	8	2136,0	2,14	25632,0	25,63

Fuente: Datos tomados por el Autor

Tabla 25: Consumo de agua por cada huésped del hotel en sanitario.

Dispositivo	Volumen nominal (litros)	N° de utilizaciones diarias por habitante	Por usuario			
			Consumo mensual		Consumo anual	
			(l/mes)	(m ³ /mes)	(l/año)	(m ³ /año)
Sanitario (Descarga simple)	6,0	4	720,0	0,72	8640,0	8,64

Fuente: Datos tomados por el Autor

Tabla 26: Consumo de agua para máquinas lavarropa y lavaplatos.

Dispositivo	Volumen nominal (litros)	Nº de utilizaciones diarias por huésped	Por usuario			
			Consumo mensual		Consumo anual	
			(l/mes)	(m ³ /mes)	(l/año)	(m ³ /año)
Máquina de lavar ropa	183	0,25	1372,5	1,37	16470,0	16,47
Máquina de lavar platos	25	0,25	187,5	0,19	2250,0	2,25

Fuente: Datos tomados por el Autor

Los consumos para instalaciones no residenciales de tipo colectivo, específicamente en el sector hotelero, deben ser analizados de forma independiente, debido a la gran variedad de factores que los usuarios le dan al uso final del agua, lo cual debe examinada de manera independiente, es decir, no puede adoptarse un padrón tipo de consumo para instalaciones hoteleras, para el Hotel Dann Carlton se presenta la **Tabla 27**, donde se observa la repartición de consumos de agua por cada huésped y por cada dispositivo.

Tabla 27: Repartición de los de consumos de agua por cada huésped y por cada dispositivo.

Repartición de los consumos			
Dispositivo	Consumo	Consumo	Porcentaje
	m ³ /usuario/año	l/usuario/día	%
Uso del personal de servicio	24,21	67,24	20,9%
Lavaplatos	36,68	101,88	31,6%
Lavamanos	1,81	5,04	1,6%
Ducha	25,63	71,20	22,1%
Sanitario	8,64	24,00	7,5%
Máquina de lavar ropa	16,47	45,75	14,2%
Máquina de lavar platos	2,25	6,25	1,9%
Áreas verdes	0,22	0,60	0,2%
Total	115,91	321,97	100%

Fuente: Datos tomados por el Autor

Cada huésped requiere un consumo promedio de 322 litros/día, a continuación se muestra la gráfica de la distribución de consumos por cada usuario (Figura 26).

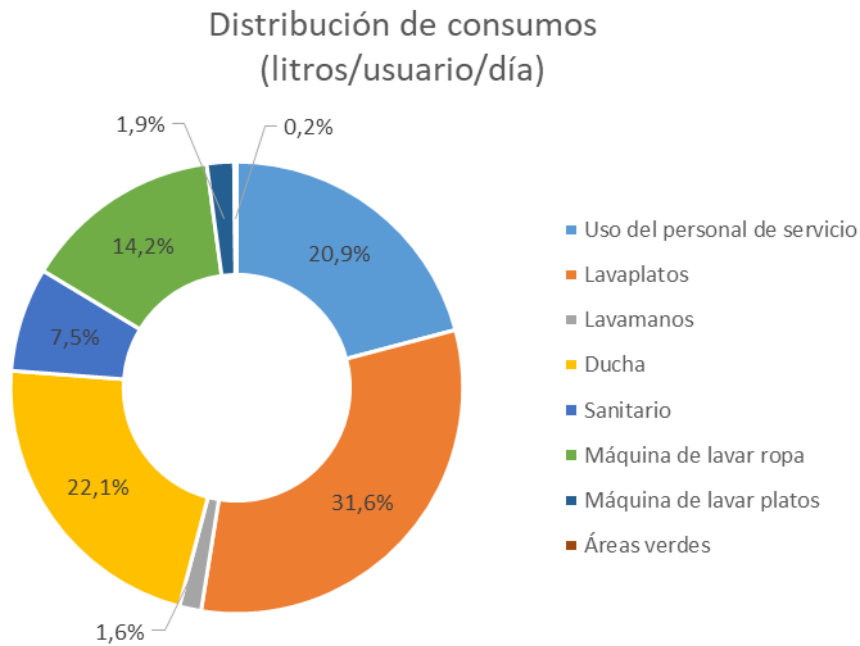


Figura 26: Porcentaje del consumo por cada dispositivo para el Hotel Dann Carlton.

Fuente: Datos tomados por el Autor

Luego de realizar el análisis de consumo de agua y en base a la clasificación propuesta en el presente estudio se puede determinar que el Hotel Dann Carlton posee actualmente una clasificación hidráulica con categoría “C” (Tabla 28), debido a que se encuentra en el rango de entre 250 a 325 litros/usuario/día, debido al consumo de agua de la red pública.

Tabla 28: Clasificación hídrica que posee el Hotel Dann Carlton con los dispositivos actuales.
[litros/(usuario.día)].

Categoría	Consumo de agua potable de la red pública [litros/(usuario.día)]
A ⁺⁺	$0 < c \leq 100$
A ⁺	$100 < c \leq 150$
A	$150 < c \leq 200$
B	$200 < c \leq 250$
C	$250 < c \leq 325$
D	$325 < c \leq 400$
E	$c > 400$

Fuente: Autor

3.4. Medidas para el uso eficiente de agua

Luego de la evaluación de consumos de las instalaciones del Hotel Dann Carlton, se pueden aplicar medidas eficientes, en el sentido de reducir los consumos de agua asociados a los dispositivos analizados y mediante la utilización de aguas de lluvia para fines no potable, es decir, reducir los costos en las facturas por consumo de agua.

En virtud de la evaluación de consumos del caso de estudios serán analizadas las siguientes medidas para reducción de consumos de agua potable: aplicación de reductores de caudal en llaves y duchas, sustitución de dispositivos o equipos poco eficientes por otros con mejor desempeño hídrico y la instalación de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias.

3.4.1. Aplicación de reductores de caudal o inclusores de aire

La aplicación de reductores de caudal o inclusores de aire en dispositivos de llaves y duchas son una forma muy económica de ahorrar agua a un costo muy bajo, ya que, ayudan a obtener un flujo de agua que brinda confort a los usuarios, son durables y de fácil mantenimiento.

El principio de funcionamiento de los reductores de caudal es la inclusión de aire en el agua, lo cual origina micro bolas de agua aumentando el volumen del chorro y simultáneamente reduce el flujo de agua. Tiene la ventaja de utilizar menos agua son alterar la sensación de confort de los utilizadores.

Los reductores de caudal poseen un filtro en su interior y una válvula de presión. La función de la membrana es reducir la presión del flujo de agua mezclando el aire y aumentando la velocidad del agua, de modo de crear un flujo más suave y confortable. Son equipos que van roscados en las bocas de las llaves o ducha y se obtiene:

- Chorro de agua generoso, repleto con burbujas de aire;
- Un ahorro considerable de agua y energía;
- No salpica como un inclusor de aire normal; y
- Ayuda al proceso de enjabonado en las llaves o grifos.

En la Figura 27 se muestran las diferencias de caudal obtenidas a partir de la

instalación de un reductor de caudal y un aireador convencional.

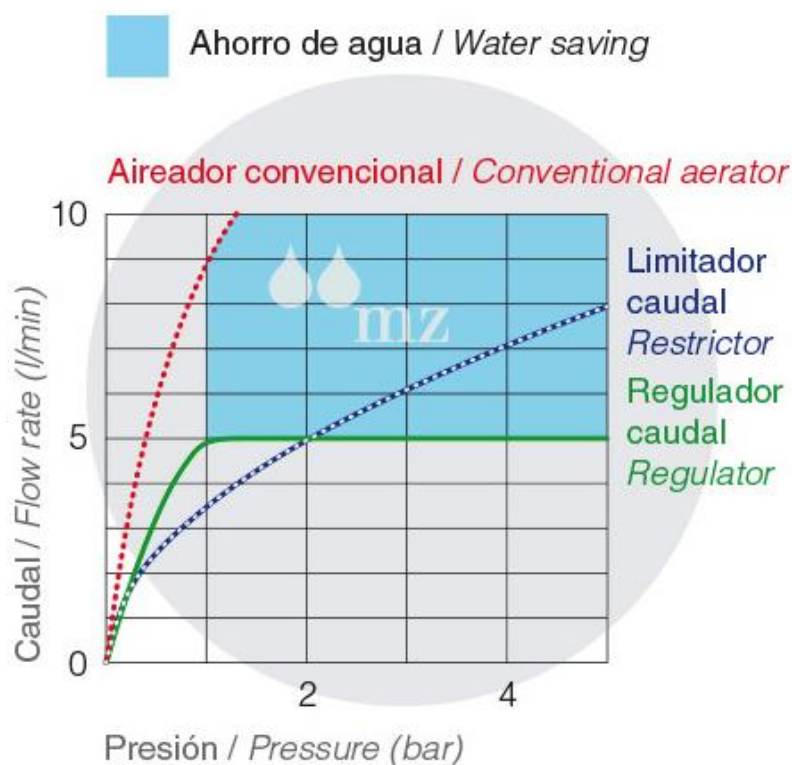



Figura 27: Gráfico de aireador convencional vs regulador de caudal.

