

MECANISMOS DE AHORRO DE AGUA POTABLE EN EDIFICIOS

IMPLEMENTACIÓN EN EL CONTEXTO LOCAL.

Facultad de Arquitectura – Universidad de la República

Integrantes: Noelia Figueroa / Marcos Guaraglia.

Docente tutor: Arq. Eduardo Brenes Wittenberger.

Montevideo, 2014



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY

ÍNDICE**1. INTRODUCCIÓN**

1.1. Cuestiones generales	3
1.2. Hipótesis de trabajo	5
1.3. Objeto de estudio y metodología de investigación	7

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Agua y contexto.....	8
2.2. Aproximaciones a la problemática del agua potable.....	11
2.2.1. Brasil. Cuando la infraestructura no es democrática.....	11
2.2.2. Barcelona. La importación de agua en barcos.....	13
2.2.3. México. Del agua amenazante y el agua amenazada.....	15
2.2.4. El contexto local. Uruguay y sus situación frente a la temática del agua potable.....	17
2.3. Conclusiones derivadas de los contextos anteriormente expuestos.....	19

3. APORTES DISCIPLINARES EN EL MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA

3.1 Cuestiones generales.....	21
3.2 Mecanismos de reúso de agua.....	23
3.2.1. Captación de aguas pluviales.....	23
3.2.2. Reutilización de aguas grises.....	35
3.2.3. Utilización mixta de agua.....	40
3.2.4. Marcos de aplicación de mecanismos de reúso de agua.....	41
3.2.5. Consecuencias del uso de mecanismos de reúso de agua en el proyecto arquitectónico.....	42
3.3. Mecanismos de ahorro efectivo de agua potable.....	44
3.3.1. Inodoros de doble descarga.....	44
3.3.2. Artefactos reutilizadores de agua	46
a) Ecobath.....	46
b) W+W (Washbasin + Watercloset).....	47
c) Orinal ecológico.....	48
3.4. Mecanismos eficientes de manejo de caudal.....	49
3.4.1. Sistema de agua retornable.....	49
3.4.2. Grifos termostáticos.....	50
3.4.3. Aireadores.....	50
3.5. Mecanismos de gestión eficiente de agua potable.....	52
3.5.1. Normalización de aplicación obligatoria.....	52
a) Normativas de uso eficiente de agua potable.....	52
b) Implementación obligatoria de grifería eficiente en Uruguay.....	53
3.5.2. Temporizadores de consumo.....	54
3.6. Síntesis: Ahorro de agua potable de los diferentes mecanismos.....	56

4. IMPLEMENTACIÓN DE MECANISMOS AHORRADORES EN URUGUAY	
4.1. Consideraciones generales.....	57
4.2. Estudio en casos concretos.....	59
4.2.1. Vivienda unifamiliar.....	60
Análisis.....	61
a) Viabilidad del mecanismo de captación pluvial.....	61
b) Estimación de costos.....	62
4.2.2. Vivienda colectiva.....	67
Análisis.....	68
a) Viabilidad del mecanismo de captación pluvial.....	68
b) Estimación de costos.....	69
4.2.3 Recibo “Amigable”.....	74
5. CONCLUSIONES	
5.1 Puntualizaciones.....	77
5.2 Análisis del grado de posibilidad de implementación.....	77
5.3 Reflexiones.....	79
6. AGRADECIMIENTOS.....	81
7. BIBLIOGRAFÍA.....	82
8. ANEXOS.....	83
<i>ANEXO 1. Direcciones web de los catálogos de proveedores de referencia.....</i>	<i>84</i>
<i>ANEXO 2. Tabla de precipitaciones para el periodo 1948-2008 en Montevideo.....</i>	<i>85</i>
<i>ANEXO 3. Recaudos gráficos de anteproyecto de vivienda unifamiliar.....</i>	<i>87</i>
<i>ANEXO 4. Recaudos gráficos de anteproyecto de vivienda colectiva.....</i>	<i>91</i>

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Cuestiones generales.

El modo de vida de las sociedades contemporáneas se basa en una pluralidad de actividades íntimamente relaciones con el confort. El desarrollo tecnológico ha sido capaz de crear numerosos mecanismos y reducirlos a un sistema de códigos sencillos facilitando las tareas del hombre, convirtiéndose en un ser menos cinético que sus generaciones anteriores.

El advenimiento de la Primera Revolución Industrial significó un antes y un después en la vida cotidiana; desde entonces, numerosos objetos, mecanismos y técnicas se han sumado a la escena diaria generando grandes cambios tales como un incremento en la expectativa de la vida y un notorio aumento de los asentamientos urbanos a niveles nunca imaginados. Sin embargo, este proceso de rápida expansión no pudo ser posible sin el uso de determinados recursos energéticos disponibles desde tiempos anteriores al hombre. El descubrimiento de determinadas fuentes de energía ha permitido elaborar sistemas capaces de realizar innumerables tareas, sustituyendo el esfuerzo físico del hombre y reduciendo el tiempo de actividad.

El siglo XX ha sido testigo de una cantidad extraordinaria de cambios en la concepción de la vida misma del hombre, debido a que hemos incorporado la energía a nuestro quehacer diario, entre ellas la energía eléctrica, el uso de los combustibles y el uso del agua potable. Esta concepción del modo de vivir, implica generar un uso sostenido en el tiempo de recursos con el propósito de mantener un determinado nivel de confort que la humanidad no estaría dispuesta a ceder y en consecuencia, se produce un aumento considerable de la población mundial que se constata notoriamente en las áreas urbanas.

De esta manera se puede asegurar que, a mayor población, naturalmente habrá mayor consumo de energía y dado el crecimiento veloz de la misma, se sucede un acelerado uso de recursos energéticos que ponen en riesgo su disponibilidad a nivel cuantitativo. Paralelamente, el aumento de las actividades humanas genera una cantidad elevada de residuos que comprometen altamente la calidad de las fuentes de energía, disminuyendo aún más su disponibilidad.

En pleno siglo XXI, podemos afirmar que estamos asistiendo a un contexto de crisis¹, por lo que el desafío de la sustentabilidad², se ha instalado en todos los órdenes de la sociedad, como respuesta a un contexto de desarrollo humano que ha superado todos los límites imaginados y con tendencia a seguir creciendo. Por lo tanto todas las disciplinas se encuentran en proceso de debate y construcción de nuevos paradigmas que tengan como objetivo el uso adecuado de los recursos energéticos y garantizar su disponibilidad, en cantidad y calidad, a las nuevas generaciones.

La arquitectura no es ajena a este fenómeno de crisis y se ha comprometido realizando numerosos aportes bajo el paradigma de la sustentabilidad; los mismos permiten generar conciencia colectiva en el manejo de las fuentes de energía que conviven en nuestra vida cotidiana, mediante mecanismos de reutilización, así como también, de control y ahorro de los mismos.

Particularmente, el presente trabajo abordará determinadas cuestiones en relación al manejo responsable de un recurso tan vital y ampliamente incorporado en la vida cotidiana de los individuos: el agua potable.

¹ Se establece la crisis del pensamiento moderno, el cual se manifestaba en favor de las mejoras sostenidas del nivel confort y con fuerte base en la expansión capitalista del siglo XX.

² La idea de desarrollo sustentable tiene que ver con la orientación de valores modernistas hacia principios de conducta y consumo diferentes a los conocidos, más respetuosos con el medio ambiente.

1.2 Hipótesis de trabajo.

Durante los últimos años se desarrolla con intensidad el paradigma de la **sustentabilidad** y en tal sentido, diferentes organizaciones públicas y privadas, en conjunto con diversas disciplinas (entre ellas la arquitectura), desarrollan políticas y **mecanismos tendientes a efectuar un uso serio y responsable del agua.**

Entre las principales indagaciones se encuentran la posibilidad de aprovechar el agua mediante la captación de aguas pluviales, así también como la reutilización de aguas y la complementación con el uso de artefactos y sistemas que sean capaces de consumir menor cantidad de agua.

Estos mecanismos de ahorro están teniendo amplia aceptación en aquellos contextos críticos, donde la disponibilidad genuina de agua potable no se garantiza en el mediano o largo plazo y en consecuencia los costos de servicio son relativamente elevados.

A todo esto, ¿en qué situación se encuentra el Uruguay?, ¿Qué aportes se pueden realizar?

Nuestro país posee un sistema de red de agua potable que alcanza al 98% de la población total, mientras que, el 2% restante accede a fuentes de agua tales como perforaciones y aljibes³.

No obstante el Organismo estatal que administra las aguas, está elaborando proyectos para lograr la cobertura de agua potable en el 100% de las escuelas públicas del país, lo que permitirá en el futuro extender las redes a las zonas rurales que aún no cuentan con suministro.

En Uruguay, una familia de tipo de 4 personas consume aproximadamente 15 m³ al mes (130 litros/día por persona). El costo asciende a \$ 249.90 (\$ 16.66 el m³), más un cargo fijo de instalación mensual de \$111,99, totalizando \$ 361, 89.⁴

Si partimos de la hipótesis de utilizar agua pluvial para abastecer la cisterna de inodoros se obtiene un ahorro global del 30% en agua potable, reduciendo el costo mensual en agua de red de \$361,89 a \$ 286,92.

³ Según el sitio web de la Administración Nacional de las Obras Sanitarias del Estado (OSE): www.ose.gub.uy

⁴ Según decreto tarifario de OSE, vigente para todo el año 2014. Disponible en el sitio web de OSE: www.ose.gub.uy

Se toma como *hipótesis principal* considerar que: **resulta ventajoso generar mecanismos que sean capaces de ahorrar aproximadamente hasta un 30% de agua potable bajo la condición de contar con un costo de agua potable relativamente barato**, en comparación con los costos adicionales de implementar una alternativa eficiente.

Se parte además, de la *hipótesis de simplificación*, es decir que: **se considera a grandes rasgos una aproximación al grado de factibilidad de implementar tales mecanismos en el Uruguay**, sin indagar escabrosamente en todos los detalles que intervienen en el estudio de la posibilidad efectiva de su implementación.

Entre las *principales dificultades* que se tienen al momento de desarrollar la hipótesis de este trabajo, se encuentra la **falta de compromiso social en el manejo responsable de los recursos disponibles**. En otras palabras, se puede decir que **los hábitos de los uruguayos promueven un sobreuso de las fuentes de consumo, entre ellas el agua potable**. A través de esta investigación se pretende **volver conscientes** a los ciudadanos acerca de la importancia del cuidado de los recursos que disponemos antes que sea demasiado tarde. El mundo necesita ciudadanos que ensucien menos y que cuiden más el medio en el que habitan.

1.3 Objeto de estudio y metodología de investigación.

Son numerosas las instituciones internacionales tanto públicas como privadas que colaboran y se preocupan por desarrollar alternativas que sean capaces de implementarse con el objetivo de obtener resultados favorables en el mediano y largo plazo.

Si bien se constata el creciente interés global por realizar aportes a la problemática de la disponibilidad de agua potable, así como la innumerable cantidad de estudios, ensayos y desarrollos bibliográficos, se debe reconocer que ***no es suficiente la información específica, así también como las indagaciones acerca de la aplicación de estrategias de optimización del uso del agua potable en nuestro medio.***

Por tal motivo, el ***objetivo*** del presente trabajo consiste en ***demostrar el grado de posibilidad de ahorro efectivo de agua, a través de la implementación de mecanismos adaptados a la realidad local, bajo un contexto de bajo costo de agua potable y de acuerdo a un método simplificado.***

La ***metodología de trabajo*** consiste en la realización de un ***procedimiento ordenado*** que abarca una amplia mirada:

- En primero, la ***presentación de algunos contextos*** que permitan dar cuenta de la realidad que se constata en materia de agua potable.
- En segundo, la ***presentación de los diferentes mecanismos y sistemas aplicados y ensayados*** en algunas regiones del mundo, capaces de generar un ahorro efectivo del agua potable.
- En tercero, ***ensayar una posible aplicación*** de algunos mecanismos seleccionados y ***evaluar su posibilidad de instalación en el medio local.***
- Finalmente, ***extraer conclusiones que permitan*** a grades rasgos ***argumentar el grado de posibilidad o no de instrumentar este tipo de tecnologías en nuestro país***

El alcance del trabajo radica en analizar en términos generales si es factible o no, aplicar sistemas capaces de lograr ahorros de agua potable en el entorno de un 30%.⁵

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Agua y contexto.

En el siglo XVIII, Adam Smith en su libro *La riqueza de las Naciones*⁶, define dos tipos de valor: el valor de cambio, que se refiere a la capacidad de un objeto de poder adquirir otros bienes, y valor de uso, que es la utilidad en sí de un objeto.

Smith expone: *“Nada es más útil que el agua: pero difícilmente podrá comprar algo; poco puede ser intercambiado por ella. Un diamante, por el contrario, tiene escaso valor de uso, pero una gran cantidad de otros bienes pueden ser frecuentemente cambiados por este”*.

La paradoja radica en que **el agua, a pesar de ser indispensable para la vida, es vendida a un precio excesivamente barato. El uso real del agua es mayor, pero se la valora muy poco debido a su abundancia y relativa disponibilidad.**⁷ Por el contrario, los diamantes, tienen muy poca utilidad en la vida real, y sin embargo se venden a precios muy elevados, en parte por su disponibilidad más reducida.

Smith argumenta que **el valor económico de un bien depende de las circunstancias y no de las propiedades del propio artículo, lo que lleva a pensar que la escasez sea la clave para valorar** y lo ejemplifica con el siguiente razonamiento: si un hombre que posee un saco de diamantes se pierde en el desierto durante tres días y, al borde de la muerte, encuentra a otro hombre con un jarro de agua, cambiaría gustoso cualquier cantidad de diamantes por un vaso de agua. Por lo tanto, el agua debería ser más valorada.

⁵ Se estima un 30% de aporte al consumo de agua potable en el funcionamiento de las cisternas de inodoros. Ver gráfico de consumo doméstico de agua potable en pág.

<http://www.fosasydepuradoras.es/index.php?pagina=tecnico&tecnico=Aguas%20Grises>

⁶ Título original en inglés: *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, publicado en el 9 de marzo de 1776. Smith desarrolla entre otras cosas, teorías económicas sobre el mercado, la moneda, la naturaleza de la riqueza, el precio de las mercancías en trabajo, los salarios, los beneficios y la acumulación del capital

⁷ En el contexto en que fue escrita la publicación de Adam Smith el agua era considerada como un bien de elevada disponibilidad, como consecuencia del desarrollo económico y los niveles de población característicos de la época.

El consumo de agua presenta relación directa con el campo de la arquitectura. Las aplicaciones derivadas tales como la limpieza, la higiene personal, la preparación de alimentos, entre otros, encuentran en el proyecto arquitectónico, su previsión y diseño en los diferentes programas; desde los hogares hasta edificios de mediana y gran escala como escuelas, sanatorios, industrias, terminales de transporte, centros comerciales, entre otros. **Cada programa demanda cantidades diarias de agua sostenidas en el tiempo, lo que determina un consumo constante y difícilmente de interrumpir.** Si a esa situación le añadimos más individuos o más actividades, el consumo se incrementará inexorablemente, por lo tanto más agua se necesitará para satisfacer esa demanda. **Cuanto más elevadas sean las demandas, mayor es el consumo** y por lo tanto la disponibilidad de los recursos se ve alterada.

La **distribución del agua no es uniforme en el mundo**, existen zonas naturales donde se observa una amplia disponibilidad, como así también zonas donde hay escasez; esto lleva a que existan localizaciones más ventajosas que otras en lo que refiere al acceso del agua y por tanto a las actividades que allí se realizan. **En la actualidad, más de 80 países sufren una escasez grave de agua⁸** y las condiciones pueden llegar a empeorar en los próximos 50 años, en la medida que aumente la población, el cambio climático global perturbe el régimen de las precipitaciones y además, no se tomen las medidas necesarias para tomar conciencia de la real dimensión de la problemática.

RECURSOS DE AGUA DULCE	
REGIÓN	METROS CÚBICOS ANUALES (PROMEDIO PER CÁPITA)
Oceanía	53 711
Sudamérica	36 988
África Central	20 889
América del Norte	16 801
Europa del Este	14 818
Europa Occidental	1 771
Asia Central y del Sur	1 465
África del Sur	1 289
África del Norte	495

Fig. 1. Cantidad de metros cúbicos de agua dulce disponible pércápita, según región geográfica. Fuente Organización de las Naciones Unidas, año 2002.

⁸ Según datos de la Organización Mundial de las Naciones Unidas (ONU). Extraído del sitio web: www.observatoriomercosur.org.uy

Es muy común constatar en nuestros tiempos interrupciones en el suministro de agua por diferentes motivos, tales como fallas en el suministro eléctrico o disminución de las reservas de agua en embalses o ríos o inconvenientes en las redes de distribución. Esos inconvenientes son de carácter técnico así también como climáticos (sequías, inundaciones, tormentas, huracanes, etc.). Estos problemas, suelen en general resolverse en el corto plazo, mediante la reparación de las fallas técnicas o en el mediano y largo plazo a través de la aplicación de medidas desarrolladas en el seno de los gobiernos para garantizar la distribución del agua. Sucede, que en algunos sitios del mundo estas situaciones se registran con demasiada frecuencia y comienzan a formar parte de la vida cotidiana de las personas, generando inconvenientes en la realización de las actividades, lo que lleva a pensar que el problema es mucho más profundo. Según el informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, del año 2014, 768 millones de personas siguen aún sin acceso a una fuente mejorada de suministro de agua.

Se establece entonces, una situación no deseada de demandas crecientes y disponibilidad limitada, que lleva a la necesidad de tomar medidas de alcance limitado para el corto y mediano plazo; entre algunas de las acciones que se han ensayado se encuentran las medidas de restricción al consumo que elaboran algunos gobiernos municipales o la importación de energía a países que cuentan con recursos más disponibles.

Bajo el paradigma de la sustentabilidad, es necesario hacer un abordaje más allá de lo circunstancial; es decir, ***no basta con resolver un problema en la inmediatez del presente*** sino elaborar estrategias de largo plazo que incluyan no sólo a las generaciones actuales sino también a las futuras. En el contexto de crisis establecido, ***es necesario generar conciencia colectiva para el manejo del recurso del agua potable.*** No es casual que en contextos críticos haya una tendencia a pensar en el ahorro, es más bien una cuestión natural o intuitiva, pero el problema radica en qué existen realidades diferentes, algunas más ventajosas que otras y ello dificulta la concepción universal del cuidado y manejo de los recursos disponibles.

En el capítulo 2.2, se expondrán de manera sintética, algunas realidades de diferentes lugares del mundo, que servirán de ayuda para comprender el contexto de crisis en relación al agua potable.

2.2 Aproximaciones acerca de la problemática del Agua Potable.

2.2.1 Brasil. Cuando la infraestructura no es democrática.

Brasil es hoy, una de las economías emergentes del planeta; cuenta una enorme cantidad de recursos, entre ellos, **la cuenca del Río Amazonas que concentra la quinta parte del volumen de agua dulce del mundo**⁹, apta para el consumo del hombre y podría abastecer a más de mil millones de habitantes. Sin embargo, el desarrollo económico de Brasil no ha logrado resolver los niveles de pobreza y desigualdad que se encuentran internamente. Particularmente **se observan grandes diferencias entre los centros y periferias de las grandes ciudades así también como en las regiones del Nordeste del país**, en donde el clima es predominantemente seco y extremadamente caluroso.

Según el Sistema Nacional de Información de Saneamiento (SNIS) **la cobertura de agua potable en la región Nordeste, apenas alcanza a un 10% de la población**, mientras en que en Rio de Janeiro, la cobertura es del 90%. Esta situación lleva a la necesidad de realizar infraestructuras para poder dar cobertura de saneamiento a la gran mayoría de la población. Pero estas obras sólo pueden desarrollarse en el largo plazo, lo que implica la necesidad de desarrollar políticas y acciones para dar una respuesta alternativa.

Con **fin de mejorar los niveles de acceso al agua en las regiones del nordeste, el gobierno de Brasil ha puesto en funcionamiento el denominado Programa de Cisternas**¹⁰ para contribuir al acceso, la valorización y gestión del agua. **Se trata de una estructura simple y eficiente de captación de agua de lluvia** y aprovechamiento sustentable del recurso pluvial, logrando mejorar la calidad de vida y la salud de las poblaciones. Al tratarse de un agua “limpia”, este sistema contribuye a una notoria reducción de la mortalidad infantil y reducir las enfermedades de la población provocadas por el empleo de agua contaminada.

⁹ El Amazonas, tiene la cuenca hidrográfica más grande del mundo. Con alrededor de 7,05 millones kilómetros cuadrados, representa aproximadamente una quinta parte del total de caudal fluvial a nivel mundial. Fuente, Wikipedia, link: http://es.wikipedia.org/wiki/Río_Amazona

¹⁰ Proyecto promovido por AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo) a través de un Fondo de Cooperación para el Agua y Saneamiento. Estos proyectos se aplican en diversas zonas críticas de Latinoamérica, concretamente la presente en el nordeste de Brasil.

El sistema incluye un mecanismo de captación de agua en los techos, un sistema de canaletas y tuberías que conducen el agua hasta la cisterna, y un tanque semienterrado y revestido de cemento con una capa exterior de cal blanca. Con una capacidad de 16.000 litros, abastece a una familia de unas cinco a seis personas durante la época de sequía. La extracción de agua se realiza mediante una bomba manual.

Las cisternas se sitúan en el exterior de las viviendas y requieren unos cuidados básicos para asegurar su mantenimiento, tales como limpiar las canaletas, mantener los aljibes cerrados con candado como método de seguridad y colocar telas en las tuberías a modo de filtro para bloquear las impurezas que llegan desde los tejados.



Fig. 2. construcción de un depósito acumulador de agua de lluvia para una vivienda unifamiliar.
Fuente: www.fondodelagua.aecid.es



Fig. 3. Depósito acumulador de agua de lluvia recientemente instalado en una escuela rural de Brasil.
Fuente: www.fondodelagua.aecid.es

2.2.2 Barcelona. La importación de agua en barcos.

Cada vez que se aproxima un periodo de sequía en Cataluña, los habitantes de la región tienen muy presente que se avecinan las restricciones al consumo de agua. **Barcelona, es una ciudad que desde principio de los años 1990 sufre constantes inconvenientes para enfrentar la demanda de agua** por parte de la población en momentos de sequía. Los ríos que abastecen la ciudad cuentan con poca capacidad y contienen un grado creciente de contaminación que reduce ampliamente los niveles de disponibilidad.¹¹

En el año 2008 la ciudad recibió una de las peores sequías en décadas, lo que obligó al gobierno catalán a tomar una de las medidas más polémicas que han puesto en alerta no solamente a España, sino también a todas las ciudades de la costa mediterránea que experimentan, en diferentes tenores, la misma situación de escasez.

En primero, **el gobierno Catalán emitió una serie de restricciones al consumo de agua; entre ellas la prohibición de lavado de coches, veredas y riego de jardines así también como la implementación de dispositivos que controlen el caudal de consumo, como aireadores en grifos**. No obstante, superado el período de sequías, las mencionadas restricciones eran levantadas y la situación se normalizaba; lo que propició un debate muy intenso entre las autoridades de gobierno, puesto que para muchos resultaba absurdo prohibir en tiempos difíciles y permitir después en mejores situaciones. Es decir que, gestionar la escasez es solo una medida para salir del paso, pero por sí sola no resuelve ninguna situación a futuro.

Pero, indudablemente **la decisión más escandalosa, consistió en la importación de agua y su traslado mediante embarcaciones** hacia el Puerto de la capital catalana. Cada barco tenía una capacidad de veinte millones de litros y tenía un costo aproximado de 280.000 euros, lo que permitía abastecer una demanda aproximada de 180.000 habitantes durante un día.¹² Tal es el caso del Gobierno Catalán, que se vio obligado a desembolsar varios millones de euros para garantizar la cobertura diaria de Barcelona durante su peor sequía.

El problema de fondo, es aún peor; se está llegando al límite de explotación de las cuencas que abastecen a la ciudad y más aún grave, la contaminación que producen las industrias instaladas en sus riberas, lo que compromete gravemente el sostén del actual sistema de abastecimiento de agua potable de Barcelona. En términos generales la sobreexplotación de la cuenca ya no hace posible una visión sustentable en el corto plazo y mucho menos garantiza la continuidad en el mediano y largo plazo.

Conjuntamente con Barcelona, son varias las ciudades de la costa mediterránea las que presentarán enormes dificultades para hacer frente a la escasez de agua potable en los próximos diez años.¹³



Fig. 4. Operarios llevando a cabo el protocolo de llenado de grandes depósitos de agua potable dentro de grandes embarcaciones.

Fuente: portal web del Diario El País España:

http://elpais.com/elpais/2008/05/12/actualidad/1210580232_850215.html

¹¹ Los ríos Ter y Llobregat son las fuentes potables de Barcelona, no obstante ambos reciben aporte de sustancias contaminantes de la actividad industrial. Se ha alcanzado sobre ellos la máxima regulación gubernamental posible.

¹² Extraído del blog de un ecologista:

<http://www.terra.org/categorias/blog-de-un-ecologista/cuando-la-verguenza-viaja-en-barco-en-forma-de-agua-potable>

¹³ Casi 300 millones de personas de países del Mediterráneo tendrán, según la ONU, un acceso limitado al agua en 2025, una situación que puede generar conflictos sociales. Extraído del sitio web del diario El Mundo de España: www.elmundo.com.es

Link: <http://www.elmundo.es/elmundo/2010/04/13/barcelona/1271155755.html>

2.2.3 México. Del agua amenazante al agua amenazada.

Para la Ciudad de México la batalla por el agua potable no comienza exclusivamente en el siglo XX cuando la crisis llegó a puntos insostenibles. **La guerra del agua para la ciudad más poblada de Iberoamérica, comienza con su proceso de urbanización en el que se han poblado sus valles naturales inundables, eliminando la fuente más importante de acumulación de agua dulce de la región.**

Desde la década de los 70, el agua se ha convertido en un tema fundamental de debate a nivel mundial, y en México cada vez se manifiesta con más fuerza una **crisis de disponibilidad del recurso, que tendrá graves impactos en la producción de alimentos, el abastecimiento a la población y la conservación de los ecosistemas naturales.** La profundización de esta crisis tiene una honda raíz en decisiones de gobierno en ocasiones poco transparentes o sin información pertinente y por sobre todas las cosas, en la falta de una adecuada participación de todos los actores locales en la gestión integral del recurso.

En este contexto, se pretende lograr una gestión democrática del agua en que las decisiones de gobierno incorporen principios de equidad en el acceso, eficiencia en su aprovechamiento, tecnologías adecuadas de tratamiento, programas integrales de conservación de cuencas y, en última instancia, que garanticen el bienestar social. Como ejemplo de dichas medidas mencionamos la que propone CIDAC (Centro de Investigación para el Desarrollo A.C.)¹⁴ respecto al aprovechamiento de agua de lluvia. **Se plantea que los gobiernos financien la instalación en casas residenciales de sistemas de captación de pluviales,** con lo cual se lograría aumentar durante la temporada de lluvias la disponibilidad del recurso en los hogares beneficiados y obtener un importante ahorro en el mediano plazo, al sustituir el consumo de agua potable por agua de lluvia.

¹⁴ CIDAC es un organismo independiente, sin fines de lucro, que realiza investigaciones y propuestas viables para el desarrollo de México en el mediano y largo plazo. Entre los principales objetivos, persigue elevar los niveles de vida de la población. Más información el sitio web: www.cidac.org

En la actualidad México es uno de los países con mayor compromiso ambiental en cuanto a investigación y desarrollo de políticas y mecanismos relacionados al cuidado global del agua. Programas como el *Proyecto de Isla Urbana*¹⁵, un proyecto civil desarrollado por el Instituto Internacional de Recursos Renovables; se enfoca en implementar en el área metropolitana del Ajusco¹⁶, sistemas de captación de agua de lluvia. Esta zona, urbanizada informalmente sufre ya una grave escasez de agua. Las casas comúnmente pasan semanas sin recibir agua de la red, en ocasiones reciben agua de mala calidad, y ciertas zonas carecen totalmente del servicio. La falta de un buen suministro de agua obliga a muchas familias a comprar envases de agua, a costos que llegan a ser muy altos. El programa permite la construcción de sistemas sencillos de cisternas acumuladores de agua y un mecanismo de purificación. El financiamiento lo otorga el Municipio y las familias logran establecer una sólida cultura del ahorro de agua.



Fig. 5. Mecanismo de captación de agua pluvial para utilizar en usos no potables para una vivienda unifamiliar. Proyecto Isla Urbana, México. Se observa un mecanismo de captación de los primeros caudales a un depósito interceptor, incrementando la calidad del agua recogida.

Fuente: Sitio web del Servicio de Responsabilidad Social Empresarial y Comunicación de México (EXPOK).

Link: <http://www.expoknews.com/servicio-de-la-red-de-agua-puede-suplirse-con-lluvia-a-bajo-costo-isla-urbana/>

¹⁵ Isla Urbana es un proyecto del Instituto Internacional de Recursos Renovables, (IRRI) dedicado a desarrollar una solución al problema de agua en México. Se trata de un proyecto de asociación civil dedicado a asegurar un futuro sustentable para México a través de la captación pluvial. Más información en el sitio web: www.islaurbana.org

¹⁶ La zona de Ajusco es una conformación urbana perteneciente al Área Metropolitana de la Ciudad de México, situada en zona de elevaciones.

2.2.4 El contexto nacional. Uruguay y su situación frente a la temática del agua potable.

Nuestro país, con poco más de 176.000 kilómetros cuadrados, una población de más de tres millones de habitantes y comprendido en la zona conocida como Cuenca del Plata, la segunda reserva de agua dulce más grande de Sudamérica, **se coloca en una posición claramente diferente a los contextos anteriormente mencionados**. Entre sus principales características, se encuentra su condición climática templada, con un régimen de precipitaciones variable a lo largo del año, y la distribución de su población, que se concentra principalmente en su capital, Montevideo¹⁷, ciudades mayores a 30.000 habitantes y centenares de ciudades menores, pueblos y parajes. Estas condiciones han permitido el desarrollo de políticas de estilo conservador,¹⁸ de gran impacto y rápido alcance, a la vez que posee demandas moderadas y fácilmente controladas. Su amplia disponibilidad en reservas de agua dulce lo convierte en un **país con mayor accesibilidad al agua potable per cápita, así también como tener un costo relativamente barato** respecto a otras regiones del Mundo.¹⁹ La gestión del agua potable está a cargo del Estado Nacional a través de un servicio descentralizado: Obras Sanitarias del Estado (OSE)²⁰

¹⁷ Según censo año 2011 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística: 1.319.108 habitantes. Más información en el sitio web: www.ine.gub.uy

¹⁸ Por políticas conservadoras se entiende aquellas que se instrumentaron varias décadas atrás, fuera del paradigma de la sustentabilidad. No obstante, se realizan actualmente campañas de concientización en el uso responsable y cuidado del agua potable.

¹⁹ En el caso de Barcelona, el costo del agua está estratégicamente diseñado para fomentar el consumo responsable de la misma. Así por ejemplo el costo residencial para una familia de 4 personas y una categoría de vivienda básica, se establece partiendo de la base de un consumo mensual de 1,5m³ por integrante. El costo del m³ alcanza un valor de 6,77€ por lo cual, la tarifa mensual asciende a unos 40€, que traducido en moneda local, resulta un costo estimado de \$ 1.200 pesos uruguayos para la utilización de 6m³. Esto da cuenta de lo accesible que es el agua potable en nuestro país. Ver sitio web de Aguas de Barcelona: www.aiguesdebarcelona.cat/tarifas

²⁰ Obras Sanitarias del Estado (OSE), es el organismo estatal responsable del abastecimiento de agua potable en todo el Uruguay, y del servicio de saneamiento en el interior del país, desde 1952. En el caso de Montevideo, las obras de saneamiento están a cargo de la Intendencia Departamental de Montevideo. Más información en www.ose.gub.uy

Uruguay se enfrenta en términos generales a condiciones de pequeña demanda y mantenimiento aceptable de sus infraestructuras básicas, a la vez que goza de demandas fácilmente atendibles y sin mayores inconvenientes. Sin embargo, *las infraestructuras de saneamiento basadas en colectores públicos* de desechos sanitarios *no están ampliamente desarrolladas* y requieren de políticas e inversiones que parecen estar aún lejos de concretarse, principalmente por los costos de inversión que se deben afrontar. ***Por lo tanto, es constatable el uso de pozos negros como sistema de disposición de los residuos sanitarios.***²¹ Esa tendencia seguirá siendo sostenida e incluso aumentando en el mediano plazo como consecuencia de la falta de inversión en infraestructuras sanitarias.

Puede decirse que el país tiene garantizada la disponibilidad efectiva de agua potable en el mediano y largo plazo. No obstante, ***sería conveniente instrumentar acciones que permitan efectuar usos responsables del sistema de red pública, así también como minimizar los aportes de aguas residuales para colaborar con la vida útil de las infraestructuras.***

²¹ El empleo de Pozos Negros se encuentra ampliamente extendido en el país, especialmente en el Interior Urbano y las áreas rurales. El escaso mantenimiento de estos dispositivos genera la posibilidad de contaminación del suelo, generando consecuencias tanto ambientales como para la salud.

2.3 Conclusiones derivadas de los contextos anteriormente expuestos.

La problemática del manejo del agua potable tiene varias miradas, en particular se debe atender a que se trata de una problemática global y como tal debe ser entendida de igual manera por todas las sociedades, desde aquellas que padecen la problemática real e inmediata, hasta aquellas que resultarían en principio, en una situación más ventajosa en el mediano plazo.

A su vez, **la problemática está concretamente instalada** en dos tipos de situaciones bien claras, por un lado **en contextos donde las infraestructuras son insuficientes y** dónde poblaciones enteras carecen de acceso directo al agua, como es el caso del nordeste brasileño; por otro lado **en contextos derivados de la sobreexplotación de las fuentes tradicionales de abastecimiento a causa del consumo sobredimensionado**, que lleva luego a tomar medidas poco convenientes en el corto plazo y que no resuelven a largo plazo el tema de la escasez.

También **se hace presente el factor de la contaminación ambiental como consecuencia de la falta de infraestructuras**, como en el caso de Brasil **o por excesos de actividades industriales y agropecuarias que atentan con la calidad del agua**, como en el caso de las cuencas de Barcelona o pueden darse, simultáneamente ambas situaciones como ocurre en México.

Se constatan intentos de los sectores gubernamentales en la elaboración de Normas que regulen y establezcan parámetros **para cuidar y proteger recursos que son valiosos para todas las sociedades**. Sin embargo debe considerarse la implementación de instrumentos normativos que permitan generar ahorro de agua no solamente en contexto de escasez, sino también en aquellos contextos donde el costo de agua es relativamente barato debido a su disponibilidad.

Existen mecanismos de control sobre las actividades que se refieren al uso y explotación del suelo, minimizando impactos y evitando la saturación de sustancias que puedan comprometer la calidad de las aguas, no obstante, en ocasiones es difícil implementar con cierta efectividad el control estricto sobre las emisiones o impactos directa o indirectamente sobre las fuentes de agua potable.

Se necesita además, generar infraestructuras que permitan distribuir democráticamente los recursos, así también como mecanismos de disposición eficiente de los residuos humanos que se generan.

En situaciones de bajo costo de agua potable y mantenimiento aceptable de las infraestructuras, puede considerarse efectuar normativas que apunten a **un compromiso personal y gubernamental en reducir las emisiones de residuos** derivados del uso de agua de red, entre ellas la implementación de recargos tarifarios a sobreconsumos excesivos y la utilización de temporizadores en las salidas de consumo de agua.

Por último, y más importante, es generar conciencia colectiva acerca del manejo criterioso y responsable del agua por parte de todos los actores sociales, evitando consumos elevados e innecesarios. Examinar la condición cultural que tenemos a cerca del uso del agua y tomar real dimensión de la herencia que estamos construyendo para las futuras generaciones.

3. APORTES DISCIPLINARES EN EL MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA

3.1 Cuestiones generales.

A lo largo del mundo, la arquitectura (conjuntamente con otras disciplinas) desarrolla y evalúa diferentes alternativas aplicadas a los proyectos arquitectónicos. Estos mecanismos ensayados en diferentes zonas del mundo surgen como respuesta a situaciones de crisis en la disponibilidad de agua potable provocadas por diferentes causas.

Hasta el momento **las técnicas de desalación de agua de mar (agua salada) resultan** excesivamente costosas e **inviabiles en el mediano y largo plazo** con lo cual, resulta muy conveniente desarrollar mecanismos que tiendan a efectuar una gestión racional y responsable del agua dulce actualmente disponible en el planeta.

El **contexto de escasez de suministro potable o de infraestructuras no democráticas** está ligado a sectores sociales vulnerables así también como sectores rurales o situaciones geográficas y climáticas más hostiles, y en consecuencia lo que prima es **fomentar la recolección de agua mediante mecanismos de captación**, a través de programas públicos gubernamentales en colaboración con agentes privados. En **contextos de saturación del sistema de red**, para sectores medios y altos, el mercado ofrece **soluciones de artefactos ahorradores de consumo o de reutilización de aguas grises** en diferentes precios así como en variedad de diseños con el objetivo de minimizar el gasto real en agua potable y en consecuencia un alivio económico. Cabe destacar que el mercado por sí solo, no puede ofrecer una solución real al problema del agua, por que el único objetivo que persigue es el rédito económico. Ahorrar agua en contextos de crisis siempre es útil pero, aún así, deben estudiarse con seriedad los aspectos de fondo. **Como premisa, se puede partir de sistemas de recogida de agua en combinación con artefactos ahorradores y la implementación de mecanismos de gestión responsable del uso de agua potable.**

De todas las exploraciones ensayadas hasta el momento, **resulta difícil realizar una clasificación precisa o enumeración exhaustiva de los diferentes mecanismos o soluciones que hoy se tienen.** De todas maneras, muchos de ellos ya han sido implementados con éxito en ciertas regiones del planeta e incluso ya han sido recogidos en numeras ordenanzas municipales de edificación logrando una mayor difusión y una apropiación cultural.

No es objeto del presente trabajo, realizar una descripción detallada de las exploraciones disciplinares relacionadas con el ahorro de agua potable, simplemente se pretende difundir indagaciones que se encuentran presentes bajo el paradigma de la sustentabilidad.

A grandes rasgos, los mecanismos ensayados pueden clasificarse de la siguiente manera:²²

- **Mecanismos de reúso de agua** (aprovechamiento de aguas pluviales, aprovechamiento de aguas grises o sistemas mixtos)
- **Artefactos ahorradores de consumo efectivo agua potable;** (dispositivos de bajo consumo y/o complementados con abastecimiento parcial de agua pluvial o aguas grises (inodoros o cisternas de doble descarga, eco-orinales, eco-baños, etc.)
- **Artefactos eficientes de manejo de caudal** (aireadores, grifos termostáticos, etc.)
- **Mecanismos de gestión de responsable del agua potable** (Normas relacionadas a un manejo responsable del agua potable, implementación de temporizadores, etc.)

En los capítulos del 3.2 al 3.5, se expresarán de manera somera a modo informativo, los desarrollos más notables que están implementando e instrumentado para su utilización, con el objetivo de una futura difusión a nivel global.²³

²² La clasificación expresada anteriormente surge de la iniciativa del equipo del presente trabajo, a modo de tener una visión más clara y ordenada para abordar las tecnologías e instrumentos existentes. La misma no pretende ser rígida y por el contrario, puede tomarse como base para futuras investigaciones así también como ser pasible de modificaciones a criterio de quienes pretendan establecer nuevos aportes en la temática de manejos responsables de agua potable.

²³ No es posible abarcar la totalidad de las soluciones que se están desarrollando para lograr un ahorro efectivo de agua potable. Muchas de ellas no cuentan con la suficiente difusión, así como tampoco cuentan con información precisa. No obstante, los desarrollos que aquí se muestran dan un panorama bastante amplio acerca de qué mecanismos se pueden adoptar.

3.2 MECANISMOS DE REUSO DE AGUA

3.2.1 Captación de aguas pluviales

Para estar en condiciones de satisfacer las demandas futuras se necesitan técnicas de conservación, recogida, almacenamiento, tratamiento y reutilización.²⁴ La conservación de agua comprende utilizar agua de menor calidad que la potable para usos tales como descarga de inodoros y o el riego. **El empleo de un sistema de captación de pluviales puede verse como una alternativa frente a métodos de depuración de agua**, puesto que se trata de agua con poca carga contaminante.

El mecanismo consiste en generar superficies captadoras principalmente en azoteas, como también balcones y conducir por gravedad el agua, interceptada por diferentes filtros a lo largo del tramo, hasta un depósito acumulador, que luego por un sistema de bombeo, permite la distribución de agua hacia los artefactos sanitarios.

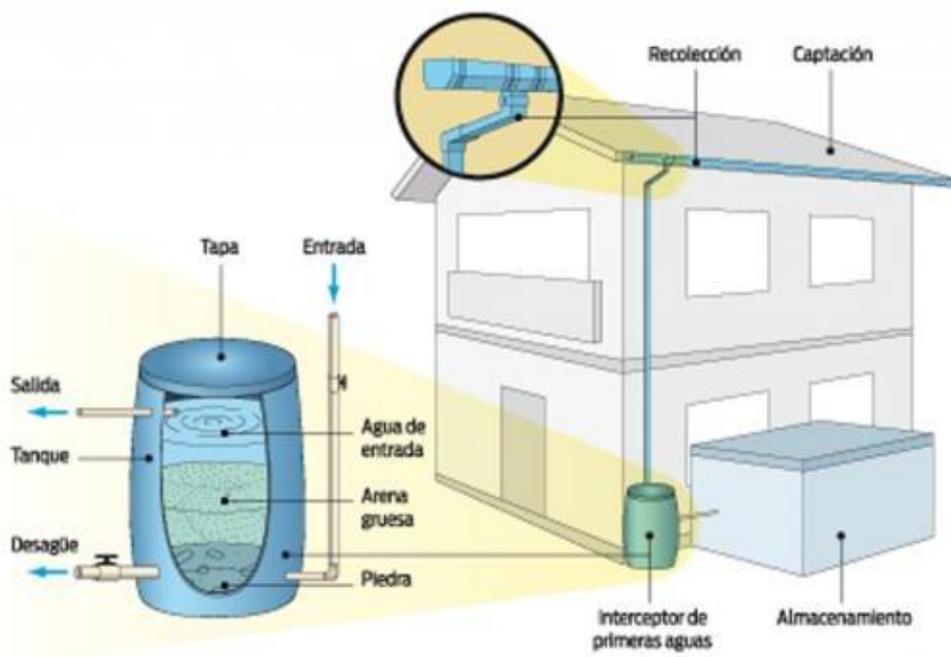


Fig. 6. Mecanismo de captación de agua pluvial. En el esquema se muestran claramente las fases de captación, recolección y almacenamiento.