Fuente: <https://www.mzrio.com/es>

A simple vista después de la aplicación del reductor de caudal no se nota gran diferencia en el flujo de agua, pero el ahorro puede variar entre un 40 a 60% de agua y energía, dependiendo del modelo a instalar, además que son dispositivos que no necesitan limpieza o mantenimiento (Alcázar de Oliveira, 2014)

En Ecuador se dispone de varios tipos de inclusores de aire los cuales pueden ser instalados en llaves o grifos donde se dispone un caudal de entre 5 a 8 litros/minuto con presiones de servicio de hasta 5 bares, los cuales son de fácil instalación y requieren un mantenimiento mínimo (Tabla 29).

Tabla 29: Consumo tipo de apoyo de cocina.

Perlizador Long Life RF					
	Marca	Referencia	Caudal a 3 bar (litros/minuto)	Caudal a 5 bar (litros/minuto)	Ahorro (%)
		RST24105	5	6,0	63
	Ecoltec	RST24106	6	8,0	57
		RST24107	7	8,5	50
		RST24108	8	10,5	42

Fuente: Catálogo Ecoltec Ecuador, 2018.

Los reductores de caudal esencialmente son colocados en duchas o grifos ya que permiten incrementar la eficiencia en este tipo de equipos hidráulicos sanitarios. Son ideales para colocarlos en instalaciones con suministro de agua centralizado, donde la presión de servicio suele estar cercana a los 3 bares de presión (Figura 28).



Figura 28: Reductores de presión.

Fuente: Catálogo Ecoltec Ecuador, 2018.

Luego de la determinación de los aireadores y reductores de caudal para los dispositivos referidos, se procede a realizar los cálculos para estimar el posible potencial de ahorro teniendo en consideración los hábitos de mantenimiento que se requieren de acuerdo a los hábitos de consumo.

Para la determinación de los consumos luego de la aplicación de los dispositivos reductores de caudal o aireadores, se utilizan los datos del número de utilizaciones y duración por utilización previamente utilizados para la evaluación de consumo y se determinan los nuevos caudales de acuerdo dispositivos instalados para obtener el nuevo valor de consumo de agua por usuario (Tablas 30 a 33).

Tabla 30: Consumo de agua del hotel después de la implementación de reductores de presión en llaves lavamanos y ducha.

Dispositivo	Caudal (l/min)	Nº de utilizaciones diarias por usuario	Duración por utilización (min)	Por usuario			
				Consumo mensual		Consumo anual	
				(l/mes)	(m ³ /mes)	(l/año)	(m ³ /año)
Llave lavamanos	5,0	3	0,5	225,0	0,26	2700,0	2,70
Ducha	7,0	1	5	1050,0	1,05	12600,0	12,60

Fuente: Datos tomados por el Autor

Tabla 31: Consumo de agua del hotel después de la implementación de reductores de presión en llaves lavaplatos, lavamanos y ducha.

Dispositivo	Caudal (l/min)	N° de utilizaciones diarias por usuario	Duración por utilización (min)	Por usuario			
				Consumo mensual		Consumo anual	
				(l/mes)	(m ³ /mes)	(l/año)	(m ³ /año)
Llave lavaplatos	8,0	4	1,5	1440,0	1,44	17280,0	17,28
Llave lavamanos	1,68	3	1	151,2	1,51	1814,4	1,81
Ducha	7,0	1	8	1680,0	1,68	20160,0	20,16

Fuente: Datos tomados por el Autor

Posterior a la determinación de los posibles nuevos consumos después de la implementación de reductores de caudal o aireadores se realiza un cuadro comparativo de los consumos de agua antes y después de la aplicación de dichas medidas.

Tabla 32: Cuadro comparativo de la reducción de consumo en lavamanos y ducha.

Dispositivo	Clasificación ANQIP		Consumo existente* (l/año)	Consumo después de la aplicación de la medida (l/año)	Reducción		Ahorro (%)
	Existente	Futura			(l/año)	(m ³ /año)	
	Llave lavamanos	D	B	4028,4	2700,0	1328,4	1,33
Ducha	C	A	16650,0	12600,0	4050,0	4,05	24,32

*Valor obtenido de la Tabla 22

Tabla 22.

Fuente: Datos tomados por el Autor

Tabla 33: Cuadro comparativo de la reducción de consumo en llaves lavaplatos, lavamanos y ducha.

Dispositivo	Clasificación ANQIP		Consumo existente* (l/año)	Consumo después de la aplicación de la medida (l/año)	Reducción		Ahorro (%)
	Existente	Futura			(l/año)	(m ³ /año)	
	Llave lavaplatos	E	B	36679,3	17280,0	19399,3	19,39
Llave lavamanos	A ⁺	A ⁺	1814,4	1814,4	0,0	0,00	0,00

Ducha	B	A	25632,0	20160,0	5472,0	5,47	21,35
--------------	---	---	---------	---------	--------	------	-------

*Valor obtenido de la Tabla 24.

Fuente: Datos tomados por el Autor

La implementación de las medidas producirá una clara reducción de consumos de agua por usuario, ya que, el consumo anual de agua se reducirá aproximadamente a 83,50 m³/usuario/año y el consumo diario por usuario se reducirá a 232 litros/usuario/día (Tabla 34). Con respecto a los valores estimados actuales sin reductores (115,91 m³/usuario/año y 322 litros/usuario/día, representados en la Tabla 27. Relativamente al consumo mensual de agua por usuario se obtiene una reducción de 32,41 m³/usuario/año y 90 litros/usuario/día.

Tabla 34: Padrón tipo de consumos de agua por cada usuario por cada dispositivo después de la aplicación de reductores de caudal o aireadores.

Repartición de los consumos			
Dispositivo	Consumo	Consumo	Porcentaje
	m ³ /usuario/año	litros/usuario/día	%
Uso del personal de servicio	18,83	52,30	22,5%
Lavaplatos	17,28	48,00	20,7%
Lavamanos	1,81	5,04	2,2%
Ducha	20,16	56,00	24,1%
Sanitario	6,48	18,00	7,8%
Máquina de lavar ropa	16,47	45,75	19,7%
Máquina de lavar platos	2,25	6,25	2,7%
Áreas verdes	0,22	0,60	0,3%
Total	83,50	231,94	100%

Fuente: Datos tomados por el Autor

Luego de realizar el análisis de consumo de agua aplicando las medidas de reducción de agua en base a reductores de caudal y aireadores y en base a la clasificación propuesta en el presente estudio se puede determinar que el Hotel Dann Carlton poseerá una clasificación hidráulica con categoría “**B**”, debido a que se encuentra en el rango de entre 200 a 250 litros/usuario/día de consumo de agua de la red pública (Tabla 35).

Tabla 35: Clasificación hídrica que posee el Hotel Dann Carlton con los dispositivos reductores de caudal o aireadores. [litros/(usuario.día)].

Categoría	Consumo de agua potable de la red pública [litros/(usuario.día)]
A ⁺⁺	0 < c ≤ 100
A ⁺	100 < c ≤ 150
A	150 < c ≤ 200
B	200 < c ≤ 250

C	$250 < c \leq 325$
D	$325 < c \leq 400$
E	$c > 400$

Fuente: Autor

3.4.2. Sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico

De acuerdo a varios investigadores la sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico es la medida más eficaz para reducir los consumos de agua en edificios.

De acuerdo con la ANQIP, la sustitución de dispositivos convencionales por dispositivos eficientes puede generar ahorro por encima del 50% (Tabla 36).

Tabla 36: Ahorro de agua asociado a la aplicación de dispositivos eficientes.

Dispositivos	Certificación ANQIP	Ahorro (%)
Sanitarios	A	57
Duchas	A ⁺	67
Grifos o llaves	A	62,5

Fuente: (Alcafache de Oliveira, 2014).

Se analiza realizar la sustitución de los siguientes dispositivos, los cuales son dispositivos con reducido desempeño hídrico (Tablas 37 a 41).

Tabla 37: Consumo de agua del hotel después de la sustitución de equipos como llaves lavamanos y ducha.

Dispositivo	Caudal (l/min)	Nº de utilizaciones diarias por habitante	Duración por utilización (min)	Por usuario			
				Consumo mensual		Consumo anual	
				(l/mes)	(m³/mes)	(l/año)	(m³/año)
Llave lavamanos	5,0	3	0,5	225	0,23	2700,0	2,70
Ducha	7,0	1	5	1050	1,05	12600,0	12,60

Fuente: Datos tomados por el Autor

Tabla 38: Consumo de agua del hotel después de la sustitución de equipos como llaves lavaplatos, lavamanos y ducha.