Fuente: Sitio web del diario LaVoz, Argentina. Link: <http://www.lavoz.com.ar/cordoba/como-viejo-aljibe>

²⁴ Las técnicas de recolección de agua pluvial existen desde tiempos remotos. La expresión se encuadra bajo el marco de la sustentabilidad que tiene entre sus cometidos, garantizar la disponibilidad de recursos a las generaciones tanto presentes como futuras.

Descripción²⁵

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

El aprovechamiento de aguas de lluvia puede contemplarse con suma efectividad en los programas residenciales tanto individuales como colectivos y permite generar un ahorro importante de agua, así también como mecanismo rector en contextos donde la red de abastecimiento pública no se encuentra presente por diferentes motivos. **El agua de lluvia, frente al agua de red tiene una ventaja considerable: es gratuita y puede almacenarse en las más variadas cantidades.** Los usos pueden catalogarse en tres grandes grupos; aquellos usos residenciales integrales (incluye el uso para beber, cocinar y aseo personal), también los usos no potables (lavado de ropa, descarga de inodoros y riego de jardín) y aquellos usos referentes al riego de escala doméstica como huertas, jardines y árboles frutales. La elección de los usos de agua a cubrir con este sistema, es un factor altamente decisivo para determinar la demanda real de agua que se necesita para satisfacer las necesidades de consumo y que, además, determinará su factibilidad económica en el corto o mediano plazo.

El proceso de utilización de agua pluvial, consiste una serie de mecanismos coordinados y se clasifican en tres fases: Captación, canalización, almacenamiento. Una vez confinada, el agua pluvial puede ser distribuida mediante las instalaciones de abastecimiento domésticas.

²⁵ La descripción se realiza sobre la base de un sistema completo de captación y distribución. Algunos aspectos se pueden prescindir en función de los destinos de uso efectivos del agua acumulada.

Fase de captación.

1. Techo

El techo o azotea, será el primer elemento en tomar contacto con el agua de lluvia. Las superficies captadoras pueden ser azoteas planas o techos inclinados tanto de hormigón como de materiales livianos; en estos últimos, los más comunes son la chapa de acero galvanizada, quincha o tejas. El método más eficaz para la captación consiste en azoteas de simple o doble caída, puesto que mediante la regulación de la pendiente es posible agilizar la velocidad de transporte del agua.

La pendiente de la cubierta es un aspecto fundamental a tener en cuenta; en ella se establece el área efectiva de captación de agua. Pendientes mayores implican menor área efectiva de captación, así también como mayor velocidad del agua lo que puede provocar desperdicios de recolección en las canaletas. Otro factor que incide es el material; cuanto más permeable sea este al agua, se requerirá de mayor pendiente.

Es importante, además, conocer el régimen de precipitaciones del lugar para determinar el área de captación; cuanto mayor sea el nivel de precipitación neta, menor superficie se requerirá para acumular. (Se estima que por cada milímetro de lluvia, caído en un metro cuadrado de superficie, se acumula un litro de agua). **Del total de lluvia caída sobre la superficie captadora, se estima un 85% de rendimiento; puesto que el restante 15% se desperdicia como consecuencia del salpicamiento en canaletas debido a la velocidad de caída, desbordamiento por acumulación instantánea en un margen corto de tiempo y el régimen de vientos.**

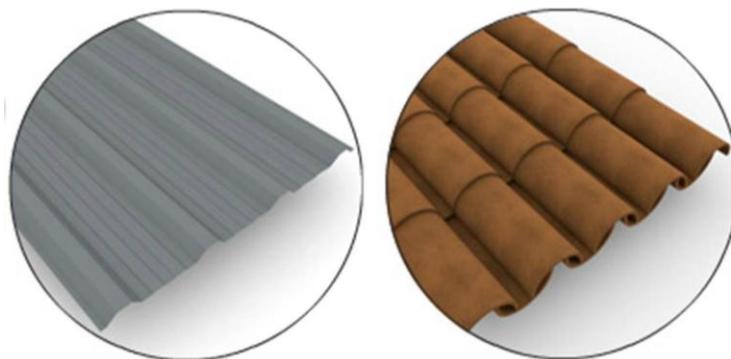


Fig.7 Materiales típicos para la recolección de agua pluvial, techos livianos de láminas de cinc o tejas. Otros materiales eficientes son el hormigón y el iso-panel. Fuente: Sitio web de la Alianza Por el Agua: <http://alianzaporelagua.org/infografia-cosecha-agua-de-lluvia.html>

Fase de canalización.

2. Canaletas y columnas

Las canaletas son **dispositivos lineales ubicados en los puntos bajos de pendiente** donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo.

El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua, y con piezas que se unan fácilmente entre sí, a fin de reducir fugas de agua. Pueden ser materiales plásticos como pvc, así también como acero galvanizado. En azoteas planas de hormigón puede considerarse en la fase de proyecto, la construcción de canales incluíos en el diseño de la estructura, por ejemplo una viga canalón perimetral, o conducir el agua mediante columnas de pvc.

Las pendientes de los canales de lluvia pueden ser del entorno de 0,5 a 1 %; es decir, cada un recorrido de un metro, se desciende 1 cm el canal.

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

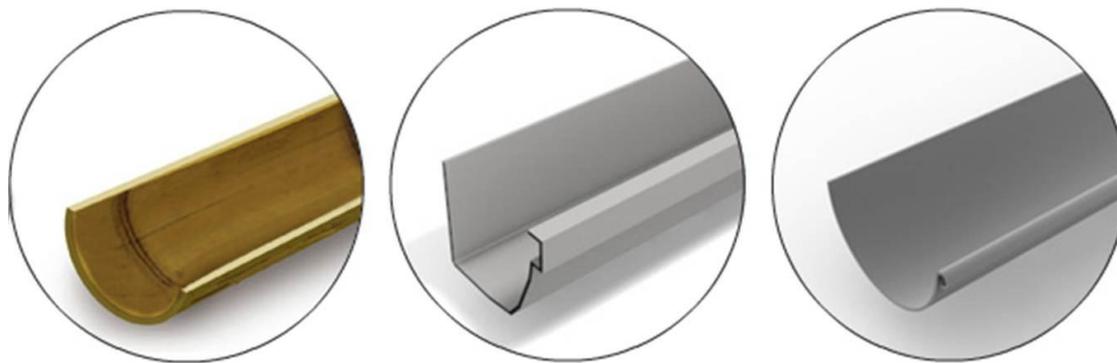


Fig. 8. Diferentes materiales de canaletas de acuerdo a costos, diseño o disponibilidad: caña de bambú (izquierda), metálicos (centro) o de PVC (derecha).

Fuente: Sitio web de la Alianza Por el Agua: <http://alianzaporelagua.org/infografia-cosecha-agua-de-lluvia.html>

3. Filtro de hojas.

El filtrado de hojas resulta fundamental para preservar sustancialmente la calidad del agua pluvial. Los filtros son dispositivos que pueden colocarse tanto en las canaletas de recogida de lluvia como en las columnas de bajada. En el caso de los primeros, pueden constituirse simplemente colocando una malla por encima de las canaletas; los segundos consisten en un diseño compacto que se acopla en las columnas y consta de una rejilla inclinada al estilo tobogán, de calibre eficiente capaz de separar al instante las hojas, así también como semillas y elementos de pequeñas dimensiones y permite su fácil eliminación por resbalamiento, ya sea al medio exterior o a un compartimento de hojas, dependiendo el diseño.

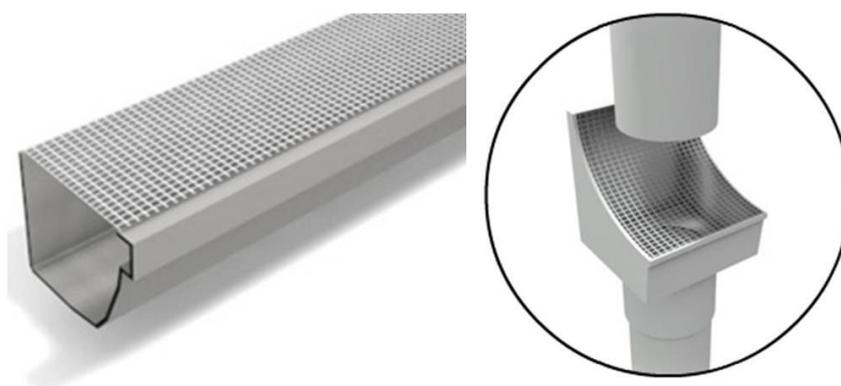


Fig. 9. Distintos tipos de filtros de acuerdo a las operaciones de mantenimiento que se pueden efectuar. Los más elementales constan de mallas aplicadas sobre canaletas o columnas.

Fuente: Sitio web de la Alianza Por el Agua: <http://alianzaporelagua.org/infografia-cosecha-agua-de-lluvia.html>

4. Interceptor de primeras lluvias.

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

Consiste en un mecanismo que funciona con un sistema de cierre de bola. Cuando empieza a llover, el agua entra al interceptor y empieza a llenar. Una vez lleno, el mecanismo de bola hace que esta flote y ascienda hasta obstruir la tubería, y de esa forma, a partir de ese momento el agua pluvial (que cae ya, más limpia), se dirige ya no al interceptor, sino al depósito acumulador.

El agua "sucia" almacenada en el interceptor, se drena mediante una llave y puede ser utilizada para el riego o lavado de pisos.

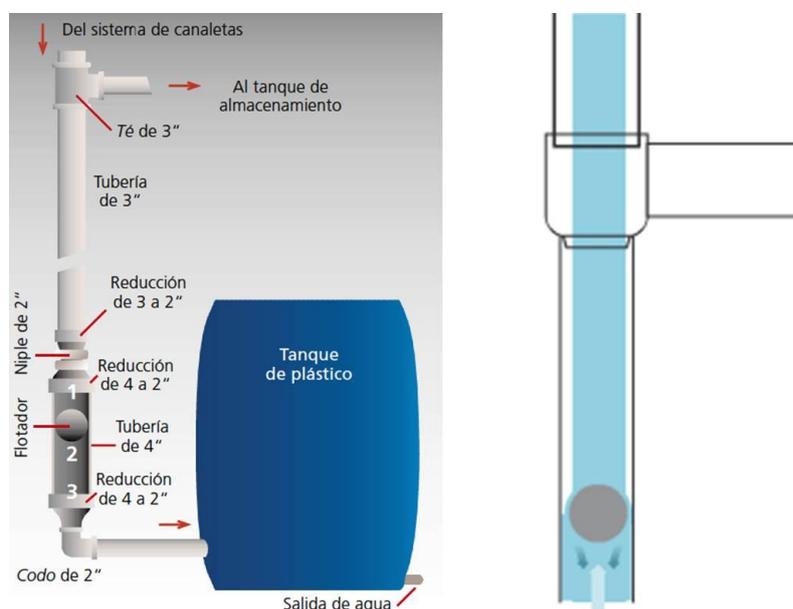


Fig. 10. Interceptor de primeras aguas. Se muestra el mecanismo de cierre de bola, por el cual la misma asciende conjuntamente con el nivel de agua entrante hasta cerrar el paso y permitir luego la conducción de agua al depósito acumulador. Fuente: (izquierda) Sitio web del Foro sobre Cambio Climático y Comercio: http://www.ambienteycomercio.org/?page_id=2288; (derecha) sitio web de la Alianza Por el Agua: <http://alianzaporelagua.org/infografia-cosecha-agua-de-lluvia.html>

*Fase de almacenamiento*5. Depósito acumulador de agua

Es el depósito genuino del agua pluvial, donde permanece para luego ser utilizada. Existen numerosos tipos de depósitos según el diseño; circulares o prismáticas y según los materiales desde las prefabricadas en acero inoxidable, fibrocemento, polietileno y pvc; o construidas in situ en hormigón armado, mampostería revocada o en madera.

Debe reunir ciertas condiciones para garantizar el correcto funcionamiento del sistema en general. En primer lugar, debe ser totalmente impermeable para evitar la pérdida de agua así como evitar infiltraciones de agentes que atentan con la calidad del agua. Se estima una altura no mayor a dos metros, para evitar así posibles presiones sobre el suelo; sobre todo en sitios donde el régimen de precipitaciones es abundante o suelos expansivos. Debe ser accesible para que una persona pueda introducirse en ella y realizar la limpieza o alguna operación de mantenimiento. La tapa de acceso debe estar cerrada herméticamente para evitar el ingreso de polvo, insectos y la luz solar. Posee con un rebose que permite drenar el agua excedente al desagüe y el mismo debe tener incorporada alguna malla para evitar la entrada de insectos o roedores. Debe contar con una válvula de desagüe para retirar el contenido de agua para casos de mantenimiento o reparaciones. Se puede emplear el uso de bombas de mano para desagotar el contenido.

Para calcular el volumen del depósito deben tenerse en cuenta dos parámetros importantes. En primer lugar se debe atender al **consumo en función del número de ocupantes y los usos que se destinarán al agua pluvial** (recordemos que puede incluir la totalidad de actividades o solamente las actividades secundarias, como el lavado de ropa y descargas de inodoros, mientras que las actividades primarias pueden abastecerse mediante la red pública). En segundo lugar, **se debe tener atención al régimen de precipitaciones del lugar;** cuanto más prolongado sea el tiempo de sequía, mayor será el volumen del almacenamiento a considerar.

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



Fig. 11. Construcción de un depósito en bloque armado. Acumulando agua de forma subterránea, hay que tomar los recaudos necesarios para que ésta no se contamine
Fuente: <https://construyendosuenosenhaiti.wordpress.com>



Fig. 12. Diferentes tipos de depósitos acumuladores: acero inoxidable (primero), fibrocemento (segundo), madera (tercero), polietileno o pvc (cuarto)
Fuente: sitio web de la Alianza Por el Agua: <http://alianzaporelagua.org/infografia-cosecha-agua-de-lluvia.html>

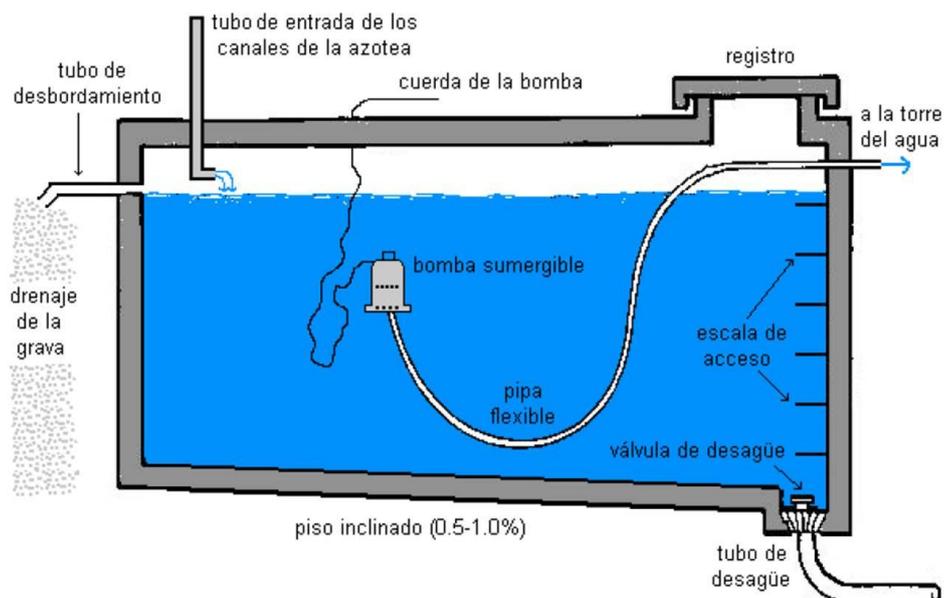


Fig. 13. Esquema de un depósito acumulador de agua pluvial de hormigón armado in-situ. Se indican sus componentes.
Fuente: Proyecto Experimental: Una Sistema para Captar Aguas Pluviales y filtración para La Universidad de ECOSUR

Fase de distribución:

6. Bombas

Las bombas serán las **encargadas de impulsar el agua en reposo del depósito** hacia el tanque superior de abastecimiento, desde el cual partirá la distribución de agua por las instalaciones sanitarias domésticas, o también se puede bombear directamente a las tuberías a través de equipos hidroneumáticos. La potencia de la bomba debe ser tal, que permita el pasaje por los filtros, los mismos reducen la presión del agua por eso hay que tener en cuenta este aspecto para seleccionar la bomba adecuada. Incluso, la bomba puede estar dentro del propio depósito, para lo cual se puede optar un modelo de tipo sumergible.



Fig. 14. Bombas de tipo periférica (izquierda) o de tipo sumergible (derecha)

Fuente: (izquierda) Sitio web de la empresa PressLine Ltda., Chile. Link:

<http://www.presslinechile.cl/category/bombas-periferica>; (derecha)

<http://ferrovicmar.com/infer.asp?ac=19&sg=bombas-trasvase&trabajo=listar&pa=bombas-trasvase>

7. Filtros de partículas disueltas en el agua.

El sistema de filtrado le otorga mayor efectividad al sistema y reduce ampliamente el nivel de sustancias sólidas de muy pequeño calibre en el agua. El mecanismo consiste en el empleo de dos tipos de filtros uno con un cartucho de papel plegado y el otro con cartucho de carbón activado.

El cartucho de papel plegado detiene sedimentos (polvo y tierra) menores a las 50 micras (la mitad del grosor de un cabello humano). El cartucho de carbón activado detiene cloro, pesticidas, sedimentos, orgánicos, y varios otros contaminantes.



Fig. 15. Elementos del sistema de filtrado: porta filtros (izquierda), filtro de cartucho de papel plegado (centro) y filtro de cartucho de carbón (derecha)

Fuente: (izquierda) sitio web de productos Todo Aqua, México. Link: <http://www.todoagua.aqua-soft.com.mx/filtros-filtracion-purificadores-para-agua-portacartuchos-polipropileno-portafiltro-10-3g-slim-line-negro-azul-spurga-12-p-411.html>; (centro) sitio web de Sodimac, Chile. Link: <http://www.sodimac.cl/sodimac-cl/product/1428470/Cartucho-Papel-Plegado-10-x-2.5> (derecha) sitio web de la empresa Avan Tek, Colombia. Link: <http://www.avan-tek.com/extras/sata1/filtros/index.html>

Operaciones de Mantenimiento:

Indudablemente, **la efectividad del sistema radica en el riguroso mantenimiento.**

Evidentemente, según el uso efectivo al que se destine el agua pluvial, **el sistema en general puede contar con diferentes niveles de mantenimiento:**

Nivel básico.

Para este caso, **el sistema de captación puede prescindir de los siguientes elementos: interceptor de primeras lluvias y filtros de partículas en el agua.**

Comprende las operaciones destinadas a usos no potables, y concretamente el abastecimiento de cisternas de inodoros. Esto permite reducir al mínimo las operaciones de control en la calidad de agua a utilizar:

- Mantener el canalón y los filtros en columnas libres de hojas y ramas.
- Dirigir el agua excedente que se expulsa por el rebose del depósito para que no produzca daños a la propiedad o el ambiente.
- Proceder a la limpieza del depósito acumulador una vez al año.
- Puede considerarse un nivel mínimo de cloración como complemento de seguridad.
(opcional)
- Mantenimiento del sistema de bombeo.

Nivel intermedio.

Para este caso, el sistema de captación puede prescindir del interceptor de primeras lluvias.

Comprende las operaciones de mantenimiento destinadas a la utilización de la totalidad de usos secundarios tales como el riego, el lavado de ropa y la descarga de inodoros:

- Mantener el canalón y los filtros en columnas libres de hojas y ramas.
- Dirigir el agua excedente que se expulsa por el rebose del depósito para que no produzca daños a la propiedad o el ambiente.
- Proceder a la limpieza del depósito una vez al año.
- Puede considerarse un nivel de cloración del agua para tener cierta seguridad.
- Los cartuchos de filtros se deben cambiar cada 6 meses para asegurar la calidad de agua.

- Mantenimiento del sistema de bombeo.