Dispositivo	Caudal (l/min)	Nº de utilizaciones diarias por habitante	Duración por utilización (min)	Por usuario			
				Consumo mensual		Consumo anual	
				(l/mes)	(m³/mes)	(l/año)	(m³/año)
Llave	6,0	4	1,5	1080	1,08	12960,0	12,96

lavaplatos							
Llave lavamanos	1,68	3	1	151,2	1,51	1814,4	1,81
Ducha	7,0	1	8	1680	1,68	20160,0	20,16

Fuente: Datos tomados por el Autor

Tabla 39: Consumo de agua del hotel después de la sustitución de sanitario con descarga doble.

Dispositivo	Volumen nominal (litros)	Nº de utilizaciones diarias por habitante	Por usuario			
			Consumo mensual		Consumo anual	
			(l/mes)	(m³/mes)	(l/año)	(m³/año)
Sanitario (Descarga doble)	6,0	3	540	0,54	6480	6,48

Fuente: Datos tomados por el Autor

Posterior a la determinación de los posibles nuevos consumos después de la sustitución de equipos no eficientes se realiza un cuadro comparativo de los consumos de agua antes y después de la aplicación de dichas medidas para determinar los posibles potenciales consumos.

Tabla 40: Cuadro comparativo de la sustitución de llaves lavamanos y ducha.

Dispositivo	Clasificación ANQIP		Consumo existente* (l/año)	Consumo después de la aplicación de la medida (l/año)	Reducción		Ahorro (%)
	Existente	Futura			(l/año)	(m³/año)	
	Llave lavamanos	D			B	4028,4	
Ducha	C	A	16650,0	12600,0	4050,0	4,05	24,32

*Valor obtenido de la Tabla 22.

Fuente: Datos tomados por el Autor

Tabla 41: Cuadro comparativo de la sustitución de llaves lavamanos y ducha.

Dispositivo	Clasificación ANQIP		Consumo existente* (l/año)	Consumo después de la aplicación de la medida (l/año)	Reducción		Ahorro (%)
	Existente	Futura			(l/año)	(m³/año)	
	Llave lavaplatos	E			A	36679,3	

Llave lavamanos	A ⁺	A ⁺	1814,4	1814,4	0,0	0,00	0,00
Ducha	B	A	25632,0	20160,0	5472,0	5,47	21,35
Sanitario	C	A	8640,0	6912,0	1728,0	1,73	20,00

*Valor obtenido de la Tabla 24 y Tabla 25.

Fuente: Datos tomados por el Autor

La sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico producirá una clara reducción de consumos de agua por usuario, ya que, el consumo anual de agua se reducirá aproximadamente a 79,61 m³/usuario/año y el consumo diario por usuario se reducirá a 220 litros/usuario/día (Tabla 42). Con respecto a los valores estimados actuales sin reductores (115,91 m³/usuario/año y 322 litros/usuario/día, representados en la Tabla 27. Relativamente al consumo mensual de agua por usuario se obtiene una reducción de 39,3 m³/usuario/año y 102 litros/usuario/día.

Tabla 42: Padrón tipo de consumos de agua por cada usuario por cada dispositivo después de la sustitución de equipos no eficientes.

Repartición de los consumos			
Dispositivo	Consumo	Consumo	Porcentaje
	m ³ /usuario/año	litros/usuario/día	%
Uso del personal de servicio	18,83	51,10	23,2%
Lavaplatos	12,96	36,00	16,4%
Lavamanos	1,81	5,04	2,3%
Ducha	20,16	56,00	25,5%
Sanitario	6,91	19,20	8,7%
Máquina de lavar ropa	16,47	45,75	20,8%
Máquina de lavar platos	2,25	6,25	2,8%
Áreas verdes	0,22	0,60	0,3%
Total	79,61	219,94	100%

Fuente: Datos tomados por el Autor

A pesar de reducir considerablemente los consumos de agua, se evidencia que la implementación de esta medida tiene un costo muy elevado, además se evidencia que los dispositivos existentes en el Hotel Dann Carlton se encuentran en perfectas condiciones de uso dentro del periodo de vida útil.

Luego de realizar el análisis de consumo de agua reemplazando los dispositivos con reducido desempeño hídrico y en base a la clasificación propuesta en el presente estudio se puede determinar que el Hotel Dann Carlton poseerá una clasificación hidráulica con categoría “**B**”, debido a que se encuentra en el rango de entre 200 a 250 litros/usuario/día de

consumo de agua de la red pública, posterior a la implementación de las mencionadas medidas de reducción de consumo de agua (Tabla 43).

*Tabla 43: Clasificación hídrica que posee el Hotel Dann Carlton después de la sustitución de equipos no eficientes.
[litros/(usuario.día)].*

Categoría	Consumo de agua potable de la red pública [litros/(usuario.día)]
A⁺⁺	$0 < c \leq 100$
A⁺	$100 < c \leq 150$
A	$150 < c \leq 200$
B	$200 < c \leq 250$
C	$250 < c \leq 325$
D	$325 < c \leq 400$
E	$c > 400$

Fuente: Autor

3.4.3. Aprovechamiento de aguas lluvias

El dimensionamiento de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias tiene varias ventajas para la reducción de consumos asociados a los usos exteriores tales como el riego de espacios verdes, lavado de patios y vehículos; y sitios donde pueda ser utilizada el agua no potable como por ejemplo sanitarios y urinarios.

El método más usado para el dimensionamiento de este tipo de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvia consiste en la determinación del volumen aprovechable en base a un área de captación y una precipitación promedio mensual registrada, donde se debe considerar que no toda el agua precipitada es captada y almacenada; se estima el volumen de agua aprovechable con las necesidades de los usuarios.

Los principales factores que influyen el dimensionamiento del tanque reservorios de agua lluvia son:

- a. Superficie de la cobertura;
- b. Coeficiente de escurrimiento;
- c. La precipitación local, donde se requiere implantar el sistema; y
- d. La cantidad de agua lluvia necesarias para el consumo no potable.

Capacidad de recoger agua de lluvia.

La cantidad de agua lluvia que puede ser almacenada en el tanque de reserva depende de: la superficie de recolección, precipitación promedio mensual donde se va a instalar el sistema y del coeficiente de escurrimiento.

El volumen de agua lluvia que puede ser recolectada mensualmente es calculado mediante la siguiente expresión:

$$V_{mensual} = c \times A \times h_{prom,mensual}$$

Donde:

$V_{mensual}$: Volumen mensual de agua de lluvia posible de aprovechar;

c : Coeficiente de escurrimiento de la cubierta;

A : Superficie de recolección de agua lluvia (en proyección horizontal); y

$h_{prom,mensual}$: Altura promedio de precipitación mensual.

1. Altura promedio de precipitación mensual ($h_{prom,mensual}$).

Los datos de precipitaciones promedio son obtenidos del INAMHI, ya que, en Ecuador es la entidad responsable de la información de las condiciones meteorológicas e hidrológicas. Para efectos del dimensionamiento se ha escogido la ciudad de Quito en Ecuador donde está implantado el hotel en estudio.

Quito posee un rango de precipitaciones elevado que varía desde 189 mm el mes más húmedo y 22 mm el mes más seco, para efectos de cálculo se ha considerado un valor promedio de agua aprovechable de 90 mm de precipitación mensual (Figura 29 y 30).

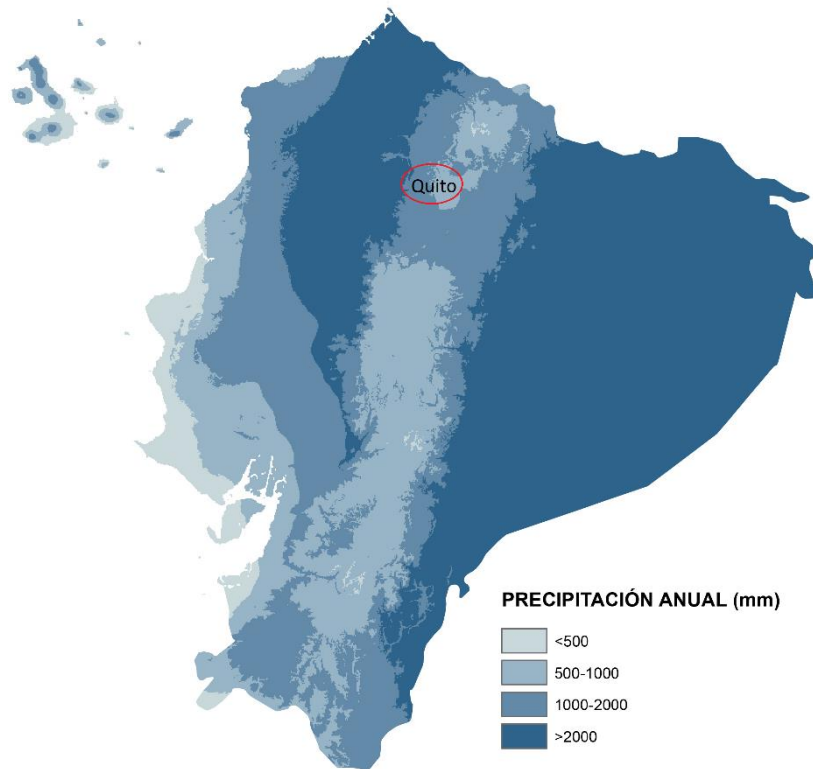


Figura 29: Mapa de precipitación 2018.