Nivel eficiente

Comprende las operaciones de mantenimiento necesarias para un uso integral del agua de lluvia, desde las funciones potables o primarias como las funciones no potables o secundarias:

- Lavar el techo y cualquier superficie destinada a la captación periódicamente, manteniendo los arbustos y ramas alejadas. Eliminar posible acceso de animales (aves, ratas, etc.) La superficie captadora debe estar alejada de las zonas donde se encuentren chimeneas tanto de calefacción como de cocinas, puesto que las mismas depositan hollín. Los techos que tienen terminación de pintura no contengan fungicidas u otros componentes químicos similares peligrosos para la salud, pasibles de ser arrastrados por el agua.
- Mantener el canalón y los filtros en columnas libres de hojas ramas y cualquier tipo de sustancia que pueda contaminar el agua.
- Habilitar el drenaje del interceptor después de cada lluvia. Limpiarlo una vez al mes.
- Dirigir el agua excedente que se expulsa por el rebose del depósito para que no produzca daños a la propiedad o el ambiente.
- Proceder a la limpieza del depósito una vez al año. No utilizar detergente ni productos de jabón. Evitar los momentos de mayor incidencia solar para la limpieza de cisternas plásticas o de fibrocemento.
- Determinar y mantener un nivel de cloración óptimo en función del volumen total de almacenamiento de agua pluvial. Verificar semanal o quincenalmente, el nivel de agua almacenado para determinar la concentración efectiva de cloro en el agua.
- Los cartuchos de filtros de partículas de menor calibre se deben cambiar cada 6 meses para asegurar buena calidad de agua.
- Mantenimiento del sistema de bombeo.
- Limpieza del tanque superior de agua (si posee)

3.2.2 Reutilización de aguas grises

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

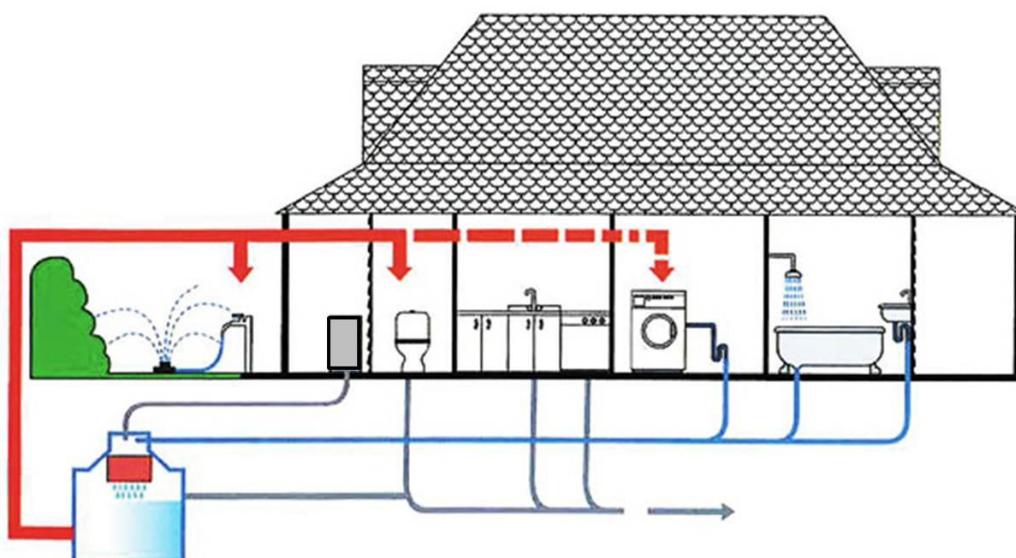


Fig. 16. Esquema general del mecanismo de reutilización de aguas grises. Las aguas grises se conducen a un depósito acumulador, previo al cual las aguas son sometidas a un proceso de tratamiento. Un sistema de bombeo permite conducir nuevamente las aguas tratadas a los artefactos y grifos estipulados.

Fuente: <http://elblogdelagua.es>

Fase de captación:

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

Fase de canalización:

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

Fase de almacenamiento:

Previo a la acumulación, el agua residual es sometida a un proceso de tratamiento para eliminar gran parte de las impurezas que podría alterar el mediano plazo el funcionamiento de los artefactos sanitarios. El procedimiento consta de tres etapas²⁶:

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

Todo este proceso está regulado por sistemas de comando centralizo en un panel de control.

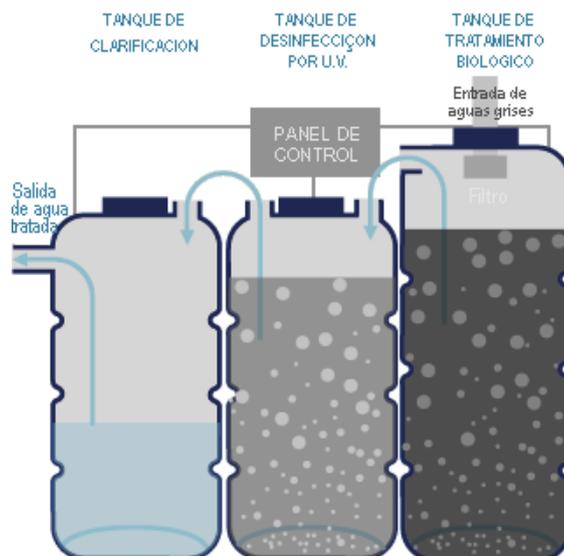


Fig. 17. Esquema de funcionamiento de un sistema de tratamiento integral de aguas grises domiciliarias. Fuente: Sitio web de la empresa GreyWaterNet®: www.greywaternet.com

²⁶ Sitio web de la empresa GreyWaterNet®: www.greywaternet.com

En cuanto a los depósitos de acumulación, generalmente son de fibra de vidrio, siendo el lugar habitual de ubicación el subsuelo de las edificaciones.

El volumen de acumulación está ligado directamente al consumo total de los usuarios del programa y por tanto es más sencillo de prever. Se descarta la utilización de estas aguas para usos potables.

Si por algún motivo no hay aporte de aguas grises o existe un consumo muy alto en los inodoros, el depósito tiene un mecanismo de boyas y válvulas que suple esta carencia tomando agua de la red de abastecimiento general. Si, por el contrario, es muy alta la producción de aguas grises y produce un sobrellenado del depósito, este dispone de un rebose que canaliza el sobrante hasta la red general de desagües.

Fase de distribución:

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

Mantenimiento:

El mantenimiento de todo el sistema de recogida ***consiste en una inspección general en los registros*** en eventuales obturaciones de las cañerías, ***revisión anual del sistema de tratamiento para eliminar partículas*** de elevado calibre y evitar su mal funcionamiento debido a obstrucciones. Por otra parte se requiere ***mantenimiento del depósito al menos una vez al año*** y efectuar las operaciones de cloración como mecanismo de seguridad. Además se deben revisar los filtros de algunos artefactos tales como cisternas de inodoros o de las lavadoras de ropa.

Consideraciones normativas:

Si bien existen normativas referidas al tratamiento y disposición final de efluentes sanitarios en todo el mundo, aún no se ha logrado establecer criterios normativos en relación a la reutilización de aguas grises. Sin embargo es preciso destacar que son varias instituciones gubernamentales que en colaboración con instituciones asesoras, realizan una serie guías y recomendaciones técnicas para alentar a la reutilización de aguas en diferentes zonas del mundo.

Entre las numerosas instituciones que trabajan en la temática, concretamente la Asociación Española de Empresas de Tratamientos y Control de Aguas (*AQUA ESPAÑA*) ha elaborado una guía técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises.²⁷ La misma establece en detalle la descripción completa del sistema, así también como el marco de aplicación, criterios de diseño y operaciones de mantenimiento.

Consideraciones acerca del grado de riesgo de su implementación:

Particularmente, el empleo de un sistema de abastecimiento con aguas “no potables” en paralelo a un sistema de agua de red, debe desarrollarse de manera que ambas instalaciones sean absolutamente independientes. Principalmente, las tuberías que transportan las aguas grises a presión, arrastran un mínimo porcentaje de sustancias que, si logran entrar en contacto con el agua de las tuberías que transportan el agua de red, terminan por contaminar el agua, que se emplea para usos potables. En el caso de contar con grifos de aguas grises, se debe identificar claramente en el hogar, sobre todo si en él habitan niños pequeños que por confusión, utilicen el agua “no potable”.

Otro aspecto a tener en cuenta es el uso efectivo de las aguas grises. Si se constata que, por motivos culturales, se utilice mayormente el agua de red que la almacenada en el depósito, se producirán malos olores en los puntos de salida, como consecuencia de una permanencia de aguas grises mayor a la esperada.

Por otra parte, para constatar la efectividad del sistema es necesario un procedimiento de tratamiento de las aguas para reducir la carga contaminante. Esto puede implicar un monitoreo con relativa frecuencia, mediante la toma de muestras que verifiquen porcentajes mínimos de presencia de sustancias contaminantes.

Consideraciones de su implementación en el contexto local:

Si evaluáramos la posibilidad de implementar este mecanismo en el contexto local, en términos generales, las consideraciones relacionadas al mantenimiento del sistema de reúso de aguas grises puede resultar poco confiable para los individuos, debido que deben someterse a un compromiso que en principio, no estarían dispuestos a asumir.

²⁷ AQUA ESPAÑA desarrolla actividades para el tratamiento y control de aguas de consumo público, residuales e industriales. Ver en el sitio web: www.aquaespana.org

Ver guía completa en el link:

<http://www.aquaespana.org/repositori/documents/actualitat/es/GUIA%20TECNICA%20ESPANOLA%20RECICLAJE%20AGUAS%20GRISES%20CS-AG%20AQUA%20ESPANA.PDF>

3.2.3 Utilización mixta de aguas.

Tanto **la captación pluvial como de agua gris, pueden combinarse para una mayor optimización en el ahorro efectivo del agua potable, reduciendo su consumo considerablemente.** El volumen de acumulación puede ser común o compartimentado según se quiera destinar tanto a usos potables como no potables.

El agua de los desagües conjuntamente con el agua de producto de las precipitaciones, puede resultar altamente conveniente, debido que el aporte de aguas grises es diario y sostenido en el tiempo, lo que puede suplir la carencia o el bajo aporte de agua pluvial en períodos de sequías o escasas lluvias. De esta manera **el volumen de reserva de agua podría ser mucho menor con un periodo de retorno de llenado más breve y de esa manera brindar mayor seguridad.** La complementación de ambos mecanismos puede asegurar un ahorro de agua potable en elevados porcentajes. El aporte de agua mixto resulta más confiable en términos de asegurar en un determinado período de tiempo un volumen mínimo más concreto.

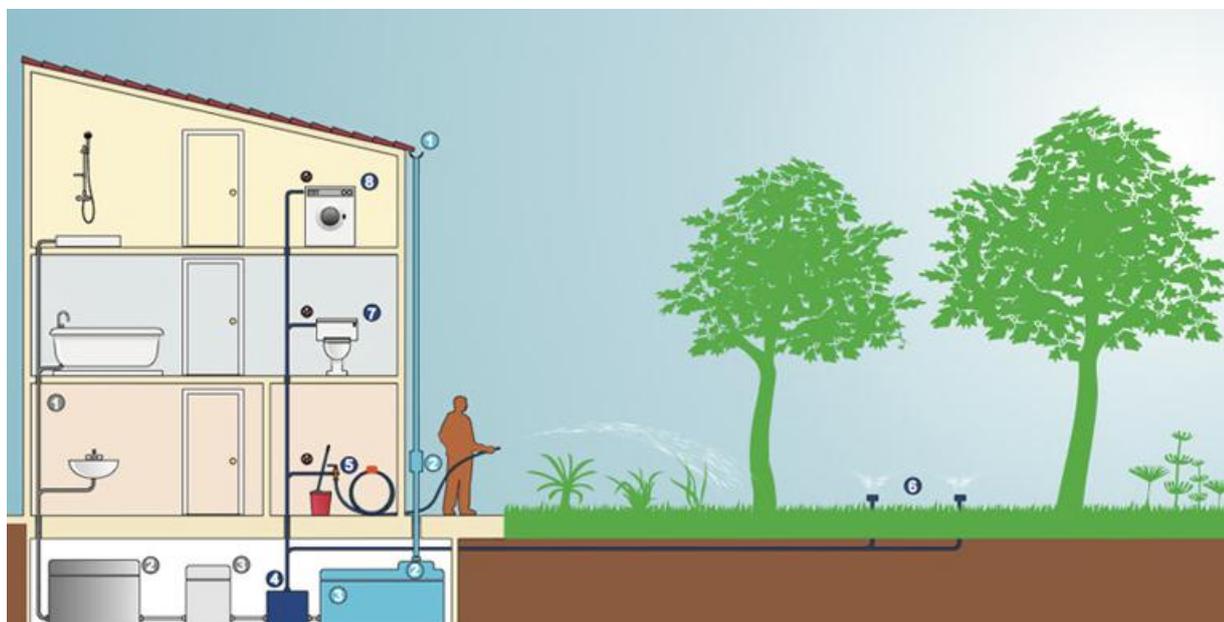


Fig. 18. Esquema de una sistema de captación mixto de agua. En la imagen se aprecia que los depósitos acumuladores son independientes.

Fuente: <http://www.aguapur.com/0/aprovechamiento.html>

3.2.4 Marcos de aplicación de mecanismos de reúso de agua.

Si realizamos una mirada al contexto nacional, **la implementación de mecanismos capaces de ahorrar agua resulta altamente recomendable para aquellas situaciones donde la red de agua potable no se encuentra presente.** Tal es el caso de Villa Serrana,²⁸ donde la topografía del terreno ha hecho difícil ejecutar las obras de abastecimiento de red de agua potable. En estos casos el agua para consumo humano se extrae mediante perforaciones, por lo que **resulta conveniente utilizar el agua pluvial para minimizar las extracciones de agua para usos no potables.** Por otra parte, como ya hemos mencionado, es constatable fundamentalmente en el interior urbano y el medio rural, **la utilización de pozos negros como medio de disposición de efluentes sanitarios;** los mismos **pueden generar impactos negativos en la calidad del agua subterránea** si poseen alguna patología en su funcionamiento como por ejemplo, filtraciones hacia el terreno. La situación puede ser más grave en localidades o núcleos urbanos importantes, donde la probabilidad de inconvenientes en la disposición de residuos sanitarios puede ser relativamente elevada. **Resultaría conveniente efectuar un mecanismo de reutilización de las aguas grises con motivo de minimizar las emisiones hacia los depósitos de tratamiento.**

Finalmente, con motivo de impulsar de manera eficaz el uso y manejo responsable del agua, **podrían elaborarse normas a cerca de la obligatoriedad de utilizar algún mecanismos ahorradores en situaciones de riesgo ambiental,** como en aquellos casos donde se cuente con depósitos acumuladores de residuos sanitarios, para establecer un marco de responsabilidad con el medio ambiente, por parte de los individuos.

²⁸ OSE en conjunto con la Intendencia de Lavalleja ha firmado una serie de convenios con el objetivo de brindar un servicio de agua potable, entre otros a un sector del barrio obrero de Villa Serrana. Ver artículo de la fecha 14 de Noviembre de 2012, en el sitio web de Presidencia de la República: www.presidencia.gub.uy.
Link: <http://www.presidencia.gub.uy/comunicacion/comunicacionnoticias/ose-lavalleja>

3.2.5 Implicancias del uso de mecanismos de reúso de agua en el proyecto arquitectónico

El empleo de sistemas capaces de captar, acumular y distribuir agua ya sea pluvial o residuos grises, trae aparejado una serie de consideraciones que deben tenerse en cuenta en la aplicación en el proyecto arquitectónico. Al tratarse de mecanismos puramente funcionales, resulta difícil lograr una adecuación armónica con la arquitectura, sin embargo se pueden efectuar algunas puntualizaciones:

- En primero, la utilización de depósitos acumuladores puede efectuarse tanto bajo tierra como sobre nivel de suelo o subsuelo. **Para depósitos ubicados en niveles de subsuelo, deben darse las condiciones tanto espaciales**, así también como analizar las actividades que allí se realicen ya que condicionan notablemente su ubicación. **Depósitos ubicados a nivel de suelo pueden ubicarse en depósitos o zonas exteriores. Se pueden prever técnicas de diseño para disimular u ocultar su presencia.**
- Equipos de bombeo y colocación de automatismos pueden preverse en sitios donde queden aisladas a fin de evitar la propagación de ruidos.
- **La redes tanto de abastecimiento como de desagües separativos deben pueden estar expuesta sobre planos de fachada, así también como crear estrategias para canalizar las mismas en paredes o mochetas.**
- Las áreas de servidumbre para efectuar operaciones de mantenimiento deben ser las necesarias para lograr la viabilidad del sistema.



Fig. 19. Mecanismo de captación pluvial: canaletas (arriba e izquierda), depósito acumulador de hormigón armado (arriba y derecha), bomba (abajo e izquierda) y tanques acumuladores (abajo y derecha)
 Fuente: <http://huellaspyp.com/?iframe=true&width=100%&height=100%>



Fig. 20. Depósitos acumuladores e interceptores de agua pluvial: depósito bajo tierra (arriba) y depósito sobre nivel de suelo y en espacio exterior (abajo),
 Fuente: <http://redmonarca.ning.com/photo/sistema-de-filtrado-y?context=popular> (arriba),
<http://www.casablancahoy.com/asite/tag/escasez-hidrica/> (abajo).

3.3 MECANISMOS DE AHORRO EFECTIVO DE AGUA POTABLE

En esta categoría se encuentran aquellos **artefactos que disponen de mecanismos de funcionamiento que reducen el consumo de agua potable y/o, además de contar con aprovisionamiento de agua de red, también emplean alguna forma de abastecimiento alternativo, ya sea fuente de agua pluvial o de aguas grises**. Este sistema mixto de abastecimiento permite un ahorro de al menos un 50% en el funcionamiento efectivo del artefacto propiamente dicho²⁹ y ahorros globales de consumo de agua en el orden de un 30% y en adelante. Requieren de un sistema de instalación doble de tuberías y válvulas que permitan regular voluntariamente el sistema de aprovisionamiento cuando una de las fuentes se vea afectada.

3.3.1 Inodoros de doble descarga.

Esta solución, además de contar con un amplio desarrollo en diferentes zonas del mundo, posee una amplia difusión a tal punto que en algunos países como México y Estados Unidos, el empleo de estos sistemas están presentes en las ordenanzas municipales de construcción.

Se trata de un **artefacto que regula el consumo de agua utilizada en cada descarga bajo la premisa de que no es necesario emplear el mismo volumen para remover los residuos sólidos y los líquidos**; estos últimos requieren de una cantidad mucho menor y para ello, se ha diseñado un dispositivo que regula las descargas de agua. El mecanismo **consiste en una válvula de doble botonera o pulsador que permite escoger a voluntad el tipo de descarga necesaria**, es decir, una descarga completa de 6 litros o una descarga parcial de 3 a 4 litros. Otra variante son las válvulas de accionamiento interrumpido, es decir, aquellas en las que se regula el caudal emitido pulsando el botón dos veces; la primera permite realizar la descarga y la siguiente la detiene a voluntad del usuario.

El volumen de agua que emplean las cisternas habituales en la actualidad ronda los 9 a 10 litros. Los nuevos artefactos permiten utilizar un volumen máximo de 6 litros por descarga para remover residuos sólidos y utilizar la mitad de agua para remover los residuos líquidos.

Si partimos que de la base que la mochila de un inodoro convencional de 10 litros consume el 30% del consumo doméstico neto, una mochila de 6 litros de descarga máxima permite ahorrar un 40% del aporte global que realiza el uso del inodoro, alcanzando un 18%.

Estos artefactos se encuentran en una variedad de diseños y colores para adaptarse a la estética de los ambientes y su precio en el mercado oscila en el entorno de los 250 dólares promediamente³⁰.

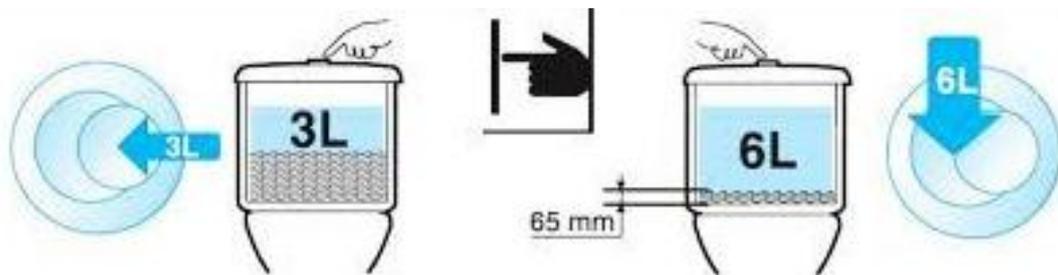


Fig. 21. Mecanismo de selección de descarga de la cisterna de inodoros: selección parcial (izquierda) para residuos líquidos y descarga completa (derecha) para residuos sólidos.
Fuente: extraído del blog instalacionesuba.blogspot.com

²⁹ Ahorro considerado para aquellos inodoros que cuentan con cisterna compartimentada. Para los las cisternas comunes el ahorro es del 100% exceptuando casos de fallas eventuales en el suministro de agua pluvial o gris. En tal situación el abastecimiento es habilitado por la red de agua potable.

³⁰ Precios según modelos de la marca comercial Corona® Colombia. Los costos varían entre U\$S 80 y U\$S 350 de acuerdo al modelo que se desee elegir. Más información en el sitio web de Sanitarios Corona® Colombia, en el link: <http://www.corona.com.co/web/Corona/Catalog/Category/Banos/Sanitarios/Dos-Piezas>

3.3.2 Artefactos reutilizadores de aguas grises.

La preocupación por obtener el máximo partido posible al uso del agua potable, ha dado lugar a la a la investigación de alternativas basadas en mecanismos sencillos y con fuerte base en el diseño, para crear artefactos acordes a la estética contemporánea. Se han presentado varias propuestas de las cuales algunas aún siguen siendo meros ensayos mientras que otras ya son realidad.

a) “Ecobath”, Jang Woo-Seok³¹

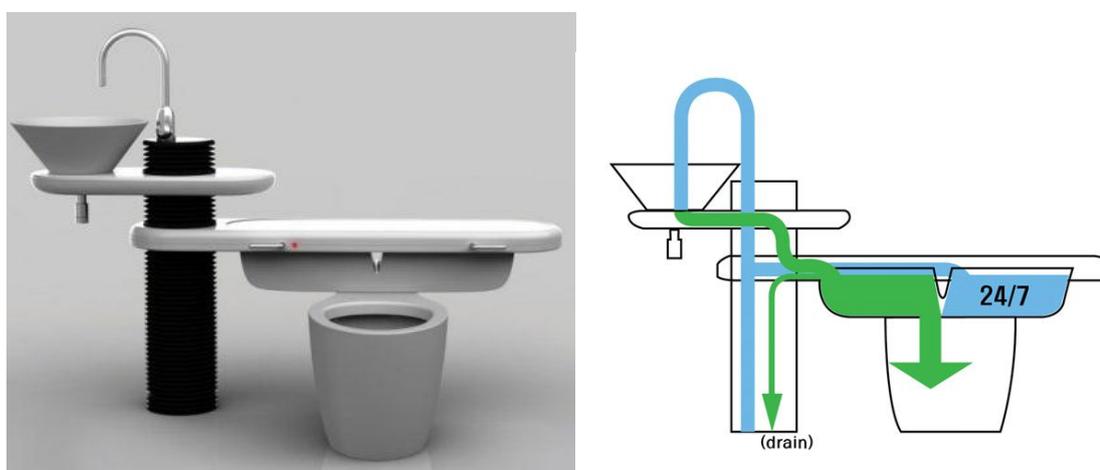


Fig. 22. Modelo de baño ecológico capaz de aprovechar el agua utilizada en el lavabo para la descarga de la cisterna de inodoro. Fuente: IS-ARQuitectura, Blog de Arquitectura y Diseño: <http://is-arquitectura.es/2009/05/22/eco-bath-para-ahorrar-agua/>

El *baño del futuro* es un **sistema que integra lavabo e inodoro en una sola estructura**. Está construido alrededor de un núcleo central que contiene el sistema de tuberías internas que suministran de agua al lavabo y canalizan el agua gastada hacia la cisterna del inodoro (que se encuentra compartimentada en dos sectores) a través de otro sistema de tubos contenido en una plataforma horizontal. De esta manera, el agua utilizada para lavarse las manos es enviada a uno de los compartimentos que posee la cisterna. Una vez lleno, el compartimento de agua grises, posee un rebose que canaliza el excedente de agua gris al sistema de desagües. **Como el lavabo es utilizado con elevada frecuencia, se asegura eficientemente el llenado del compartimento**, lo que permite un ahorro del 50% en el consumo de agua potable destinada al inodoro.

b) W+W (Washbasin + Watercloset)³²

Se trata de un **diseño integral conformado por una única pieza que contiene el lavatorio y el inodoro**. Permite descarga de aguas grises previamente tratadas mediante un proceso novedoso de desagüe. Parte del caudal es enviado a un tanque de tratamiento mientras que la fracción restante ingresa selectivamente a un sistema de filtros. De esta manera, los residuos de mayor tamaño se apartan del agua, y sólo el líquido pasa directamente al tanque de tratamiento donde se reúne con la parte del caudal restante para purificarse en su totalidad. El agua resultante es limpia, higiénica y se conduce a la cisterna para ser utilizada en la descarga del inodoro. Esta sofisticada tecnología, permite reducir en un 50% el aporte de agua potable hacia la cisterna.

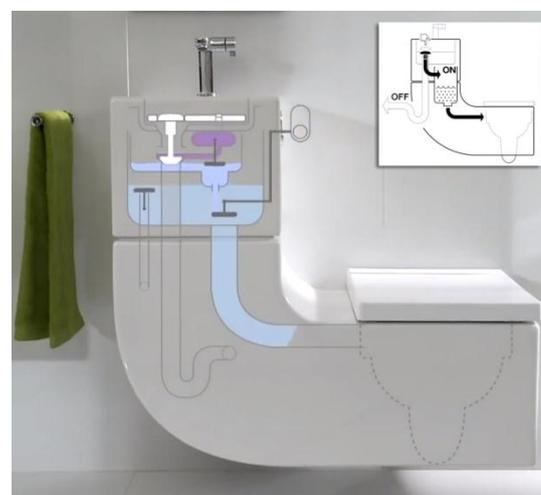


Fig. 23. Modelo Washbasin + Watercloset. A la izquierda, el modelo presentado. A la derecha, se muestra el mecanismo de funcionamiento del artefacto. Fuente: (izquierda) sitio web de Wikimedia Commons. Link: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Roca_Washbasin%2BWatercloset_02.jpg; (derecha) sitio web de Mobilier^{co}, link: <http://www.mobilier.com.co/w+w.html>

³¹ Ver en el sitio web de IS-ARquitectura, Blog de Arquitectura y Diseño: <http://is-arquitectura.es/2009/05/22/eco-bath-para-ahorrar-agua/>

³² Diseño original de Gabriele y Oscar Buratti para el *Innovation Lab de Roca* (equipo de diseñadores cuyo objetivo es ofrecer novedosas propuestas de producto que van más allá del mero diseño formal). El diseño fue presentado el 22 de marzo de 2009. Más información en el sitio web de CienciaOnLine.com, blog de ciencia y enseñanza.

Link: <http://www.cienciaonline.com/2009/05/11/ww-washbasin-watercloset/>

Ver también el sitio web de la empresa Roca®: www.roca.es

c) “Orinal Amigable”, Yeongwoo Kim³³

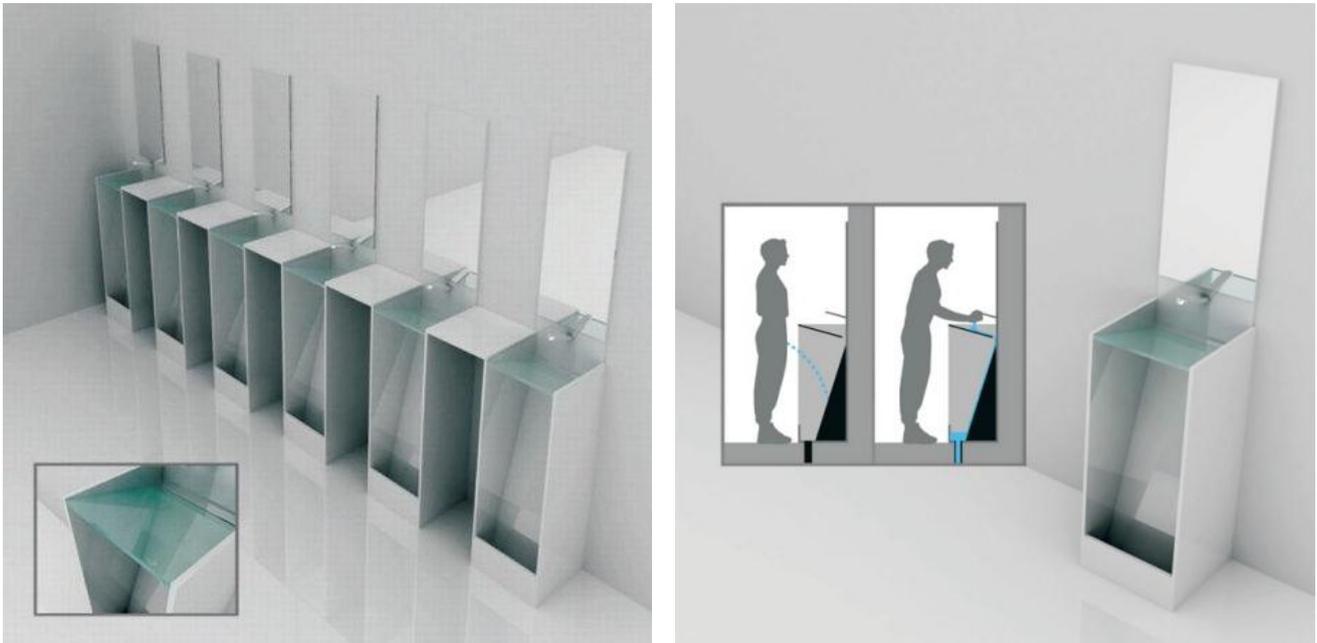


Fig. 24. “Orinal Amigable”. Reutiliza del agua del lavamanos para la limpieza efectiva del orinal. Diseño individual y sencillo, que permite disponer de una cantidad consecutiva de los mismos, ocupando poco espacio. Fuente: sitio web Revista 2Type, Colombia. Link: <http://www.2type.co/blog/item/388-eco-orinal-la-nueva-forma-de-ir-al-ba%C3%B1o.html>

Se trata de un novedoso **diseño que incorpora lavatorio fusionado con un mingitorio**. Permite el aprovechamiento del agua del lavabo mediante un sencillo mecanismo; **el agua utilizada para el lavado de manos se desliza** por una superficie plana con pendiente y luego es arrojada, también por deslizamiento hacia un plano inclinado **permitiendo la limpieza del orinal** de forma instantánea. No sólo se utiliza el agua realmente necesaria en el momento indicado y también se garantiza la efectividad en su limpieza.

³³ Extraído del blog de *Industrial Design World Ranking* (Ranking mundial de diseño industrial): <http://industrialdesigners.blog.com/2011/01/14/urinal-ecofriendly-diseno-ecologico-en-wc/>

3.4 MECANISMOS EFICIENTES DE MANEJO DE CAUDAL

En la presente categoría se encuentran aquellos **dispositivos que colaboran en la reducción del caudal** de agua que se emite al exterior de grifos.

3.4.1 “Aqua Return” (Sistema de agua retornable)³⁴

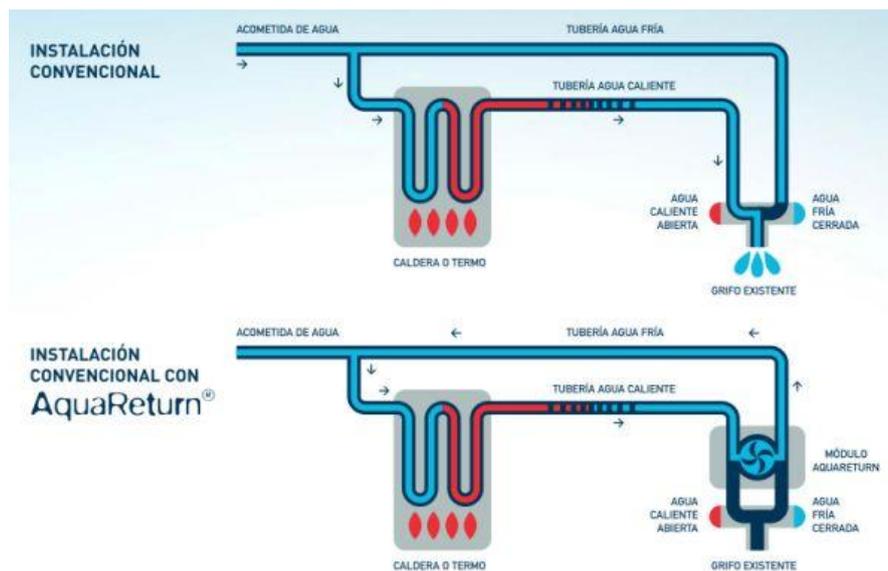


Fig. 25. Mecanismo de funcionamiento del sistema de agua retornable. Fuente: <http://www.tuexperto.com/2013/09/18/aquareturn-sistema-de-ahorro-de-agua-y-gas-hecho-en-espana/>

Al abrir un grifo de agua caliente, hasta que sale a la temperatura deseada, se deja correr hacia el desagüe una gran cantidad de agua que se desperdicia. Este dispositivo (AquaReturn) consiste en **un artefacto eléctrico que hace recircular el agua por las tuberías hasta que logran la temperatura adecuada**. Una vez alcanzada la temperatura estipulada, el mecanismo permite la salida del agua por el grifo, generando importantes ahorros tanto de agua como de energía. En otras palabras, **al abrir el grifo de agua caliente, esta no sale sino a la temperatura indicada**. Se estima que puede ahorrar aproximadamente unos 20 litros al día por persona. Con lo cual puede considerarse un ahorro del 15% del aporte global de agua potable.

³⁴ AquaReturn® es un producto desarrollado y fabricado en España. Más información en el sitio web: www.aquareturn.com

3.4.2 Grifos termostáticos

Se trata de **dispositivos integrales de doble comando**; **por un lado** un mando que **permite seleccionar la temperatura del agua** deseada para utilizar, **por otra parte** el regulador de caudal que **permite calibrar la sección de salida de agua**, de manera que, a menores secciones, menores las cantidades de agua aunque con mayor velocidad de salida. Entre las principales ventajas se encuentra la salida de agua siempre a la misma temperatura seleccionada, aún cuando se abra y cierre el paso de agua.

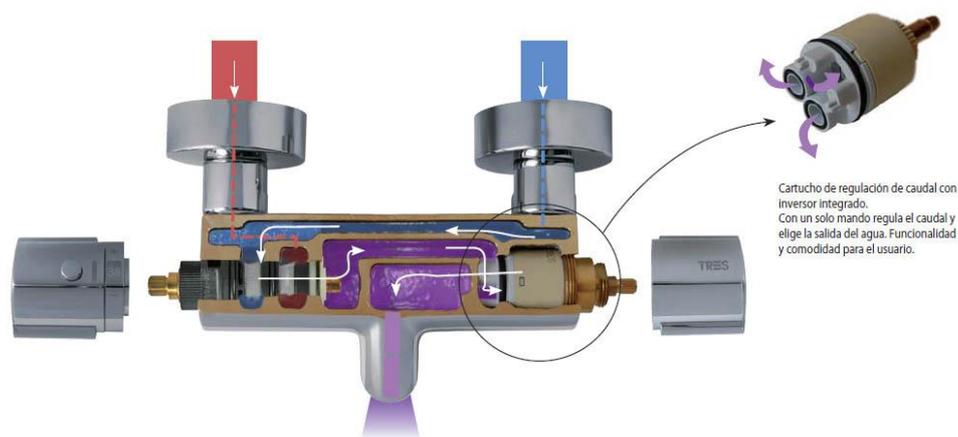


Fig. 26. Esquema de funcionamiento de un grifo temporizado. Por una parte se regula la mezcla de agua fría y caliente, mientras que por otra parte se regula la sección de salida del agua mezclada, con lo cual se selecciona la velocidad de salida de agua. Fuente: <http://www.climabit.com/content/6-griferia-termostatica>

3.4.3 Aireadores (burbujeadores)

Los aireadores son **elementos dispersores que mezclan aire con agua**. Consta de una sección circular con unas pequeñas rejillas superpuestas que reducen el área de pasaje de agua y unas ranuras laterales por donde ingresa aire como consecuencia de la depresión generada por las rejillas. **El sistema está basado en el efecto venturi, el cuál expresa que: si el caudal de agua es constante pero la sección disminuye, necesariamente la velocidad aumenta tras atravesar dicha sección.** De esta manera se logra que con menor cantidad de agua se tenga un chorro mayor y mejor sensación de confort.

Estos dispositivos han sido de los primeros intentos para lograr un ahorro efectivo de agua potable, por lo que se encuentran ampliamente disponibles en el mercado desde hace varias décadas. El costo de estos dispositivos es sumamente barato, y ronda los 5 a 10 dólares la unidad y entre 15 a 30 dólares el set³⁵, dependiendo su forma de comercialización. Su uso está generalizado en todas las salidas de grifos en piletas de cocina, bachas y duchas, permitiendo un ahorro neto promediamente de un 50% del aporte global de agua potable de cada grifo.³⁶ **En la actualidad las griferías ya cuentan con la tecnología de los aireadores incorporada a su diseño.**

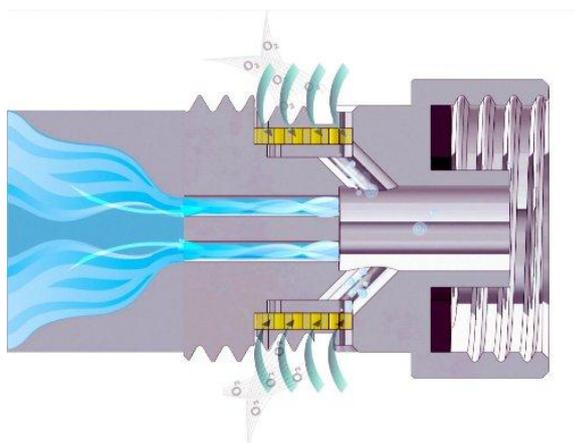


Fig. 27. Principio de funcionamiento de los aireadores, según el efecto Venturi (izquierda). Modelos de aireadores disponibles en el mercado. Nótese la variedad de boquillas de salida de agua (derecha).

Fuente: (izquierda) sitio web ISON2; blog de ingeniería y sostenibilidad para el s. 21

Link: <http://www.ison21.es/2013/01/25/duchas-de-aire-para-ahorrar-agua/> (derecha) sitio web del blog de Hogares Verdes. Link: <http://hogares-verdes.blogspot.com/2012/09/perlizadores-pequenos-baratos-y-muy.html>

³⁵ Precios consultados en la empresa SGM-Equipamiento Sanitario. Bvar España 2162, Montevideo, Uruguay.

³⁶ Porcentaje de ahorro promedio según asesores de la empresa SGM-Equipamiento Sanitario. Bvar España 2162, Montevideo, Uruguay. Los expertos en el tema expresaron que existen aireadores que ahorran entre un 30 y 70% del caudal efectivo y han sugerido tomar como base para el desarrollo de la presente investigación, un ahorro efectivo del 50% del caudal.

3.5 MECANISMOS DE GESTIÓN EFICIENTE DE AGUA POTABLE.

En esta categoría se encuentran aquellos instrumentos capaces de realizar un control efectivo en el manejo de agua potable por parte de los usuarios. Los mismos van desde Normativas generadas en el seno de los gobiernos y aplicadas por las empresas proveedoras de los servicios de agua potable, así también como artefactos que permitan controlar el consumo individual de las unidades o viviendas.

3.5.1 Normalización de aplicación obligatoria

a) *Normativas de uso eficiente de agua potable.*

Algunos países que poseen inconvenientes reales para garantizar el abastecimiento de agua en los próximos años, han diseñado un conjunto de normas basadas en el uso racional del agua potable por parte de los usuarios. Concretamente en España, el Gobierno de la Provincia Málaga (Comunidad de Andalucía) ha impulsado la actualización de la normativa que regula el uso del agua.³⁷

La misma tiene como base la Ley general que rige a toda la Comunidad de Andalucía³⁸ y tiene objetivo lograr a largo plazo mantener la disponibilidad y calidad en el abastecimiento de agua, promover la reducción del consumo e incentivar la utilización de sistemas alternativos de captación de agua para usos que no requieren agua potable. Para ello, la nueva norma discrimina los usos de agua en aquellos necesarios para el consumo, de aquellos usos secundarios como la limpieza o el riego.

³⁷ Ver en el **sitio web del Diario Málaga Hoy**, artículo publicado el 18 de Mayo de 2012 por la Agencia Europa Press.

<http://www.malagahoy.es/article/malaga/1261551/una/nueva/ordenanza/regula/uso/racional/agua/y/define/sus/usos/negligentes.html>.

³⁸ Ley 9/2010 de 30 de Julio de Aguas para Andalucía. Ver en el sitio web de Boletín Oficial de la Junta de Andalucía (BOJA), N° 155 de 09 de Agosto de 2010: <http://www.juntadeandalucia.es/boja/2010/155/1>.

La norma contempla además, un protocolo de utilización racional agua en casos de sequía, como la prohibición del riego de jardines, el lavado de vehículos, el llenado de piscinas y la prohibición de uso de las fuentes en espacios públicos.

También se habilita el aumento de las multas e infracciones por concepto de sobreuso, con lo cual el costo por un manejo imprudente del agua puede estimarse entre unos 6.000 hasta los 600.000 euros dependiendo de la gravedad del hecho.

b) Implementación obligatoria de grifería eficiente en Uruguay para programas particulares

En Uruguay los desarrollos de proyectos de escuelas públicas a cargo de MECAEP,³⁹ adoptan el carácter obligatorio de utilizar grifería temporizada de pulsador (ver capítulo a continuación, 3.5.2).

Para proyectos de escalas intermedia y alta como institutos, sanatorios, hoteles, terminales de transporte y clubes deportivos, sería interesante aplicar normativas de control de uso de agua potable, que impliquen entre otras cosas, la utilización de grifería temporizada, debido que las actividades que dichos programas albergan consumen a lo largo del tiempo grandes caudales de agua.