Fuente: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/> (2018-06-20).

Precipitación promedio en la ciudad de Quito

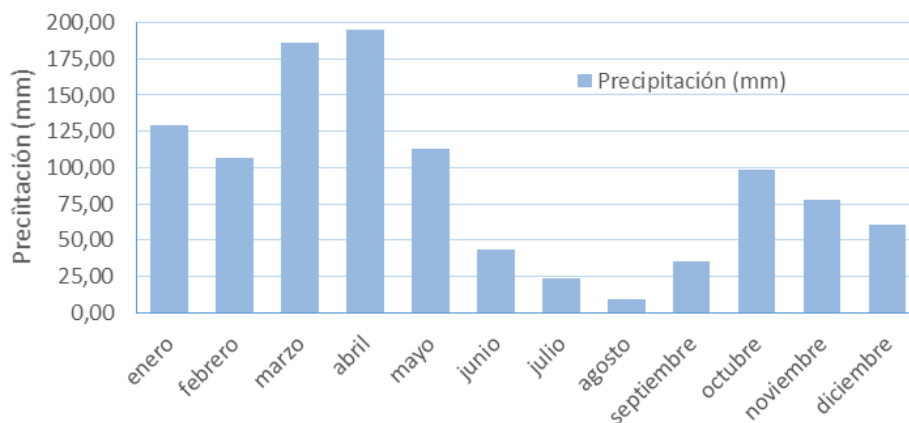


Figura 30: Valores de precipitación promedio en la ciudad de Quito.

Fuente: Inamhi.

2. Superficie de recolección (A).

La superficie de recolección para los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias habitualmente son las coberturas de los edificios; para el caso en estudio el Hotel Dann Carlton posee una superficie horizontal de captación de 900 m².

3. Coeficiente de escurrimiento (c).

El coeficiente de escurrimiento es la relación entre la lámina de agua precipitada sobre una superficie y la lámina de agua que escurre superficialmente, (ambas expresadas en mm).

El valor del parámetro “c” varía mucho en función del tipo de uso del suelo o cobertura. En la Tabla 44 se presentan algunos valores generalmente aceptados para valores del coeficiente de escurrimiento en coberturas:

Tabla 44: Valores de coeficiente de escurrimiento promedio.

Valores de coeficientes de escurrimiento promedio	
Tipo de superficie	Valor promedio “c”
Cubierta impermeable (teja, hormigón, etc.)	0,80
Coberturas verdes intensivas, sin riego (espesor > 150mm)	0,30
Coberturas verdes extensivas, sin riego (espesor ≤ 150mm)	0,50

Fuente: (Riberio de Sousa, 2015).

Con los datos recolectados se determina el volumen de agua lluvia que puede ser captado debido a las afluencias:

$$c = 0,8$$

$$A = 900m^2$$

$$h_{pro,mensual} = 90mm$$

$$V_{mensual} = c \times A \times h_{prom,mensual}$$

$$V_{mensual} = 0,8 \times 900m^2 \times 90mm$$

$$V_{mensual} = 64,8 m^3 \text{ (Aprovechable mensual)}$$

Demanda de agua NO POTABLE del hotel.

Se considera que los equipos donde no se requiere agua potable serán: sanitarios, urinarios; y riego de espacios verdes y jardines. Para la cual se utilizará los valores de demanda actuales, es decir, sin alteración de equipos o dispositivos (Tabla 45).

Como parámetro de partida se selecciona lo siguiente:

- Valor promedio diario de huéspedes es de 150 huéspedes.
- El valor estimado de área verde y jardines del hotel es 20m².

Tabla 45: Valor promedio mensual de consumo de agua en puntos donde no se requiere agua potable.

Dispositivo	Personal de servicio			
	Consumo mensual por huésped		Consumo mensual total (150 huéspedes)	
	(l/mes)	(m ³ /mes)	(l/mes)	(m ³ /mes)
Sanitario	720,0	0,72	108.000,0	108,0
Urinario	114,0	0,11	17.100,0	17,1

Áreas verdes (20m ²)	3.000,0	3,0
TOTAL	128.100,0	128,1

Fuente: Datos tomados por el Autor

Volumen total del depósito.

A partir de los cálculos previos y conociendo que la ciudad de Quito posee un promedio de 10 días cada mes con precipitaciones superiores a 1mm, es decir en Quito se tiene lluvia en promedio cada 3 días. Con este precedente es posible reducir el dimensionamiento del dispositivo de reserva de agua lluvia. Por lo tanto se ha seleccionado utilizar un tanque reservatorio de agua con una capacidad de **10 m³**, es decir, el tanque reservatorio sustentará la demanda de agua hasta por 5 días (Figura 31).

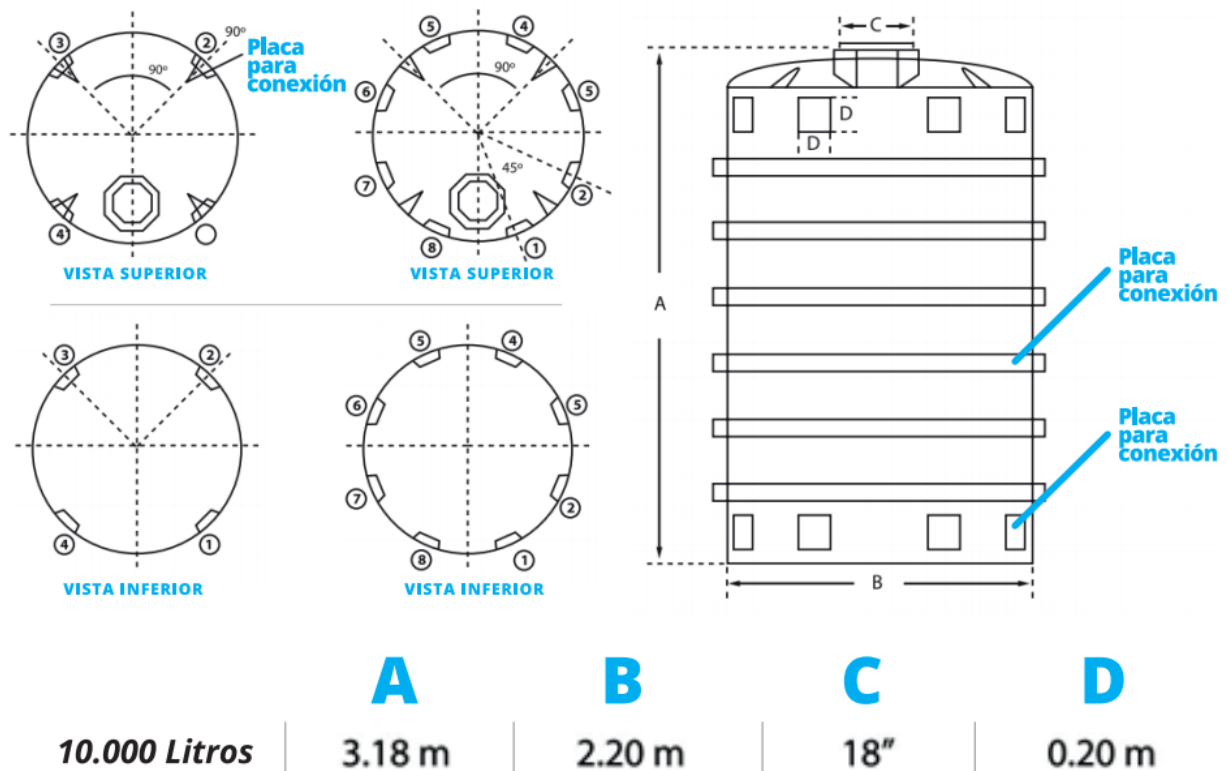


Figura 31: Tanque plástico tipo de 10m³ de capacidad.

Fuente: <http://rotoplas.com.ec/producto/tanque-10000/>

Posterior a la implementación de un tanque receptor y la utilización de aguas lluvias para usos no potable, se determina los posibles nuevos consumos y se realiza un cuadro comparativo de los consumos de agua antes y después de la aplicación de dicha medida para determinar los posibles consumos de agua de la red pública (Tabla 46).

Tabla 46: Cuadro comparativo de reducción de agua de la red pública.

Por huésped

Dispositivo	Consumo existente	Consumo después de la aplicación de la medida	Reducción		Ahorro
	(l/año)	(l/año)	(l/año)	(m ³ /año)	(%)
Sanitario	8640,0*	4320,0	4320,0	4,340	50,00
Urinario	1368,0*	684,0	684,0	0,684	50,00
Áreas verdes	12,0	6,0	6,0	0,006	50,00

*Valor obtenido de la Tabla 23 y Tabla 25.

Fuente: Datos tomados por el Autor

El uso de agua de fuentes alternativas producirá una clara reducción de consumos de agua proveniente de la red pública de agua potable por usuario, ya que, el consumo anual de agua se reducirá aproximadamente a 109,72 m³/usuario/año y el consumo diario por usuario se reducirá a 305 litros/usuario/día (Tabla 47). Con respecto a los valores estimados actuales (115,91 m³/usuario/año y 322 litros/usuario/día, representados en la Tabla 27. Relativamente al consumo mensual de agua por usuario se obtiene una reducción de 6,19 m³/usuario/año y 17 litros/usuario/día.

Tabla 47: Padrón tipo de consumos de agua por cada usuario por cada dispositivo después del uso de fuente alternativa de agua.

Repartición de los consumos			
Dispositivo	Consumo	Consumo	Porcentaje
	m ³ /usuario/año	litros/usuario/día	%
Uso del personal de servicio	22,44	62,34	20,5%
Lavaplatos	36,68	101,89	33,4%
Lavamanos	1,81	5,04	1,7%
Ducha	25,63	71,20	23,4%
Sanitario	4,32	12,00	3,9%
Máquina de lavar ropa	16,47	45,75	15,0%
Máquina de lavar platos	2,25	6,25	2,1%
Áreas verdes	0,11	0,30	0,1%
Total	109,72	304,77	100%

Fuente: Datos tomados por el Autor

Luego de realizar el análisis de consumo de agua de la red pública haciendo uso de fuentes alternativas de agua, en el caso exacto haciendo uso de agua lluvia y en base a la clasificación propuesta en el presente estudio se puede determinar que el Hotel Dann Carlton poseerá una clasificación hidráulica con categoría “C”, debido a que se encuentra en el rango de entre 250 a 325 litros/usuario/día de consumo de agua de la red pública, posterior al uso de fuentes alternativas de agua (Tabla 48).

Tabla 48: Clasificación hídrica que posee el Hotel Dann Carlton después del uso de fuentes alternativas de agua.

[litros/(usuario.día)].

Categoría	Consumo de agua potable de la red pública [litros/(usuario.día)]
A⁺⁺	$0 < c \leq 100$
A⁺	$100 < c \leq 150$
A	$150 < c \leq 200$
B	$200 < c \leq 250$
C	$250 < c \leq 325$
D	$325 < c \leq 400$
E	$c > 400$

Fuente: Autor

3.5. Análisis Costo – Beneficio de la implementación de las medidas

A continuación se pretende evaluar el ahorro de agua que se puede obtener mediante la implementación de medidas reductoras de consumo, así como también el uso de agua de lluvia como fuente alternativa de agua.

Para una mejor comprensión de la implantación de medidas de reducción de agua, se realiza una estimativa de la reducción anual de la facturación de agua proveniente de la red pública de abastecimiento, así como la simulación de un valor estimado de inversión inicial necesario. Los valores obtenidos serán valores estimados que dependen de factores como el valor actual de la tarifa de agua potable y el valor de los aparatos y equipos hidráulicos sanitarios. Finalmente se obtendrá un valor estimado del tiempo de retorno (TR).

Tiempo de retorno TR.- Es el período de recuperación de la inversión; es un indicador que mide en cuánto tiempo se recuperará el total de la inversión. Puede revelarnos con precisión, en años, meses y días, la fecha en la cual será cubierta la inversión inicial.

$$TR = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ahorro de dinero}}$$

Las tarifas de agua han sido obtenidas a partir de la facturación de la Entidad Gestora correspondiente al mes de enero del año 2018, la cual ha sido proporcionada por el Administrador del Hotel Dann Carlton y se muestran en la Tabla 49:

Tabla 49: Tarifa de consumo de agua en el Sector Comercial en la Ciudad de Quito 2018.

Tipo de uso: Comercial	
Detalle	Costo de agua \$/m³
Abastecimiento de agua	0,72
Alcantarillado	0,28
COSTO TOTAL	1,00

Fuente: Autor

Los valores de los dispositivos o equipos necesarios para la implementación de medidas reductoras de agua potable han sido obtenidos a través de una búsqueda de empresas que los comercializan.

Cabe recalcar que todos los casos que se muestran a continuación son hipotéticos, ya que, sirven como ejemplificación como base del caso de estudio.

Caso I: Aplicación de reductores de caudal o inclusores de aire.

El primer caso en análisis consiste en la aplicación de reductores de caudal o inclusores de aires en aparatos hidráulicos como: llaves lavaplatos, lavamanos y duchas; los cuales no poseen ningún dispositivo regulador de caudal y se ha evidenciado que generan un alto valor de consumo de agua potable (Tabla 50 y 51).

Tabla 50: Consumo actual de agua en dispositivos: llaves lavaplatos, lavamanos y duchas.

Consumo actual de agua en el Hotel Dann Carlton			
Tipo de dispositivo	Consumo de agua huésped	Consumo total de agua (150 huéspedes)	Consumo total de agua
	litros/huésped/día	m ³ /día	m ³ /año
Llaves lavaplatos	107,40	16,11	5880,15
Llaves lavamanos	16,23	2,43	888,59
Duchas	117,45	17,62	6430,39

Fuente: Autor

Mediante la instalación de reductores de caudal o inclusores de aire se busca obtener menores consumos en cada uno de los aparatos.

Tabla 51: Consumo futuro de agua en dispositivos: llaves lavaplatos, lavamanos y duchas.

Consumo futuro de agua en el Hotel Dann Carlton (Aplicando reductores de caudal o aireadores)			
Tipo de dispositivo	Consumo de agua huésped	Consumo total de agua (150 huéspedes)	Consumo total de agua
	litros/huésped/día	m ³ /día	m ³ /año
Llaves lavaplatos	48,00	7,20	2628,00
Llaves lavamanos	12,54	1,88	686,57
Duchas	91,00	13,65	4982,25

Fuente: Autor

Posteriormente para cada uno de los dispositivos en análisis se determina la cantidad, costo unitario y se determina el costo total de la implementación de reductores de presión y aireadores para cada dispositivo.

Para determinar el costo unitario de cada uno de los reductores de presión y aireadores se ha realizado una cotización en un distribuidor (Tabla 52).

Tabla 52: Costo de la implementación de reductores de caudal y aireadores en dispositivos.

Costo de la implementación de reductores de caudal o aireadores			
Tipo de dispositivo	Cantidad de reductores de caudal o aireadores	Costo unitario	Costo total
	Und	\$	\$
Llaves lavaplatos	26	11,50	299,00
Llaves lavamanos	234	6,75	1579,50
Duchas	215	8,50	1827,50

Fuente: Autor

Posterior a la determinación de los nuevos valores de consumo, se realiza un cuadro comparativo para determinar la relación Costo vs Beneficio de la implementación de la medida reductora de caudal en base a reductores de presión y aireadores (Tabla 53).

Tabla 53: Cuadro resumen del ahorro de agua, dinero e inversión inicial requerida para implementar equipos reductores de caudal y aireadores.

Relación Costo vs Beneficio			
Tipo de dispositivo	Ahorro de agua	Ahorro de dinero	Inversión inicial
	m ³ /año	\$/año	\$
Llaves lavaplatos	3252,15	3252,15	299,00
Llaves lavamanos	202,03	202,03	1579,50
Duchas	1448,14	1448,14	1827,50
Total	4902,32	4902,32	3706,00

Fuente: Autor

Con los valores totales de ahorro de dinero e inversión inicial se obtiene el tiempo de retorno de la inversión inicial, resultante de la implementación de reductores de caudal y aireadores (Tabla 54), mediante la siguiente expresión:

$$TR = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ahorro de dinero}}$$

Tabla 54: Determinación del tiempo de retorno para la implementación de reductores de caudal y aireadores.

Tiempo de retorno de la inversión		
	Ahorro de dinero	Inversión inicial
	\$/año	\$
Total	4902,32	3706,00
		Tiempo de retorno de la inversión inicial
		años
		0,76

Fuente: Autor

Caso II: Sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico

El segundo caso en análisis consiste en la sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico como: llaves lavaplatos, lavamanos, duchas y sanitarios; los cuales no se evidencia que no poseen buen desempeño hídrico, es decir, generan un alto valor de consumo de agua potable (Tabla 55).

Tabla 55: Consumo actual de agua en dispositivos: llaves lavaplatos, lavamanos, duchas y sanitarios.