³⁹ MECAEP, es el Proyecto de Apoyo a la Escuela Pública Uruguaya, dependencia de Ministerio de Educación y Cultura. Elabora y ejecuta diferentes propuestas tendientes a optimizar la calidad de la enseñanza primaria pública del país. Más información en el sitio web de MECAEP: <http://www.mecaep.edu.uy>

3.5.2 Temporizadores de consumo.

El control de consumo individual de agua potable es responsabilidad del usuario por lo cual, con motivo de mejorar y optimizar el manejo doméstico que se le da al agua potable, existen mecanismos capaces de controlar el tiempo de uso de agua en las diferentes actividades.

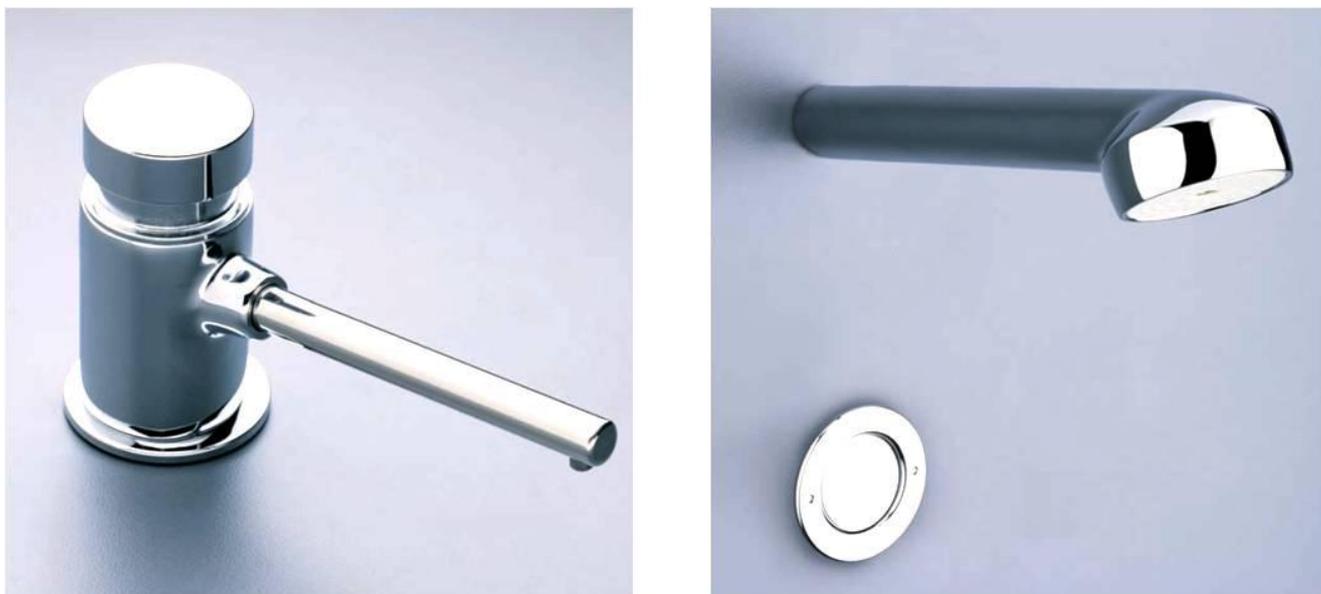


Fig. 28. Grifería temporizada de pulsador. Este mecanismo permite durante un determinado tiempo permitir el paso de caudal hasta que el pulsador ceda completamente y cierre el paso de agua. Diferentes tipos según se trate de lavabos (izquierda) o grifos de ducha (derecha). Fuente: catálogo de productos de FV S.A.Uruguay. Más información en el sitio web de FV S.A. Uruguay: <http://www.fvsa.com.uy>



Fig. 29. Grifería temporizada electrónica de lavabo. Este mecanismo funciona mediante sensores de movimiento que permiten la apertura o cierre de caudal. Sus costos son relativamente elevados. Fuente: catálogo de productos de FV S.A.Uruguay. Más información en el sitio web de FV S.A. Uruguay: <http://www.fvsa.com.uy>

Las griferías temporizadas, son aquellas en las cuales su apertura es efectuada mediante la operación de un dispositivo, el cual, posteriormente cierra automáticamente después de un tiempo y/o un volumen determinado. La Grifería Temporizada permite el cierre automático del paso del agua, después de unos segundos prefijados. Pulsando una vez el botón pulsador del grifo o ducha, es suficiente para activar la salida de agua. Evita el olvido de grifos abiertos o mal cerrados, sugiriendo un consumo breve y moderado del agua. Existen además, sistemas temporizados electrónicos, que incluyen sensores de movimiento que permiten la apertura o cierre de caudal. Pueden aplicarse a cualquier programa arquitectónico sobre todo en proyectos de mediana y gran escala como gimnasios, zonas deportivas, centros de salud, edificios de vivienda colectiva, institutos, hoteles, etc.

El precio de estos dispositivos varía según el caudal a regular, ya sea de un agua o con mezcladores. A modo informativo se expresan costos aproximados de temporizadores de grifería en el medio local⁴⁰:

Temporizadores con pulsador:

- Temporizador de lavabo de 1 agua: en el entorno de U\$S 60 a 100.

Grifería temporizada electrónica:

- Temporizador de lavabo de 1 agua: aproximadamente U\$S 350

El uso de temporizadores tanto electrónicos como de pulsador, está siendo ampliamente aplicado en diferentes partes del mundo. No obstante el precio de algunos diseños es relativamente costoso, sobre todo para su aplicación en viviendas de carácter unifamiliar.

⁴⁰ Se sugiere visitar el sitio web de la marca comercial DOCOL METAIS SANITÁRIOS LTDA. <http://www.docolgriferias.com> y el sitio web de la marca comercial FV S.A en Uruguay: <http://www.fvsa.com.uy> Precios de las marcas comerciales DOCOL y FV S.A. consultados en las empresas BOSCH Y CIA, y ACHER respectivamente. Más información en el sitio web de BOSCH Y CIA: www.bosch.com.uy y en el sitio web de ACHER, www.acher.com.uy

3.6 SÍNTESIS: AHORRO DE AGUA POTABLE DE LOS MECANISMOS

MECANISMO	% AHORRO AL APORTE GLOBAL	% AHORRO INDIVIDUAL
INSTALACIÓN CONVENCIONAL	0%	0%
CAPTACIÓN PLUVIAL Y/O REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PARA LA TOTALIDAD DE USOS NO POTABLES: INODOROS, LAVARROPAS, LIMPIEZA Y RIEGO	55%	100%
ARTEFACTOS AHORRADORES: INODOROS DE DOBLE DESCARGA (CON MOCHILA DE 6 lts.) + GRIFERÍA TEMPORIZADA	20 - 35%	60%
INODORO DE DOBLE DESCARGA CON APORTE DE AGUA PLUVIAL O GRIS	30%	100%
INODORO DE DOBLE DESCARGA CON APORTE MIXTO: AGUA DE RED + AGUA PLUVIAL O AGUA GRIS	15%	50%
INODORO DE DOBLE DESCARGA CON APORTE DE AGUA DE RED	12%	40%
GRIFERÍA TEMPORIZADA (TECNOLOGÍA DE AIREACIÓN)	7 - 22%	30 - 70%

Fig. 30. Porcentajes estimados de ahorro global e individual de agua potable, en función del mecanismo.
Fuente propia.

4. IMPLEMENTACIÓN DE MECANISMOS AHORRADORES EN EL URUGUAY

4.1 Consideraciones generales.

Como se ha expuesto anteriormente, el presente trabajo pretende indagar algunas de las soluciones desarrolladas en el mundo relacionadas a un mejor manejo del agua potable, permitiendo un notable mejoramiento en su gestión y uso responsable.

De todas las técnicas descritas con anterioridad algunas de ellas se encuentran con gran difusión a nivel mundial y serán precisamente las que se seleccionarán para analizar. Las configuraciones o combinaciones entre sistemas de aprovechamiento y artefactos ahorradores son variadas, por lo tanto para el siguiente análisis utilizaremos los siguientes mecanismos:⁴¹

- ***Sistema de captación de agua pluvial, como fuente de abastecimiento alternativo.***
- ***Inodoros de doble descarga.***

El ***empleo de un sistema de reutilización de aguas grises implica un encarecimiento de la instalación sanitaria*** considerable debido a la configuración de tipo separativo de las aguas que provengan de duchas lavabos y lavarropas. ***También se requiere un sistema de tratamiento de biológico de aguas para reducir la carga contaminante*** residual, lo que lleva a un nivel de mantenimiento y control que los usuarios de tal mecanismo deben asumir con absoluta rigurosidad. En nuestro contexto local, resultaría poco factible que los uruguayos asumieran, en principio, una actitud sumamente rigurosa para tratar las aguas grises domiciliarias. ***El empleo de agua pluvial, en principio resulta más factible de implementar debido a que se trata agua mucho más “limpia”*** que las residuales grises, y por lo tanto ***el tratamiento de aguas reduce a una cloración por cuestiones de seguridad.***

Por lo tanto en el presente trabajo, ***estudiaremos un sistema de recolección de agua pluvial, con el cometido de abastecer únicamente las cisternas de inodoros,*** responsables del 30% del gasto habitual de agua potable en edificios residenciales.

Respecto a los inodoros de doble descarga, seleccionamos modelos que se desarrollan en el extranjero,⁴² debido a que estos poseen una mochila de hasta 6 litros de agua como máximo, mientras que los que se encuentran disponibles en la plaza local, no cuentan con una homologación internacional que permita la fiabilidad de su uso.

Como base general, es necesario hacer algunas puntualizaciones:

- Según OSE, el consumo diario estimado por persona es de 130 lt/día (0.13 m³).⁴³
- Se considera que el uso de las cisternas de inodoros acredita el 30% del aporte global del consumo doméstico.⁴⁴
- Según la Dirección Nacional de Meteorología, la precipitación anual para Montevideo se estima en 1.200 mm/año.⁴⁵ Por cuestiones de simplificación no se realizará un estudio detallado del régimen de precipitaciones debido a que excede ampliamente los objetivos del presente trabajo.⁴⁶
- Para calcular el volumen de acumulación se estima que, cada milímetro de lluvia caída sobre una superficie de un metro cuadrado, permite acumular un litro de agua pluvial. Se considera además, que la efectividad del mecanismo es de un 85%.⁴⁷
- Las demás variables como costo de servicio de agua potable, costo de instalación, artefactos sanitarios y equipos serán detalladas en cada caso particular.⁴⁸

⁴¹ Elección de un mecanismo de captación y un artefacto de ahorro efectivo de agua.

⁴² Modelos de la marca comercial Corona® de Colombia, que cumplen con la Certificación de calidad ISO 9001:2000, entre otras. Ver en anexo.

⁴³ Según el sitio web de la Administración Nacional de las Obras Sanitarias del Estado (OSE): www.ose.gub.uy

⁴⁴ Según el sitio web de Fosas y Depuradoras. Empresa española referente en las actividades de depuración y tratamientos de aguas residuales, con una presencia de más de 15 años, en el mercado.
<http://www.fosasydepuradoras.es/index.php?pagina=tecnico&tecnico=Aguas%20Grises>

⁴⁵ Según el sitio web de la Dirección Nacional de Meteorología: www.meteorologia.com.uy

⁴⁶ Para el estudio del régimen exacto anual de precipitaciones es necesario realizar una serie de modelos matemáticos basados en aspectos de probabilidad y estadística, así también como una evaluación exacta de períodos de retorno entre una precipitación y otra. Estas consideraciones exceden por demás, el marco de estudio del presente trabajo.

⁴⁷ Según el Sitio web de la Alianza por El Agua: www.alianzaporelagua.org, infografías de Alianza, en el link: <http://alianzaporelagua.org/infografias/AGUALLUVIA/COSECHA%20DE%20AGUA2.swf>

⁴⁸ En cada caso concreto se presentarán los diferentes costos y serán referidos a las fuentes correspondientes.

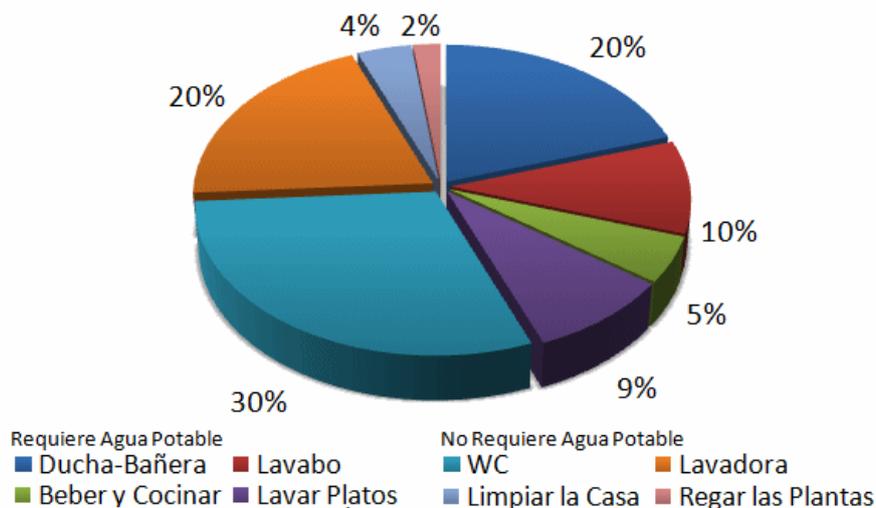


Fig. 31. Destinos de consumo de agua potable⁴⁴

Ver en <http://www.fosasydepuradoras.es/index.php?pagina=tecnico&tecnico=Aguas%20Grises>

4.2. Estudio en casos concretos.

Una vez realizadas las puntualizaciones pertinentes, se procederá a la aplicación de las tecnologías seleccionadas en dos ejemplos arquitectónicos.⁴⁹ Los mismos corresponden a anteproyectos realizados en diferentes instancias académicas, en el marco de los denominados Cursos Opcionales⁵⁰ y cuyos recaudos se adjuntarán en los anexos correspondientes. Se trata, por un lado, de una vivienda unifamiliar desarrollada en una única planta; y por otro lado, un edificio en Propiedad Horizontal, con un total de 16 unidades. Ambos proyectos están diseñados para una localización en Montevideo. En los capítulos 4.2.1 y 4.2.2, se procederá a la realización del análisis de los mecanismos de ahorro de agua potable en los programas antes mencionados.

⁴⁹ Las tecnologías a desarrollar serán: sistema de captación de agua pluvial e inodoros de doble descarga con mochilas de 6 litros de capacidad máxima.

⁵⁰ El anteproyecto de vivienda unifamiliar fue desarrollado en el Curso Opcional "El Proyecto con las Energías" año 2010, con la colaboración de la Arq. Alicia Picción como docente titular y la participación de los estudiantes: Agustina Barrabino, Noelia Figueroa, Marcos Guaraglia y Noema Tulipán. El anteproyecto de vivienda colectiva fue desarrollado en el Curso Opcional "Puesta en Obra de Proyectos de Acondicionamiento Sanitario" año 2010, con la colaboración del Arq. Eduardo Brenes como docente titular y la participación de los estudiantes: Noelia Cocchi, Patricia Domínguez, Noelia Figueroa y Marcos Guaraglia.

4.2.1 Vivienda Unifamiliar

Se presenta una casa unifamiliar de aproximadamente 120 m² con tres dormitorios, dos baños completos, un toilette, cocina, parrillero y lavadero (Ver gráficos completos en Anexo 3, pág. 87).



Fig. 32. Gráficos correspondientes al anteproyecto de vivienda unifamiliar: planta, Fachada longitudinal, corte longitudinal y fachada principal (respectivamente)

Análisis:a) Viabilidad del mecanismo de captación pluvial.

Debido a las características del proyecto, la población máxima es de 5 habitantes. Considerando que el aporte pluvial se destinará exclusivamente para el abastecimiento de la cisternas (30% de aporte global de agua potable) se tiene que el consumo anual de agua necesaria a acumular será:

$$\text{Vol. de agua requerida: } 0.3 \times 0.13 \text{ m}^3/\text{día} \times 365 \text{ días} \times 5 \text{ ha.} = \mathbf{71.2 \text{ m}^3/\text{año}}$$

Se estima una superficie de captación de la vivienda es de 120 m^2 , con lo cual se tiene que:

$$\text{Vol. de agua a recolectar: } 1.2 \text{ m/año} \times 120 \text{ m}^2 \times 0.85 = \mathbf{122.4 \text{ m}^3/\text{año}}.$$

En términos simplificados es posible acumular el agua necesaria para abastecer la demanda de las cisternas de inodoro a lo largo de todo un año.

Según el Decreto Tarifario de OSE vigente desde Enero de 2014, el costo de agua potable para una vivienda unifamiliar es el siguiente:

Conexión de \varnothing 13 mm:

-Cargo fijo: \$ 111,99 mensual.

-Cargo variable: \$ 42,44 el m^3 mensual (consumos mensuales excedentes de 15 y hasta 20 m^3):

$$0.13 \text{ m}^3 \times 30 \text{ días} \times 5 \text{ ha.} = 19.5 \text{ m}^3 \text{ Entonces: } \$42,44 \times 20 \text{ m}^3 = \mathbf{\$ 849.}$$

Por lo tanto:

$$\text{Costo anual de agua potable: } 12 \times (\$111,99 + \$ 849) = \mathbf{\$ 11.531,90 / \text{año}}$$

Si ahorramos el 30% del aporte total debido al empleo de agua pluvial para cisternas, se tiene que:

$$\text{Costo anual bajo el aporte pluvial: } \$ 11.531,90 \times 0,7 = \mathbf{\$ 8.072,33 / \text{año}}$$

b) Estimación de costos

Consultado con expertos en presupuestación⁵¹ el costo de la instalación sanitaria en sentido estricto, asciende a unos U\$S 6.500, incluyendo el costo de mano obra, no así, el costo de los artefactos sanitarios, grifería y trabajos de drenaje. A modo de simplificación despreciamos el aporte de agua por mecanismos de drenaje. De manera que el coste total del sistema convencional de acondicionamiento sanitario sería aproximadamente el siguiente:

Costo de instalación sanitaria convencional (incluida la mano de obra)	U\$S 6.500
Artefactos sanitarios (inodoros convencionales) ⁵² x 3 unid. ...(U\$S 100 x 3).....	U\$S 300

Costo total del sistema convencional: U\$S 6.800 + Mantenimiento⁵³

⁵¹ Se consultó a la Arq. Romina Quintana del Departamento Técnico, Control y seguimiento de obras, Presupuestación, I+D de la empresa *SURESTE CONSTRUCCIONES*. Sitio web: www.sureste.com.uy

⁵² Precio promedio de artefactos tradicionales con mochilas de 10 litros de capacidad. Consultado por expertos de la empresa *SGM Equipamiento Sanitario Integral*. Bvar. España 2162, Montevideo, Uruguay.

⁵³ No se consideran costos de mantenimiento, ya que resultan variables según las precisiones de cada caso y excede ampliamente la hipótesis de simplificación que se desarrolla en el presente trabajo.

Sistema de captación de agua pluvial:

Depósito acumulador de agua:

Partiendo del volumen anual necesario para la viabilidad del sistema, se tiene que:

$$\text{Volumen mensual requerido: } 71.2 \text{ m}^3 / 12 \text{ meses} = \mathbf{5.93 \text{ m}^3/\text{mes.}}$$

A modo de contar un volumen razonable del depósito a instalar, resulta conveniente considerar el aporte requerido de agua pluvial en un periodo semanal (7 días)⁵⁴ con lo cual resulta:

$$\text{Volumen semanal de acumulación pluvial: } (5.93 \text{ m}^3 \times 7 \text{ días}) / 30 \text{ días} = \mathbf{1.38 \text{ m}^3 \text{ semana.}}$$

Este volumen está considerado para abastecer cisternas convencionales de 10 litros de capacidad máxima.⁵⁵ Si implementamos inodoros con cisternas de 6 litros de capacidad máxima, podremos reducir el volumen del depósito hasta en un 40%, con lo cual el volumen requerido será:

$$\text{Volumen semanal necesario de aporte pluvial: } 1.38 \text{ m}^3 \times 0.6 = \mathbf{0.828 \text{ m}^3}$$

Existen en el mercado local tanques prefabricados tales como los Perdurit y vienen en modelos 1000, 2000, 4000, 5000 y hasta 10000 litros de capacidad (ver anexo), para este caso, resulta conveniente implementar un modelo de 1000 litros de capacidad, lo que resulta holgado para cumplir los requerimientos de volumen necesario semanal. **El costo de un tanque Perdurit de 1000 litros de capacidad, según proveedores locales, es aproximadamente de U\$S 150.**⁵⁶

⁵⁴ Asesoramiento brindado por la Ing. Jimena Alonso y la Ing. Magdalena Rezzano, del Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UDELAR)

⁵⁵ Inodoros con cisternas de 10 litros de capacidad, son los que se actualmente se encuentran ampliamente disponibles en la Plaza Local. Los modelos de 6 litros de capacidad máxima fueron tomados de empresa Corona® de la que ya se han hecho las menciones pertinentes.

⁵⁶ Tanques de la marca comercial Nicoll Uruguay®. Costo brindado por la empresa SGM Equipamiento Sanitario Integral. Bvar. España 2162, Montevideo, Uruguay.