Consumo actual de agua en el Hotel Dann Carlton			
Tipo de dispositivo	Consumo de agua huésped	Consumo total de agua (150 huéspedes)	Consumo total de agua
	litros/huésped/día	m ³ /día	m ³ /año
Llaves lavaplatos	107,40	16,11	5880,15
Llaves lavamanos	16,23	2,43	888,59
Duchas	117,45	17,62	6430,39
Sanitarios	24,00	3,60	1314,00

Fuente: Autor

Mediante la instalación de reductores de caudal o inclusores de aire se busca obtener menores consumos en cada uno de los aparatos (Tabla 56).

Tabla 56: Consumo futuro de agua en dispositivos: llaves lavaplatos, lavamanos, duchas y sanitarios.

Consumo futuro de agua en el Hotel Dann Carlton (Mediante sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico)			
Tipo de dispositivo	Consumo de agua huésped	Consumo total de agua (150 huéspedes)	Consumo total de agua
	litros/huésped/día	m ³ /día	m ³ /año
Llaves lavaplatos	36,00	5,40	1971,00
Llaves lavamanos con sensor	12,54	1,88	686,57
Duchas	91,00	13,65	4982,25
Sanitarios doble descarga	19,20	2,88	1051,20

Fuente: Autor

Posteriormente para cada uno de los dispositivos en análisis se determina la cantidad, costo unitario y se determina el costo total de la sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico.

Para determinar el costo unitario de cada uno de cada uno de los equipos se ha

considerado el valor de adquisición de productos disponibles en el mercado ecuatoriano en distribuidores y se ha añadido el valor estimado de instalación (Tabla 57).

Tabla 57: Costo de la sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico.

Costo de la sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico			
Tipo de dispositivo	Cantidad de reductores de caudal o aireadores	Costo unitario	Costo total
	Und	\$	\$
Llaves lavaplatos	26	149,10	3876,60
Llaves lavamanos con sensor	234	318,00	74412,00
Duchas	215	88,20	18963,00
Sanitarios doble descarga	234	359,50	84123,00

Fuente: Autor

Posterior a la determinación de los nuevos valores de consumo, se realiza un cuadro comparativo para determinar la relación Costo vs Beneficio de la sustitución de dispositivos con reducido desempeño hídrico (Tabla 58).

Tabla 58: Cuadro resumen del ahorro de agua, dinero e inversión inicial requerida para sustitución de equipos.

Relación Costo vs Beneficio			
Tipo de dispositivo	Ahorro de agua	Ahorro de dinero	Inversión inicial
	m ³ /año	\$/año	\$
Llaves lavaplatos	3909,15	3909,15	3876,60
Llaves lavamanos con sensor	202,03	202,03	74412,00
Duchas	1448,14	1448,14	18963,00
Sanitarios doble descarga	262,80	262,80	84123,00
Total	5822,12	5822,12	181374,60

Fuente: Autor

Con los valores totales de ahorro de dinero e inversión inicial se obtiene el tiempo de retorno de la inversión inicial resultante de la sustitución de dispositivos (Tabla 59).

Tabla 59: Determinación del tiempo de retorno de la sustitución de equipos.

Tiempo de retorno de la inversión			
	Ahorro de dinero	Inversión inicial	Tiempo de retorno de la inversión inicial
	\$/año	\$	años
Total	5822,12	181374,60	31,15

Fuente: Autor

Caso III: Aprovechamiento de aguas lluvias

El tercer caso en análisis consiste en el aprovechamiento de aguas lluvias para usos no potables como descarga de sanitarios, urinarios y uso de agua en áreas verdes o jardines; debido a que el uso de agua proveniente de fuentes alternativas reemplazará el uso de agua potable proveniente de la red pública de abastecimiento (Tabla 60).

Tabla 60: Consumo actual de agua potable en dispositivos: sanitarios, urinarios y uso en áreas verdes.

Consumo actual de agua en el Hotel Dann Carlton			
Tipo de dispositivo	Consumo de agua huésped	Consumo total de agua (150 huéspedes)	Consumo total de agua
	litros/huésped/día	m ³ /día	m ³ /año
Sanitarios	24,00	3,60	1314,00
Urinarios	7,60	1,14	416,10
Áreas verdes	0,60	0,09	32,85

Fuente: Autor

Mediante el aprovechamiento de aguas lluvias se busca reducir el consumo de agua potable proveniente de la red pública de abastecimiento (Tabla 61).

Tabla 61: Consumo futuro de agua potable en dispositivos después del aprovechamiento de aguas lluvias.

Consumo futuro de agua en el Hotel Dann Carlton (Mediante aprovechamiento de aguas lluvias)			
Tipo de dispositivo	Consumo de agua huésped	Consumo total de agua (150 huéspedes)	Consumo total de agua
	litros/huésped/día	m ³ /día	m ³ /año
Sanitarios	12,00	1,80	657,00
Urinarios	3,80	0,57	208,05
Áreas verdes	0,30	0,05	16,43

Fuente: Autor

Para determinar el costo unitario del tanque reservatorio de 10m³ de capacidad se ha realizado una cotización a un distribuidor de productos en el Ecuador y se ha añadido el valor estimado de instalación y costo anual por mantenimiento (Tabla 62).

Tabla 62: Costo de tanque reservatorio para aprovechamiento de aguas lluvias.

Costo del tanque reservatorio de 10m³ de capacidad				
Detalle	Costo unitario	Costo de instalación	Costo de mantenimiento anual (8 años)	Costo total
	\$	\$	\$	\$
Tanque reservatorio de aguas lluvias	4891,25	500,00	1600,00	6991,25

Fuente: Autor

Posterior a la determinación de los nuevos valores de consumo, se realiza un cuadro comparativo para determinar la relación Costo vs Beneficio del aprovechamiento de aguas lluvias (Tabla 63).

Tabla 63: Cuadro resumen del ahorro de agua, dinero e inversión inicial requerida para el aprovechamiento de aguas lluvias.

Tipo de dispositivo	Relación Costo vs Beneficio		
	Ahorro de agua m ³ /año	Ahorro de dinero \$/año	Inversión inicial \$
Sanitarios	657,00	657,00	6991,25
Urinarios	208,05	208,05	
Áreas verdes	16,43	16,43	
Total	881,93	881,93	

Fuente: Autor

Con los valores totales de ahorro de dinero e inversión inicial se obtiene el tiempo de retorno de la inversión inicial resultante del aprovechamiento de aguas lluvias (Tabla 64).

Tabla 64: Determinación del tiempo de retorno del aprovechamiento de aguas lluvias.

	Tiempo de retorno de la inversión		
	Ahorro de dinero \$/año	Inversión inicial \$	Tiempo de retorno de la inversión inicial años
Total	881,93	6991,25	7,92

Fuente: Autor

3.6. Síntesis y discusión de resultado

Una vez finalizado el estudio de las medidas identificadas como eficientes para reducir los consumos de agua potable proveniente de la red pública de abastecimiento, se puede verificar que la mejor medida de eficiencia es la alteración de los hábitos de consumo que presenta la sociedad en general al momento de hacer uso del recurso agua, razón por lo cual, se debe modificar los hábitos de consumo debido a que el agua es un recurso en peligro de extinción.

Para una mejor interpretación de resultados, en la Tabla 65 se presenta un resumen de la aplicación de cada una de las medidas adoptadas.

Tabla 65: Síntesis de los resultados.

Síntesis de resultados						
Medidas	Consumos y costos	Reducción		Ahorro	Inversión	Periodo de retorno
		(m ³ /año)	(\$/año)	(%)	(\$)	(años)
Aplicación de reductores de caudal y aireadores	83,50 m ³ /huésped/año					
	6,96 m ³ /huésped/mes	4902,32	4902,32	28,24	3706,00	0,76
	232 l/hab/día					
	6,96 \$/mes (83,52 \$/año)					
Sustitución de equipos con reducido desempeño hídrico	79,18 m ³ /huésped/año					
	6,60 m ³ /huésped/mes	5822,12	5822,12	33,54	181374,60	31,15
	220 l/hab/día					
	6,60 \$/mes (79,20 \$/año)					
Aprovechamiento de aguas lluvias	110,62 m ³ /huésped/año					
	9,22 m ³ /huésped/mes	881,93	881,93	5,08	6991,25	7,92
	307 l/hab/día					
	9,22 \$/mes (110,64 \$/año)					

Fuente: Autor

La sustitución de equipos con reducido desempeño hídrico es la medida de eficiencia hídrica generará menores consumos de agua potable de la red pública en las instalaciones del Hotel Dann Carlton, pero esta medida requiere un valor de inversión inicial elevado y

tiene un periodo de retorno de 31,15 años (31 años y 2 meses).

La aplicación de reductores de caudal y aireadores es una medida de eficiencia muy atractiva para implementar debido a que se reduce considerablemente los consumos de agua potable de la red pública, no requiere un valor de inversión muy alto y se tiene un tiempo de retorno de la inversión de 0,76 años (9 meses).

El aprovechamiento de aguas lluvias es una medida que ayuda a sustituir el agua proveniente de la red pública de abastecimiento en sitios donde no se requiere agua potable (sanitarios, urinarios y áreas verdes); requiere un valor medio de inversión inicial y el tiempo de retorno es de 7,92 años (7 años y 11 meses) lo cual es un tiempo aceptable.