Como se trata de un caso hipotético, el volumen del depósito se estima considerando un régimen estacionario y constante de precipitaciones. Tal situación es absolutamente alejada de la realidad y es necesario considerar el aporte de agua de red para situaciones no previstas, tales como el caso puntual en que existan al menos uno o dos meses consecutivos donde el requerimiento de agua pluvial sea imposible de obtener en su totalidad. Por otra parte para comprobar el estado de capacidad del depósito (es decir si se encuentra completamente lleno, por la mitad o fracción), es necesario **la implementación de automatismos** que permitan detectar el momento crítico en el que se debe activar el abastecimiento mediante agua de red, por lo cual se necesita la colocación de equipos de detección, que **en el mercado local tiene un costo de U\$S 600.**⁵⁷

Adicionalmente es necesario impulsar el agua de la cisterna que se encuentra en reposo, para ello, es necesaria **la implementación de un equipo hidroneumático**. Para el presente caso, el mercado ofrece bombas con una potencia de 0,5HP y su **costo estimado es de U\$S 130.**⁵⁸

Artefactos y mecanismos ahorradores:

Por otra parte se requiere el diseño de una instalación sanitaria de abastecimiento paralela para abastecer conjuntamente con agua de red, las cisternas de los inodoros. Esto implica encarecer el costo de la instalación convencional en un 30% con lo cual **el costo total de la instalación sanitaria** en sentido estricto será: $U\$S 6.500 \times 1.3 = U\$S 8.450.$ ⁵⁹

⁵⁷ Control automático de electrobombas. Está dotado de sensores electrónicos de caudal y de presión integrados en un circuito electrónico que controla el funcionamiento de la electrobomba. Se instala en la salida de la bomba, controlando el encendido y apagado de la misma cuando hay flujo (prende y apaga automáticamente al abrir o cerrar una canilla). Precio según la empresa *SGM Equipamiento Sanitario Integral*. Bvar. España 2162, Montevideo, Uruguay.

⁵⁸ Precio según la empresa *SGM Equipamiento Sanitario Integral*. Bvar. España 2162, Montevideo, Uruguay.

⁵⁹ Según el asesoramiento del Arq. Eduardo Brenes.

Para completar el sistema en su totalidad, requerimos el costo total de los inodoros de doble descarga. Los mismos existen en otras partes del mundo, inodoros con cisterna de hasta 6 litros de capacidad máxima, lo que ahorra en un 40% el consumo efectivo del artefacto.

Por lo tanto tomamos la hipótesis de la utilización de artefactos de la marca comercial Corona® (ver catálogo en anexo) desarrollados en Colombia y que cumplen con certificaciones internacionales.⁶⁰ **El costo individual de estos artefactos ronda aproximadamente los U\$S 80 a U\$S 350, más costos de importación.**⁶¹

En términos globales, el costo total al que asciende la implementación de un sistema integral de captación pluvial complementado con artefactos ahorradores de consumo, que permite el ahorro de agua potable en un 30% es el siguiente:

Costo de la instalación sanitaria (incluye mano de obra)	U\$S 8.450
Inodoros de doble descarga x 3 unidades(3 x U\$S 150 –prom-)	U\$S 450
(más costos de importación)	
Depósito (Modelo perdurit, capacidad 1000 litros)	U\$S 150
Equipo hidroneumático (Bomba Potencia 0,5 HP – x 2 unidades).....	U\$S 260
Automatismos (CN7 Control de nivel por electrodo).....	U\$S 600

Costo Total del sistema a implementar: U\$S 9.910 + Mantenimiento

A efectos de simplificar, solo se tomaron en cuenta aquellos aspectos que varían entre una y otra alternativa, por lo tanto todos aquellos aspectos que permanecen invariables en ambos casos, han sido considerados fuera de estudio (loza sanitaria restante, griferías, etc).

⁶⁰ Certificación de Calidad ISO 9001-2000. De todas maneras no hemos podido encontrar cuál es exactamente el protocolo de normalización que verifique y avale la descarga efectiva de hasta 6 litros en mochilas de inodoros.

⁶¹ Precios que se detallan en el sitio web de la empresa Corona®, en el link:
<http://www.corona.com.co/web/Corona/Catalog/Category/Banos/Sanitarios/Dos-Piezas>

Costos estimados totales:

- *Instalación convencional: **U\$S 6.800 + Mantenimiento***
- *Instalación eficiente: **U\$S 9.910 + Mantenimiento***
- *Costo anual de agua bajo el sistema convencional: **\$ 11.531,90***
- *Costo anual de agua bajo sistema eficiente: **\$ 8.072,33 / año***

En resumen, las variaciones sustanciales de implementar una instalación eficiente respecto a una tradicional son las siguientes:

- Se requiere de un sistema doble de cañerías de abastecimiento; uno proveniente de la red de OSE y otro paralelo proveniente del agua acumulada en el depósito.
- Se requiere la instalación de un depósito acumulador, ya sea prefabricado o construido in-situ. Se debe tener en cuenta su previsión arquitectónica es decir, si se alojará sobre nivel de suelo o se situará enterrado, además de evaluar sus implicancias en el diseño arquitectónico global del proyecto.
- Se requiere de la utilización de automatismos que regulen y controlen el nivel de agua almacenado en el depósito, con motivo de prever aquellos momentos críticos donde sea necesario activar la red de OSE para su llenado.
- Se requiere de un sistema de bombeo para abastecer de agua pluvial las cisternas de inodoros.
- Se requiere la utilización de artefactos de doble descarga, de mayor costo que los tradicionales.
- Se requieren operaciones de mantenimiento adicionales tales como la revisión del equipo de bombeo y los automatismos, así también como la limpieza anual del depósito de agua pluvial y reparaciones por problemas en el funcionamiento general del sistema.

4.2.2 Vivienda Colectiva

Se presenta una propuesta de vivienda colectiva, con un total de 16 unidades; 6 de las cuales se desarrollan dúplex. Se tiene un total de 16 cocinas, 16 de lavado y 32 baños. Cuenta un área en planta baja de 300 m² (ver gráficos completos en Anexo 4, pág. 91).

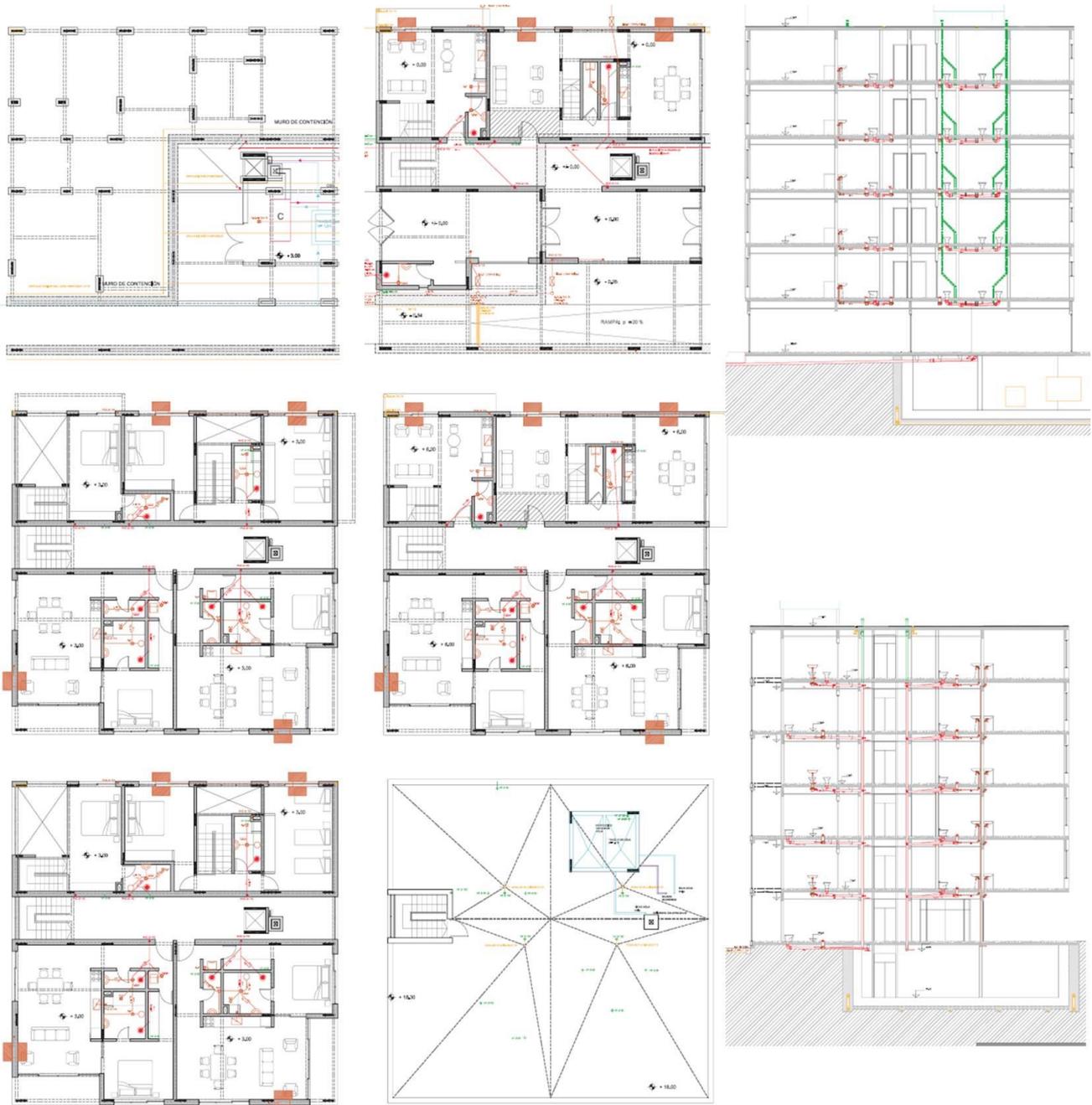


Fig. 33. Recaudos gráficos del anteproyecto de vivienda colectiva (plantas y cortes) Ver en anexo los planos detallados.

Análisis:a) Viabilidad del mecanismo de captación pluvial.

Debido a las características del proyecto, la población máxima es de 41 habitantes. Considerando que el aporte pluvial se destinará exclusivamente para el abastecimiento de la cisternas (30% de aporte global de agua potable) se tiene que el consumo anual de agua necesaria a acumular será:

$$\text{Vol. de agua requerida: } 0.3 \times 0.13 \text{ m}^3/\text{día} \times 365 \text{ días} \times 41 \text{ ha.} = \mathbf{583.6 \text{ m}^3/\text{año}}$$

Se estima una superficie de captación de 300 m², con lo cual se tiene que:

$$\text{Vol. de agua a recolectar: } 1.2 \text{ m/año} \times 300 \text{ m}^2 \times 0.85 = \mathbf{306 \text{ m}^3/\text{año.}}$$

Lo que implica que el régimen de precipitación anual no logra aportar la totalidad de agua requerida.

En términos simplificados solo es posible aportar el 52% en agua pluvial, para abastecer la demanda de las cisternas de inodoros a lo largo de todo un año.

Empleando de inodoros de descarga reducida con mochila de 6 lts, cabe considerar nuevamente el aporte de agua pluvial, producto de la eficiencia en un 40% de estos artefactos.

$$\text{Volumen anual requerido: } 48.6 \text{ m}^3 \times 12 \times 0.6 = \mathbf{349.92 \text{ m}^3 \text{ año.}}$$

Por lo tanto, **el aporte pluvial es del 87,5 %, con lo cual puede considerarse su posibilidad de instalación.**

Según el Decreto Tarifario de OSE vigente desde Enero de 2014, el costo de agua potable para una vivienda colectiva es el siguiente:

Conexión de Ø 13 mm:

$$\text{Cargo fijo: } \$ 107,67 \text{ mensual y por unidad: } \$107,67 \times 16 = \$ 1722.72$$

$$\text{Cargo variable: } \$ 79.00 \text{ el m}^3 \text{ mensual (consumos mensuales excedentes de 50 m}^3\text{): } 0.13 \text{ m}^3 \times 30 \text{ días} \times 41 \text{ ha.} = 159.9 \text{ m}^3 \text{ Entonces: } \$ 79 \times 159.9 \text{ m}^3 = \$ 12.632,10$$

Por lo tanto:

$$\text{Costo anual de agua potable: } 12 \times (\$1.722,72 + \$ 12.632,10) = \mathbf{\$ 172.257,8 / \text{año}}$$

Considerando un aporte del 87% de agua pluvial, para el llenado de las cisternas, el ahorro se reduce de 30% a un 26%.

Entonces se tiene que:

$$\text{Costo anual de agua potable: } \$ 172.257,8 \times 0.74 = \$ 127.470,77$$

b) Estimación de costos

Consultado con expertos en presupuestación⁶² el costo de la instalación sanitaria en sentido estricto, asciende a unos U\$S 53.000, incluyendo el costo de mano obra, no así, el costo de los artefactos sanitarios, grifería y trabajos de drenaje. A modo de simplificación despreciamos el aporte de agua por mecanismos de drenaje. De manera que el coste total del sistema convencional de acondicionamiento sanitario sería aproximadamente el siguiente:

Costo de instalación sanitaria convencional (incluida la mano de obra)U\$S 53.000

Artefactos sanitarios (inodoros convencionales)⁶³ x 32 unid. ...(U\$S 100 x 32)..... ..U\$S 3.200

$$\text{Costo total del sistema convencional: } \mathbf{U\$S 56.200 + \text{Mantenimiento}^{64}}$$

⁶² Se consultó a la Arq. Romina Quintana del Departamento Técnico, Control y seguimiento de obras, Presupuestación, I+D de la empresa SURESTE CONSTRUCCIONES. Sitio web: www.sureste.com.uy

⁶³ Precio promedio de artefactos tradicionales con mochilas de 10 litros de capacidad. Consultado por expertos de la empresa SGM Equipamiento Sanitario Integral. Bvar. España 2162, Montevideo, Uruguay.

⁶⁴ No se consideran costos de mantenimiento, ya que resultan variables según las precisiones de cada caso y excede ampliamente la hipótesis de simplificación que se desarrolla en el presente trabajo.

Sistema de captación de agua pluvial:

- Depósito acumulador de agua:

Partiendo del volumen anual necesario para la viabilidad del sistema, se tiene que:

$$\text{Volumen mensual requerido: } 583.6 \text{ m}^3 / 12 \text{ meses} = \mathbf{48.6 \text{ m}^3/\text{mes.}}$$

A modo de contar un volumen razonable del depósito a instalar, resulta conveniente considerar el aporte requerido de agua pluvial en un periodo semanal (7 días)⁶⁵ con lo cual resulta:

$$\text{Volumen semanal de acumulación pluvial: } (48.6 \text{ m}^3 \times 7 \text{ días}) / 30 \text{ días} = \mathbf{11.34 \text{ m}^3 \text{ semana.}}$$

Este volumen está considerado para abastecer cisternas convencionales de 10 litros de capacidad máxima. Si implementamos inodoros con cisternas de 6 litros de capacidad máxima, podremos reducir el volumen del depósito hasta en un 40%⁶⁶, con lo cual el volumen requerido será:

$$\text{Volumen semanal necesario de aporte pluvial: } 11.34 \text{ m}^3 \times 0.6 = \mathbf{6.80 \text{ m}^3 \text{ semana.}}$$

Existen en el mercado local tanques prefabricados tales como los Perdurit y vienen en modelos 1000, 2000, 4000, 5000 y hasta 10000 litros de capacidad (ver anexo), para este caso, resulta conveniente implementar 2 unidades del modelo de 4000 litros de capacidad, lo que resulta holgado para cumplir los requerimientos de volumen necesario semanal. **El costo de un tanque Perdurit de 4000 litros de capacidad, según proveedores locales, es aproximadamente de U\$S 600.**⁶⁷

⁶⁵ Asesoramiento brindado por la Ing. Jimena Alonso y la Ing. Magdalena Rezzano, del Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UDEAR)

⁶⁶ Inodoros con cisternas de 10 litros de capacidad, son los que se actualmente se encuentran ampliamente disponibles en la Plaza Local. Los modelos de 6 litros de capacidad máxima fueron tomados de empresa Corona® de la que ya se han hecho las menciones pertinentes.

⁶⁷ Tanques de la marca comercial Nicoll Uruguay®. Costo brindado por la empresa SGM Equipamiento Sanitario Integral. Bvar. España 2162, Montevideo, Uruguay.

Como se trata de un caso hipotético, el volumen del depósito se estima considerando un régimen estacionario y constante de precipitaciones. Tal situación es absolutamente alejada de la realidad y es necesario considerar el aporte de agua de red para situaciones no previstas, tales como el caso puntual en que existan al menos uno o dos meses consecutivos donde el requerimiento de agua pluvial sea imposible de obtener en su totalidad. Por otra parte para comprobar el estado de capacidad del depósito (es decir si se encuentra completamente lleno, por la mitad o fracción), es necesario **la implementación de automatismos** que permitan detectar el momento crítico en el que se debe activar el abastecimiento mediante agua de red, por lo cual se necesita la colocación de equipos de detección, que **en el mercado local tiene un costo de U\$S 600.**⁶⁸

Adicionalmente es necesario impulsar el agua del depósito que se encuentra en reposo, para ello es necesaria la implementación de un **equipo que cuenta con un par de bombas autocebantes.** Para el presente caso, en el mercado lo encontramos con un **costo estimado de U\$S 1000.**⁶⁹

Por otra parte se requiere el diseño de una instalación sanitaria de abastecimiento paralela para abastecer conjuntamente con agua de red, las cisternas de los inodoros. Esto implica encarecer el costo de la instalación convencional en un 30% por lo tanto **el costo total de la instalación sanitaria** en sentido estricto será: $U\$S 53.000 \times 1.3 = U\$S 68.900.$ ⁷⁰

⁶⁸ Control automático de electrobombas. Está dotado de sensores electrónicos de caudal y de presión integrados en un circuito electrónico que controla el funcionamiento de la electrobomba. Se instala en la salida de la bomba, controlando el encendido y apagado de la misma cuando hay flujo (prende y apaga automáticamente al abrir o cerrar una canilla). Precio según la empresa *SGM Equipamiento Sanitario Integral*. Bvar. España 2162, Montevideo, Uruguay.

⁶⁹ Precio según la empresa *SGM Equipamiento Sanitario Integral*. Bvar. España 2162, Montevideo, Uruguay.

⁷⁰ Según el asesoramiento del Arq. Eduardo Brenes.

Artefactos ahorradores

Para completar el sistema en su totalidad, requerimos el costo total de los artefactos a instalar de los inodoros de doble descarga. Los mismos existen en otras partes del mundo, con cisterna de hasta 6 litros de capacidad máxima, lo que ahorra en un 40% el consumo efectivo del artefacto. Por lo tanto tomamos la hipótesis de la utilización de artefactos de la marca comercial Corona® desarrollados en Colombia y que cumplen con certificaciones internacionales.⁷¹ **El costo individual de estos artefactos ronda aproximadamente los U\$S 80 a U\$S 350, más costos de importación.**⁷²

En términos globales, el costo total al que asciende la implementación de un sistema integral de captación de agua pluvial complementado con artefactos ahorradores, que permite el ahorro de agua potable en un 26% es el siguiente:

Costo de la instalación sanitaria (incluye mano de obra)	U\$S 68.900
Inodoros de doble descarga x 32 unidades(32 x U\$S 215 –prom-)	U\$S 6880
(más costos de importación)	
Depósito (Modelo perdurit, capacidad 4000 litros) x 2 unidades (2 x U\$S 600).....	U\$S 1200
Equipo de bombas autocebantes x 2 unidades(U\$S 1000 x2).....	U\$S 2000
Automatismos	U\$S 600

Costo Total del sistema a implementar: U\$S 79.580 + Mantenimiento

A efectos de simplificar, solo se tomaron en cuenta aquellos aspectos que varían entre una y otra alternativa, por lo tanto todos aquellos aspectos que permanecen invariables en ambos casos, han sido considerados fuera de estudio (loza sanitaria restante, griferías, etc).

⁷¹ Certificación de Calidad ISO 9001-2000. De todas maneras no hemos podido encontrar cuál es exactamente el protocolo de normalización que verifique y avale la descarga efectiva de hasta 6 litros en mochilas de inodoros.

⁷² Precios que se detallan en el sitio web de la empresa Corona®, en el link:

<http://www.corona.com.co/web/Corona/Catalog/Category/Banos/Sanitarios/Dos-Piezas>

Costos estimados totales:

- *Instalación convencional: **U\$S 56.200 + Mantenimiento***
- *Instalación eficiente: **U\$S 79.580 + Mantenimiento***
- *Costo anual de agua bajo el sistema convencional: **\$ 172.257,80***
- *Costo anual de agua bajo el sistema eficiente: **\$ 127.470,77***

En resumen, las variaciones sustanciales de implementar una instalación eficiente respecto a una tradicional son las siguientes:

- Se requiere de un sistema doble de cañerías de abastecimiento; uno proveniente de la red de OSE y otro paralelo proveniente del agua acumulada en el depósito.
- Se requiere la instalación de un depósito acumulador, ya sea prefabricado o construido in-situ. Se debe tener en cuenta su previsión arquitectónica es decir, si se alojará sobre nivel de suelo o se situará enterrado, además de evaluar sus implicancias en el diseño arquitectónico global del proyecto.
- Se requiere de la utilización de automatismos que regulen y controlen el nivel de agua almacenado en el depósito, con motivo de prever aquellos momentos críticos donde sea necesario activar la red de OSE para su llenado.
- Se requiere de un sistema de bombeo para abastecer de agua pluvial las cisternas de inodoros.
- Se requiere la utilización de artefactos de doble descarga, de mayor costo que los tradicionales.
- Se requieren operaciones de mantenimiento adicionales tales como la revisión del equipo de bombeo y los automatismos, así también como la limpieza anual del depósito de agua pluvial y reparaciones por problemas en el funcionamiento general del sistema.