Se puede determinar que la aplicación de reductores de caudal es la medida que presenta mejores ventajas para reducir los consumos y es una medida económicamente aceptable ya que la inversión inicial no es elevada; por lo tanto asegura una contribución efectiva para la sustentabilidad ya que representa una reducción de consumos del 28%.

En términos de eficiencia la mejor solución es la implementación en conjunto de 2 alternativas (aplicación de reductores de caudal y aireadores conjunto con el aprovechamiento de aguas lluvias) y se presentará una reducción de consumos considerable.

Es necesario tener un plan de mantenimiento anual para las medidas de reducción de consumos implementadas de acuerdo a las especificaciones técnicas, con ello se obtiene un mejor rendimiento y se alarga el periodo de vida de los equipos y dispositivos.

La sustitución de dispositivos es una alternativa inviable en términos económicos ya que no justifica para el caso del Hotel Dann Carlton, ya que, la inversión inicial requerida es elevada en relación al ahorro económico anual resultante, es decir, se tiene un periodo de retorno muy extenso (31 años y 2 meses).

La implementación de medidas para reducir el consumo de agua en edificios existentes requiere un elevado costo de inversión inicial. En este ámbito la mejor alternativa es realizar un planeamiento de medidas eficientes en etapa de diseño para construir edificios lo más sustentables posibles en cuanto al uso de recursos naturales.

4. CONCLUSIONES

Debido al riesgo evidente de estrés hídrico presente a nivel mundial y el crecimiento económico, especialmente si un país no tiene planes adecuados de manejo del agua, las agencias gubernamentales nacionales y locales deben implementar prácticas de gestión y conservación que garanticen la disponibilidad futura de los recursos hídricos aptos para consumo humano.

En Ecuador, la implementación de sistemas obligatorios de certificación hídrica en edificios, aumentará la eficiencia en el uso del agua, principalmente reducirá los consumos y obligará la utilización de fuentes alternativas como por ejemplo aguas lluvias o aguas grises; los hoteles alrededor del mundo requieren altos valores diario de consumo de agua, por esta razón es imprescindible la regularización del consumo del líquido vital.

La metodología propuesta por la ANQIP conocida como la calculadora de consumos para la evaluación de la eficiencia del agua en los edificios, es una herramienta práctica y su uso no presenta dificultades para los evaluadores.

A nivel mundial los hoteles deben comprometerse a la mejora continua, con el compromiso hacia una gestión eficiente y sostenible de los recursos. Los usuarios de instalaciones hoteleras requieren niveles de confort elevados, por esta razón es necesario implementar equipos y dispositivos hidráulicos sanitarios que brinden elevados niveles de eficiencia, de este modo no alterar la sensación de confort que los usuarios requieren.

El aprovechamiento y uso de aguas lluvias como fuente alternativa, es una medida eficiente para la reducción de consumos de agua potable, estrictamente en puntos donde no se requiera el uso de agua potable para cubrir las necesidades. Se debe tener especial cuidado ya que el aprovechamiento de agua no potable puede generar algunos riesgos para la salud humana si no se cumplen los requisitos adecuados de salubridad.

En la propuesta para la clasificación hídrica en edificios hoteleros, se debe determinar el volumen de agua potable que cada día un usuario requiere para cubrir las necesidades de alimentación, higiene y recreación. Finalmente se debe determinar el grado de eficiencia hídrica que presenta el edificio de acuerdo a la clasificación propuesta.

Sensibilizar a la población sobre la importancia del uso racional de los recursos, es la medida más efectiva económica y ambientalmente para garantizar la disponibilidad de los mismo, además de mejorar la eficiencia hídrica en edificios.

Es factible técnica y económicamente la implementación en conjunto de 2 alternativas para reducir el consumo de agua en las instalaciones hoteleras, lo que genera grandes beneficios económicos, además de contribuir con técnicas amigables con el medio ambiente que conducen a la sostenibilidad.

La sustitución de equipos con rendimiento hídrico reducido tiene ventajas en términos de reducción del consumo de agua potable, pero requiere altos costos iniciales de inversión y los períodos de retorno son extensos, por lo que su implementación no está justificada como medida a corto plazo o mediano plazo.

El tiempo de retorno de la inversión requerida para la medida de implementación de dispositivos reductores de caudal o aireadores está alrededor de un año; para la implementación de un sistema de utilización de aguas lluvia está en el orden de 8 años; y para la sustitución de equipos con reducido desempeño hídrico el tiempo de retorno de la inversión es de 31 años.

Los costos de inversión iniciales de la implementación de cada una de las medidas de eficiencia hídrica deben analizarse de acuerdo con la condición geográfica donde se encuentra el edificio en estudio.

4.1. Recomendaciones

En instalaciones hoteleras se debe analizar la tipología de equipos y dispositivos hidráulicos sanitarios disponibles en cada espacio disponible:

En habitaciones, se pueden implementar dispositivos que reduzcan el consumo, como reductores de caudal o aireadores en lavabos y duchas; además de implementación sanitarios de doble descarga.

En cocinas, además de dispositivos reductores de caudal en llaves o grifos, es recomendable utilizar equipos como máquinas de lavar platos que sean hidráulicamente eficientes.

En zonas verdes, se debe establecer horarios para riego de acuerdo a la climatología imperante, establecer sistemas de riego mediante agua proveniente de fuentes alternativas como el agua de lluvia.

En instalaciones complementarias como piscinas, se recomienda recuperar el agua usada para emplearla en actividades que no requieran agua potable; y **en gimnasios,** se sugiere implementar dispositivos reductores de caudal o aireadores en lavabos y duchas.

En operaciones de limpieza de habitaciones, zonas comunales, cocina y lavandería, se recomienda usar agua reciclada y tratada de otras áreas del hotel o agua lluvia.

Uso de fuentes alternativas de agua, para puntos donde no se requiera agua potable es recomendable implementar sistemas de fuentes alternativas, como por ejemplo aguas lluvias o aguas grises.

Finalmente se recomienda hacer partícipe a los usuarios sobre su consumo hídrico diario, ya que es una forma para incentivar la reducción de consumo de agua.

Bibliografía

- Agência Portuguesa do Ambiente. (2012). *Programa Nacional Para o Uso Eficiente da Água*.
- Alcáçate de Oliveira, A. (2014). *Medidas de Optimização do Desempenho Hídrico de um Edifício de Habitação Unifamiliar*. Lisboa.
- Alegre, H., Coelho, S., Almeida, M., & Vieira, P. (2005). *Guía Técnico 3: Control de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*. Lisboa.
- Alves, M. E. (2015). *Eficiencia Hídrica en Edifícios*. Porto.
- ANQIP. (2015). *ETA0701*.
- BancoMundial. (08 de 11 de 2015). *La población mundial en el futuro*. Recuperado el 08 de 09 de 2017, de <https://blogs.worldbank.org/opendata/es/la-poblacion-mundial-en-el-futuro-en-cuatro-graficos>
- Cardoso, A. (2013). *Redução de perdas reais em sistemas de abastecimento de água através do controlo avançado de pressão – aplicação a um subsistema da cidade do porto*. Porto.
- Cidad, E. (25 de 02 de 2016). *Agua Ecosocial, El ciclo urbano del agua*. Recuperado el 02 de 01 de 2018, de <https://aguaecosocial.com/ciclo-urbano-del-agua/>
- Dirección de Gestión de Calidad del Agua, SENAGUA. (2015).
- FAO. (2016). *AQUASTAT*. Recuperado el 28 de 08 de 2017, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura:
<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/didyouknow/indexesp.stm>
- Fundación Aquae. (s.f.). *La Fundación del Agua, El ciclo del agua*. Recuperado el 02 de 01 de 2018, de <http://www.fundacionaquae.org/>
- Gomes, R. (2011). *Modelação Matemática como Ferramenta de Gestão e Exploração de Sistemas de Distribuição de Água*. Coimbra.
- Hubel, I. (s.f.). *Eficiência Urbana*. Recuperado el 08 de 01 de 2018, de <http://www.hubel.pt/pt/hia/markets/eficiencia-urbana/>