4.2.3 Recibo “amigable”

Con motivo de optimizar y fomentar el uso adecuado y responsable del agua potable, se plantea la iniciativa de establecer una especie de recibo diferencial o tarifa “amigable” para aquellos usuarios que incorporen mecanismos ahorradores de consumo.

Los edificios residenciales individuales como colectivos que implementen sistemas que sean capaces de ahorrar agua (por ejemplo un sistema de captación pluvial combinado con inodoros de descarga reducida) serán gravados con una tarifa especial, es decir que **serán beneficiarios de bonificaciones especiales** debido al aporte en preservación del medio ambiente.

Para motivar e impulsar la incorporación de estos sistemas, se debe generar conciencia de ahorro a la población, para ello **es necesario gravar severamente aquellos sobre consumos generados**. Para implementar el gravamen tarifario a consumos excesivos, se debe **partir de la base de un consumo promedio socialmente aceptable** a efectos de determinar el volumen de agua mensual “razonable”.

Según OSE, una persona consume 130 litros de agua al día por lo tanto, una familia tipo consume mensualmente 15,6 m³ de agua potable en promedio. Se propone estimar un consumo promedio aceptable de 16 m³ para familias de hasta 4 personas. Debido a que resulta difícil saber con exactitud el número de integrantes por vivienda o unidad, **puede establecerse un margen de tolerancia de hasta 20 m³**, de manera que, consumos residenciales superiores a 20 m³ deben gravarse con severidad.

Actualmente OSE establece que para consumos entre 15 a 20 m³, debe abonarse \$42.44 el m³ y consumos entre 20 a 25 m³, una tarifa de \$ 54.32 el m³

Se propone gravar con severidad, por lo tanto podría proponerse un aumento de tarifas por concepto de consumo excesivo al doble del valor actual. De esta manera una familia que exceda los 20m³ (por ejemplo que consuma 21 m³), debería abonar \$ 108.64 el m³ de agua potable totalizando un monto de \$ 2.281,44 más un cargo fijo de \$ 111,99. En suma una familia debería pagar por consumir un metro cúbico en exceso de agua del socialmente aceptable, un monto de \$ 2.393,43 mientras que en la actualidad abonaría \$ 1.307,03.

Por otra parte aquellos edificios que efectúen un ahorro real de agua constatable de al menos un 30%, podrán ser beneficiarios de tarifas bonificadas, es decir, descuentos en el valor del m³ en función del porcentaje efectivo de ahorro. Por ejemplo si una vivienda consume hasta 20 m³, actualmente abonaría un monto de \$ 848.80 por concepto de agua potable (\$ 42.44 el m³), más un cargo fijo de \$ 111.99, totalizando una suma de \$ 970.79. Si consideramos que una familia ahorra hasta un 30% de agua potable debido a la implementación de agua pluvial para abastecer las cisternas de inodoros, se puede aplicar una bonificación en el 30% del valor de la tarifa por m³ de \$ 42.44 a \$ 29.71, logrando un monto de \$ 594.16 en agua potable más un cargo fijo de \$111.99, totalizando un monto final mensual de \$ 706.15. Estos edificios serían identificados por OSE para el tratamiento diferencial en la facturación.

Comparación de montos:

- *Tarifa amigable: \$ 706,15*
- *Tarifa por uso no responsable de agua potable: \$ 2.393,43*

Lo que implica una relación de 3.4 veces el gasto económico mensual por concepto de consumos excesivos y fundamentalmente, por no contar con una actitud responsable con el medio ambiente.

En resumen, una familia que incorpora mecanismos de ahorro efectivo de agua, puede ajustarse sin inconvenientes a un consumo socialmente aceptable y como bonificación recibirá un tratamiento diferencial “amigable”. Por otra parte, aquellos que no cuentan con mecanismos ahorradores de agua y que además, excedan el consumo socialmente estipulado, serán pasibles de incrementos notorios en la tarifa de agua de agua potable, por concepto de uso irresponsable de agua potable.

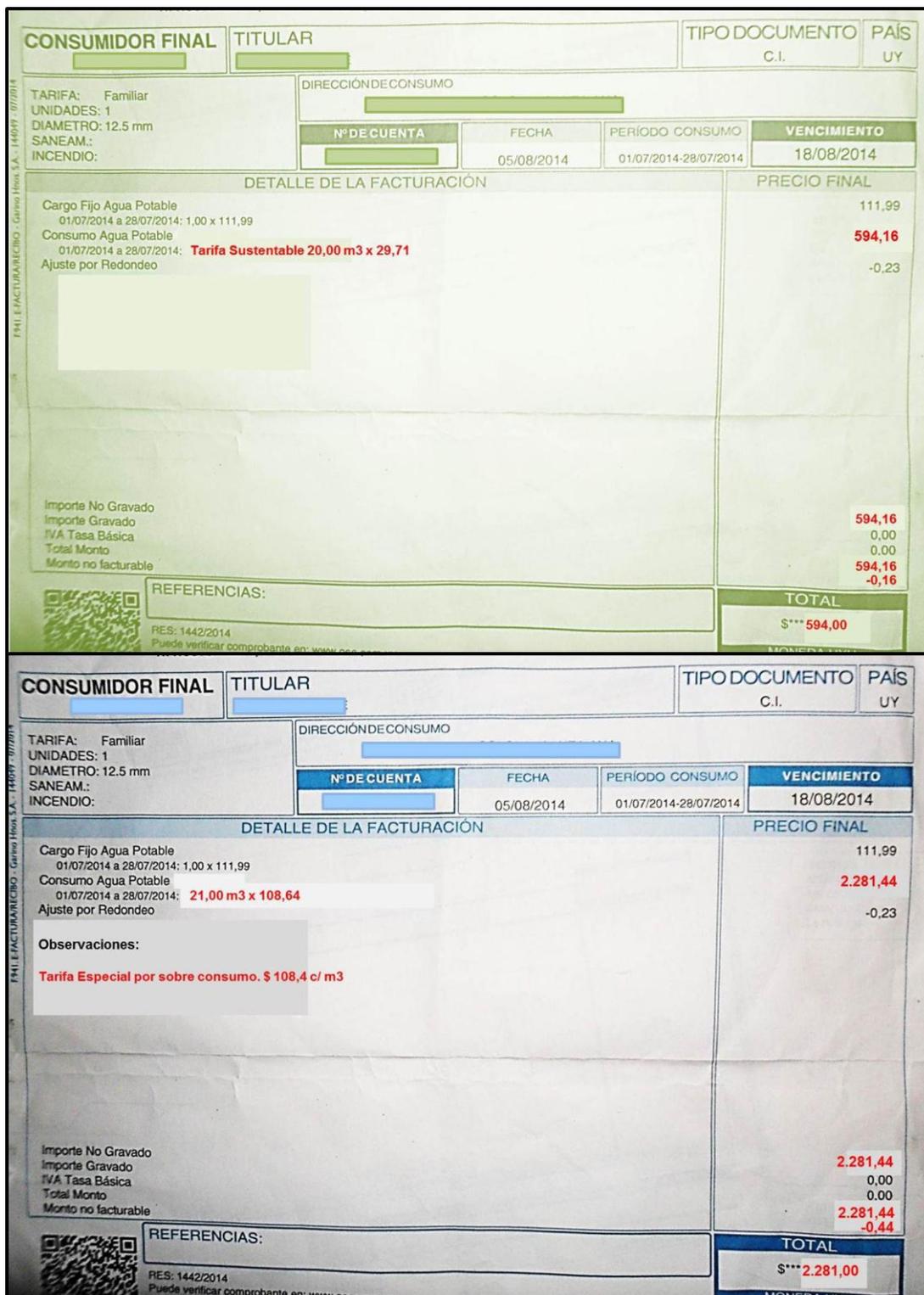


Fig. 34. Comparación de facturaciones de consumo sustentable (arriba) y tradicional (abajo). Para clientes responsables se aplican bonificaciones tarifarias, mientras que para clientes habituales se aplican tasas más elevadas en casos de sobre consumo. La factura “amigable” se expresa en color verde para establecer una diferencia con el recibo habitual. Fuente propia.

5. CONCLUSIONES

5.1 Puntualizaciones

Resulta necesario aclarar que **no ha sido posible calcular el tiempo de amortización debido a que los costos estimados que aquí se presentan, no son fiables** por diversas razones. **En primero es necesario precisar con exactitud el costo de todos los elementos que intervienen** tanto en la conformación del sistema de captación y distribución de agua pluvial, así como también el costo de todos y cada uno de los artefactos que se deben implementar y los costos de mantenimiento específicos. Adicionalmente, a aquellas tecnologías o dispositivos que se implementan en el exterior, se les debe añadir un costo de importación al ingresar a nuestra Plaza Comercial. **En segundo, la viabilidad de la captación de agua pluvial requiere de un estudio detallado del régimen de precipitaciones del lugar**, que en el presente trabajo no ha sido considerado.⁷³ Finalmente, **para el abordaje detallado** de todas las variables en juego **se requiere la incorporación de modelos matemáticos** para precisar con exactitud la efectividad de la captación de lluvia, que por razones referidas al marco de investigación, no es posible incluir.

5.2 Análisis del grado de posibilidad de implementación

En términos numéricos, los resultados que se tienen de la implementación de mecanismos ahorradores de agua potable, para los casos estudiados, son los siguientes:

Vivienda unifamiliar:

- *Costo instalación tradicional: U\$S 6.800*
- *Costo Instalación eficiente: U\$S 9.910*

Para lograr un ahorro anual del 30% de agua potable, la implementación de un sistema eficiente implica encarecer en aproximadamente un 46% el costo en instalación sanitaria.⁷⁴

Edificio de Vivienda:

- *Costo de instalación tradicional: U\$S 56.200*
- *Costo de instalación eficiente: U\$S 79.580*

Para lograr un ahorro anual del 26% de agua potable, la implementación de un sistema eficiente implica encarecer en aproximadamente en un 42% el costo de la instalación sanitaria.⁷⁵

En términos de un análisis general, se constata que la recolección de agua pluvial resulta recomendable para su implementación, tanto para casos residenciales unifamiliares (donde el aporte supera con holgura el 100% de la cobertura necesaria), como para casos de vivienda colectiva (donde el aporte de agua pluvial puede cubrir un 87,5% la demanda requerida).

El empleo de cisternas eficientes de hasta 6 litros de capacidad máxima, permite reducir en un 40% el aporte global de mochilas, con lo cual resulta viable considerar la importación de inodoros de doble descarga a nuestro país, hasta tanto no se realicen estos en nuestro mercado local y cuenten con las correspondientes certificaciones.

Desde el punto de vista del ahorro agua potable, **el mecanismo de captación pluvial con el complemento de inodoros de doble descarga reduce en un 30% el consumo global del agua potable y permite reducir el volumen de acumulación de los depósitos**, por lo cual resulta ventajoso desde el punto de vista del ahorro económico.

En cuanto a costos globales de instalación puede decirse que resulta algo elevado, a pesar de no considerar con exactitud todas las variables en juego. Aquellos que quieran asumir una actitud responsable con el medio ambiente, deberán en principio, considerar una serie de costos económicos de relativa importancia.

Cabe destacar que **lo más importante** no es el ahorro económico en sentido estricto, sino **el aporte cultural al manejo responsable del agua potable, que se traduce en una actitud de vida que implica dotar de nuevos valores a los ciudadanos que colaboren en la preservación del medio ambiente.** Uno de los valores positivos que se pueden desprender de la presente investigación, puede ser el uso responsable en el manejo de agua potable y en consecuencia el cuidado de las infraestructuras como **los colectores públicos o pozos negros, que se verán más aliviados al minimizar los impactos** sobre las mismas.

⁷³ El régimen de precipitaciones para nuestro país es altamente variable a lo largo de cada año, con lo cual se toma como dato de referencia el aportado por la Dirección Nacional de Meteorología. Ver en anexo, los datos de precipitaciones mensuales para Montevideo tomados en la Estación Meteorológica de Carrasco para el período 1948-2008.

⁷⁴ y ⁷⁵ Porcentaje estimado de acuerdo a los resultados y consideraciones realizadas en el desarrollo del caso en particular. Los valores obtenidos no son fiables debido a que una serie importante de variables y aspectos no han sido tenidos en cuenta.

5.3 Reflexiones

El presente trabajo ha tenido como misión principal, ensayar la posibilidad de implementar de manera hipotética mecanismos que actualmente se desarrollan en otras áreas del planeta y que arrojan resultados altamente positivos desde lo económico, pero fundamentalmente en lo ambiental y cultural.

Se debe reconocer que en otros contextos se constata la falta de disponibilidad de agua potable así también, como un costo relativamente elevado de la misma y éstas sean quizá las razones principales por las cuales el desarrollo de sistemas que logren el mayor aprovechamiento posible de agua, sea altamente factible, en comparación a nuestro medio.

El presente trabajo no consigue abarcar todas las aristas posibles acerca de esta temática, por lo cual se sugieren avanzar en futuras investigaciones, algunas aristas interesantes. En primero, ***sería recomendable profundizar en cada uno de los aspectos a tener en cuenta para instrumentar mecanismos de ahorro de agua potable y desarrollarlos al detalle, para lo cual se requiere una colaboración multidisciplinaria*** por parte de expertos en diversas áreas tales como, la matemática, la economía, la ingeniería, la meteorología, la sociología, las clases gubernamentales, agentes privados entre otras.

Puede sugerirse, un ***punto de partida para comenzar a desarrollar instrumentos normativos de los ámbitos Nacional, Departamental y Municipal,***⁷⁶ con el fin de conformar modelos de gestión social y de amplio alcance en el mediano y largo plazo. ***Por ejemplo pueden elaborarse pautas de consumo de agua socialmente aceptadas*** y aplicar mecanismos que promuevan las nuevas pautas. En el presente trabajo se sugiere una propuesta de tarifas diferenciadas a aquellos ciudadanos comprometidos con el medio ambiente, así también como a quienes realicen un uso irresponsable de agua potable.

⁷⁶ Buscar el marco adecuado para la integración de los Organismos Estatales en conjunto con las Intendencias Departamentales y los Municipio, con el fin de lograr políticas de elevado alcance social. También es posible promover la ***elaboración de instrumentos bajo la órbita de lo Municipal, a***

efectos de aplicar sistemas regulados y normalizados de mecanismos de ahorro de agua, con la financiación de organismos públicos como privados.

Por otra parte, *resulta interesante indagar sobre las implicancias en el diseño arquitectónico de las cuestiones vinculadas a incorporar un sistema de ahorro eficiente de agua potable,* a fin de lograr una adecuada coordinación con los demás aspectos inherentes al proyecto arquitectónico, tanto en obra nueva como en arquitecturas existentes.

Nuestro país ya comienza a dar *síntomas de voluntad por efectuar usos sustentables del agua potable; tal es el caso de la cooperativa de viviendas “7 de setiembre”.*⁷⁷ La propuesta consiste en 50 unidades habitacionales agrupadas en tipología de tira, lo que permite generar importantes superficies captadoras de agua. Las *viviendas están conformadas con un sistema de azotea inundable, lo que permite contar siempre con un determinado volumen de agua almacenado.* Para mantener la estabilidad del sistema, se pretende utilizar agua proveniente de perforaciones para suplir la carencia provocada por la falta de precipitaciones y también por el efecto de la evaporación natural superficial. Adicionalmente, el agua en exceso que proviene de la perforación será empleada para abastecer las cisternas de los inodoros de todas las unidades, lo que implica un ahorro en agua potable de un 30%.

El presente trabajo ha querido establecer, entre otras cosas, un paso inicial hacia un debate colectivo y responsable acerca de determinadas cuestiones vinculadas al desarrollo sustentable. Se pretende a partir de esta investigación, lograr la iniciativa de estudiar en profundidad todos los aspectos asociados al uso responsable del agua potable que tiene como eje principal, la relación entre la arquitectura y el medio ambiente.



⁷⁷ Cooperativa de Vivienda por Ayuda Mutua, ubicada en las inmediaciones de las calles Islas Canarias y AV. Garzón, en el barrio de Sayago, Montevideo.

6. AGRADECIMIENTOS

Los siguientes, han realizado aportes fundamentales y brindado su colaboración de manera desinteresada y sin la cual, no habría sido posible desarrollar el presente trabajo.

Al Sr. **Arq. Eduardo Brenes Wittenberger**, Farq – UDELAR; por el asesoramiento general, la orientación, y el incentivo al desarrollo de la presente investigación. Se agradece también, por facilitar el contacto con expertos de Facultad de Ingeniería UDELAR.

A la Sra. **Arq. Verónica Ulfe**, FARq – UDELAR; por brindar información y orientación en relación a temáticas referidas a la utilización de fuentes de agua en el contexto nacional.

A la Sra. **Ing. Magdalena Rezzano**, del Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), FIng- UDELAR; por el asesoramiento en cuestiones vinculadas a los mecanismos de recolección de agua pluvial.

A la Sra. **Ing. Jimena Alonso**, del Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), FIng- UDELAR; en el asesoramiento en procedimiento de estudio y análisis de los mecanismos de captación de agua pluvial.

A la Sra. **Ing. Agr. Gabriela Cruz**, del Departamento de Sistemas Ambientales, FAgro – UDELAR; por el aporte y asesoramiento en temáticas vinculadas a datos del clima y al aprovechamiento de aguas pluviales.

Al Sr. **Bach. Matías Guaraglia**, estudiante de FAgro – UDELAR; por facilitar el contacto con expertos en Agro meteorología.

A la Sra. **Arq. Romina Quintana**, de la empresa *SURESTE CONSTRUCCIONES*, por el asesoramiento en presupuestación de los proyectos desarrollados en la investigación, así también como orientación en costos de dispositivos y equipos.

Al Sr. **Christian Saint**, de la empresa *ACHER*, por el asesoramiento en costos de grifería eficiente.

A la empresa **SGM**, *Equipamiento Sanitario Integral*, por su aporte de información y asesoramiento en costos de artefactos y equipos aplicados.

A la empresa **FV S.A. Uruguay**, por el asesoramiento en costos de grifería eficiente.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). Sitio web del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS) www.fondodelagua.aecid.es
2. AGUILERA KLINK, Federico. “*Hacia una nueva economía del agua: cuestiones fundamentales.*” En Polis, revista de la Universidad Bolivariana vol. 5 núm. 14, Santiago, Chile, 2006. Extraído del sitio web <http://www.redalyc.org>, Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Sistema de Información Científica
3. DOMINGUEZ Judith, LEZAMA José Luis. “*Medio ambiente y sustentabilidad urbana*”, Revista Papeles de Población, N°49. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Ciudad de México, México. 2006. Extraído del sitio web <http://www.redalyc.org>, Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Sistema de Información Científica
4. GUIMARAES, Roberto. “*Modernidad, medio ambiente y ética: un nuevo paradigma de desarrollo.*” Presentación para la Conferencia Internacional Amazonia 21: una agenda para un mundo sustentable. Brasilia, Brasil. 1997.
5. Instituto Internacional de Recursos Renovables (IRRI). Ciudad de México, México. Sitio web www.irrimexico.org
6. Isla Urbana. Proyecto del Instituto Internacional de Recursos Renovables (IRRI). Ciudad de México. México. Sitio web: www.islaurbana.org
7. RODRÍGUEZ, Gerardo. “*Estudios Preliminares tendientes a la generación de un proyecto de referencia para la gestión de efluentes domésticos en condiciones de pequeña demanda y poco mantenimiento*”. Montevideo, Farq. UdelaR, 2004.
8. Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX). “*El gran reto del agua en la Ciudad de México. Pasado, presente y prospectivas de solución para una de las ciudades más complejas del mundo*”. Imprenta Offset Santiago S.A. Ciudad de México, México. 2012. Extraído del sitio web www.sacmex.df.gob.mx
9. VILARÓ RIGOL, Francesc. “*El abastecimiento de agua a Barcelona y las comarcas de su entorno.*” En Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, núm. 51. La gestión del agua, Vol. II. Madrid, España. 2000. Extraído del sitio web hispaqua.cedex.es, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Sistema Español de Información sobre el Agua.
10. YEANG, Ken. “*El rascacielos ecológico.*” Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona, España. 2001.

Nota: Debido a la contemporaneidad de la temática, resultó extremadamente difícil contar con fuentes bibliográficas tradicionales para el desarrollo del presente trabajo, por lo cual se ha recurrido a una cantidad importante de fuentes provenientes sitios web. Las mismas están citadas y referidas a lo largo de toda la investigación.