- INE, Instituto Nacional de Estatística. (s.f.). *Instituto Nacional de Estatística*. Recuperado el 08 de 01 de 2018, de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=ine_main&xpid=INE
- Liemberger, R., & Farley, M. (2004). *Developing a Non-Revenue Water Reduction Strategy Part 1: Investigating and Assessing Water Losses* .
- Morrison, J. (2004). *"Managing leakage by District Metered Areas: a practical approach"* *Water 21, IWA Water Loss Task Force*.
- OLI. (2012). *Sistemas de aproveitamiento de águas pluviais*.
- OMS. (2010). *Estrategias para la gestión sin riesgos del agua potable para el consumo humano*. Recuperado el 03 de 01 de 2018, de http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB127/B127_6-sp.pdf
- OMS. (07 de 2017). *Agua*. Recuperado el 08 de 09 de 2017, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>
- ONU, A. G. (2010). *El derecho humano al agua y el saneamiento.*, (pág. 3).
- Pinto&Braz. (s.f.). *Plano Estratégico de Redução de Perdas (Deteção e Controlo de Fugas)*. Obtenido de http://pintobraz.com/Ap_SIGA_web_dupla_face.pdf
- PNUEA. (2012). *Programa Nacional para el Uso Eficiente del Agua, Implementación 2012-2020*. Portugal. Recuperado el 14 de 12 de 2017
- Rain Harvest Systems. (16 de Mayo de 2018). *Rain Harvest Systems*. Obtenido de <https://www.rainharvest.com/rain-harvesting-pty-downspout-first-flush-diverter.asp>
- Ribeiro de Sousa, A. (2015). *Propuesta de metodología para certificación hídrica de edificios residenciales*. Universidad Fernando Pessoa, Porto, Portugal.
- Ribeiro de Sousa, A. (2015). *Proposta de metodologia para certificação hídrica de edifícios residenciais*. Porto.
- Rossa, S. (2006). *Contribuições para um Uso Mais Eficiente da Água no Ciclo Urbano. Poupança de água e reutilização de águas cinzentas*. Porto.
- SENAGUA. (2015). *Proyecto Nacional de Control y Gestión de la Calidad del Agua*. Quito.
- Silva - Afonso, A., & Pimentel - Rodrigues, C. (2017). *Manual de Eficiência Hídrica em Edifícios*. Aveiro.

Silva-Afonso, A. (2014). *The Bathromm of the future: its contribution to sustentability*. Aveiro.

The United Nations World Water Development. (2015). *Water for a sustainable Word*. Reporte. Recuperado el 01 de Diciembre de 2017, de http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015_03.pdf

UNESCO. (22 de 03 de 2017). *Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP)*. Recuperado el 08 de 09 de 2017, de <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/>

Valente, M., & Da Silva, A. (2010). *Especificações técnicas para o aproveitamento da água das chuvas e das águas cinzentas nos edifícios*.

WaterFootPrint. (2017). *Water Foot Print*. Recuperado el 15 de 09 de 2017, de <http://waterfootprint.org/en/>

WorldEconomicForum. (2016). *The Global Risks Report*. Geneva. Recuperado el 28 de 08 de 2017, de http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF_GRR16.pdf

WorldEconomicForum. (2017). *The Global Risks Report*. Geneva. Recuperado el 28 de 08 de 2017, de http://www3.weforum.org/docs/GRR17_Report_web.pdf

WorldResourcesInstitute. (12 de 12 de 2013). *World's 36 Most Water-Stressed Countries*. Recuperado el 08 de 09 de 2017, de <http://www.wri.org/blog/2013/12/world's-36-most-water-stressed-countries>

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexos

A1 – Reporte fotográfico

A2 – Reporte de huéspedes, Hotel Dann Carlton, Enero y Febrero de 2018

A1

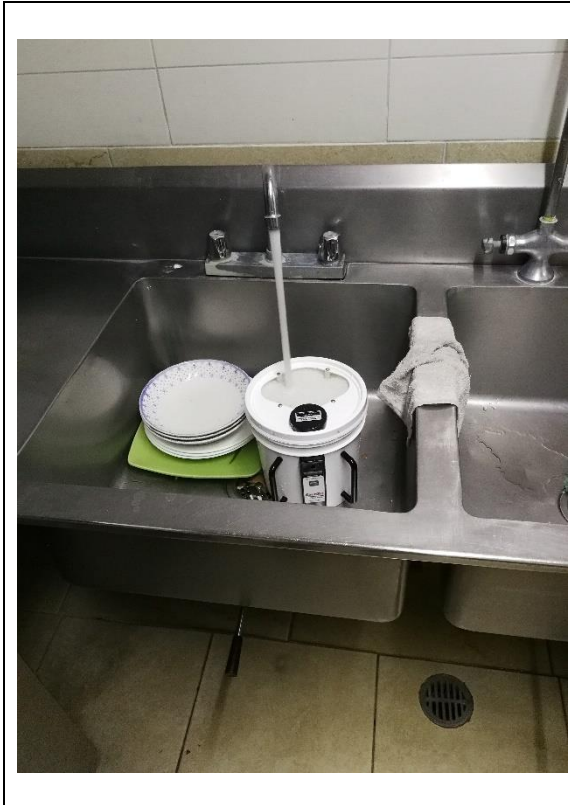
Reporte fotográfico



Aforo digital en el baño de colaboradores



Aforo digital en las duchas de los colaboradores



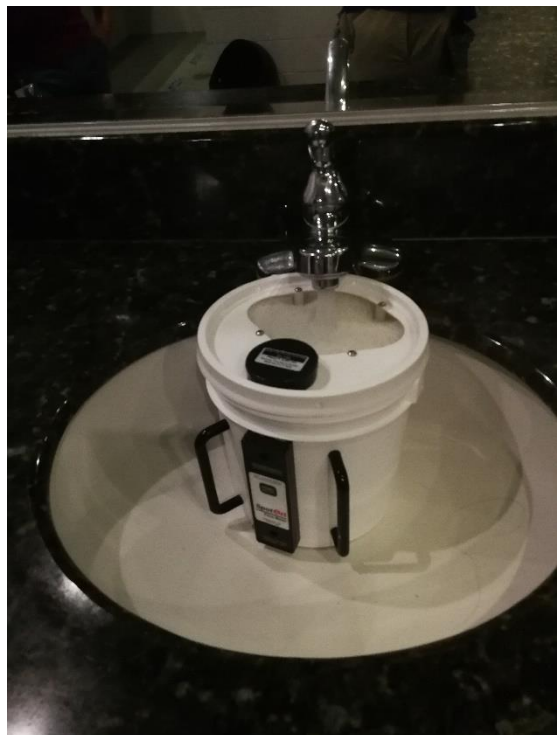
Aforo digital en llaves lavaplatos de la cocina



Aforo digital en llaves lavaplatos de la cocina (zona de pastelería)



Aforo digital en llaves lavamanos de baños comunales



Aforo digital en llaves lavamanos de baños comunales

A2

**Reporte de huéspedes, Hotel Dann Carlton, Enero y
Febrero de 2018**

HUÉSPEDES EN EL HOTEL DANN CARLTON**MES: ENERO****AÑO: 2018**

	DÍA / TORRE	IRLANDA	LUXEMBURGO	TOTAL
1	LUNES	68	0	68
2	MARTES	64	12	76
3	MIÉRCOLES	104	12	116
4	JUEVES	58	13	71
5	VIERNES	71	1	72
6	SÁBADO	58	4	62
7	DOMINGO	69	2	71
8	LUNES	86	2	88
9	MARTES	129	41	170
10	MIÉRCOLES	132	61	193
11	JUEVES	115	68	183
12	VIERNES	87	31	118
13	SÁBADO	61	35	96
14	DOMINGO	80	26	106
15	LUNES	95	42	137
16	MARTES	87	58	145
17	MIÉRCOLES	109	55	164
18	JUEVES	97	40	137
19	VIERNES	69	44	113
20	SÁBADO	41	44	85
21	DOMINGO	61	39	100
22	LUNES	103	42	145
23	MARTES	120	42	162
24	MIÉRCOLES	123	49	172
25	JUEVES	89	52	141
26	VIERNES	55	31	86
27	SÁBADO	44	52	96
28	DOMINGO	48	61	109
29	LUNES	71	89	160
30	MARTES	97	70	167
31	MIÉRCOLES	132	73	205
TOTAL				3814

HUÉSPEDES EN EL HOTEL DANN CARLTON**MES: FEBRERO****AÑO: 2018**

	DÍA / TORRE	IRLANDA	LUXEMBURGO	TOTAL
1	JUEVES	121	58	179
2	VIERNES	103	57	160
3	SÁBADO	103	16	119
4	DOMINGO	102	46	148
5	LUNES	95	73	168
6	MARTES	138	68	206
7	MIÉRCOLES	76	61	137
8	JUEVES	75	75	150
9	VIERNES	79	57	136
10	SÁBADO	66	26	92
11	DOMINGO	97	63	160
12	LUNES	115	72	187
13	MARTES	129	83	212
14	MIÉRCOLES	128	87	215
15	JUEVES	114	69	183
16	VIERNES	69	31	100
17	SÁBADO	73	48	121
18	DOMINGO	68	36	104
19	LUNES	98	47	145
20	MARTES	126	60	186
21	MIÉRCOLES	132	64	196
22	JUEVES	126	55	181
23	VIERNES	94	35	129
24	SÁBADO	108	28	136
25	DOMINGO	129	23	152
26	LUNES	127	50	177
27	MARTES	118	56	174
28	MIÉRCOLES	154	81	235

TOTAL**4488**