

# Factibilidad económica para la recuperación de agua pluvial a nivel residencial

Luis E. Fauroux <sup>1</sup>

Pablo A. Espiñeira

Omar J. Degaetani

Ricardo González

Fernando N. Martín Campo

José O. Mansilla

<sup>1</sup> E-mail: lfauroux@unlam.edu.ar  
Universidad Nacional de La Matanza

## RESUMEN

El agua es un bien escaso y su tratamiento conlleva un alto costo, sin embargo el agua de lluvia podría ser una alternativa económica si se la destina a satisfacer servicios secundarios. El trabajo analiza la viabilidad económica del aprovechamiento de agua pluvial a nivel residencial. Se realizó sobre un prototipo instalado en la Universidad Nacional de La Matanza, sus resultados podrían ser extensivos a pequeñas y medianas empresas. Las características de la instalación son el producto del análisis de la factibilidad técnica. Se esperan beneficios sobre el medio ambiente y un mejor aprovechamiento del recurso. La hipótesis principal es que la cantidad de agua pluvial colectada, no sería demandada a la red de agua corriente. El costo del tratamiento sería aceptable, y que la cantidad de agua recolectada disminuiría el riesgo de anegamiento en los alrededores, reduciendo costos y gastos de remediación.

## ABSTRACT

The water is a scarce commodity and its treatment bears a high cost, nevertheless the rainwater might be an economic alternative if one destines to satisfy secondary services. This work analyzes the economic viability of the use of rain water at residential level. It was realized on a prototype installed in the National University of La Matanza, its results might be extensive to little and medium enterprises. The characteristics of the installation are the product of the technical analysis. Benefits are expected on the environment and a better use of the resource. The main hypothesis is that the quantity of collected rain water, it would not be demanded to the water network. The cost of the treatment would be acceptable, and that quantity of gathered water would reduce the risk of flooding in the surrounding area, reducing costs and remediation expenses.

## PALABRAS CLAVE

Recuperación, tratamiento, agua, pluvial.

## INTRODUCCION

El creciente desarrollo de las ciudades, aumenta la impermeabilización de las cuencas urbanas, lo cual genera que el agua caída provoque anegamientos y dificultades, que podrían mitigarse acumulando aunque sea una parte de la misma y reutilizándola para servicios sanitarios o riego. El uso de agua pluvial recuperada implica una reducción de la demanda a la red de agua corriente y por lo tanto un mejor uso del agua potable, con los consiguientes beneficios sociales y económicos. Se valorará la factibilidad económica de la instalación a baja escala, es decir a nivel residencial, la que podría hacerse extensiva a pequeñas y medianas empresas. Asimismo queda abierta la posibilidad de continuar esta línea de investigación para ser aplicadas en barrios cerrados y/o clubes.

En aquellas zonas que carecen de redes cloacales, la mala gestión de los pozos absorbentes y cámaras sépticas provocan filtraciones que contaminan las napas subterráneas. Por ende, se debe recurrir a perforaciones cada vez más profundas, lo cual en caso de una mala ejecución de los pozos pone en peligro el recurso subterráneo ubicado a mayor profundidad. Este aumento en las profundidades de excavación, es un claro indicador de la escasez y costo del recurso, además de ser cada napa contaminada, un reflejo de una mala administración del bien. En este sentido, vale la pena mencionar que una de las principales causas de la contaminación del manto freático no confinado, es la presencia de numerosos sumideros a cielo abierto, llamados habitualmente "basurales clandestinos". Los mismos generan diariamente grandes volúmenes de lixiviados que contaminan el recurso subterráneo [1].

La crisis energética afecta a toda la sociedad y no es posible olvidar que para extraer, potabilizar y distribuir el agua se necesita energía. El uso de agua pluvial como recurso para actividades secundarias, implica entonces un ahorro. Una forma de analizar cómo cuidar este bien natural, es investigar la demanda de distintos artefactos domiciliarios:

**Tabla 1:**

**Consumos domésticos normales estimados por artefacto**

Lavarropas	100 litros por ciclo
Descarga de inodoros	20 litros por vez
Baños de inmersión	200 litros
Ducha breve	80 litros
Lavado de auto	500 litros
Lavado de vajilla	30 litros
Riego con manguera	500 litros por hora

En el mismo sentido, es necesario localizar, y solucionar, las pérdidas que ya sea por el mal hábito, o por defectos en la instalación del circuito de agua, ocurren habitualmente en una vivienda.

**Tabla 2:**

**Pérdidas promedio (litros por día)**

Goteo de canillas	46
Apertura mínima de canillas	2000
Apertura máxima de canillas	15000
Inodoro con pérdida continua	4500
Pérdida máx. de cisterna	15000
Cisterna con pérdida mínima	2500

Lograr un correcto equilibrio entre nuestra comodidad y el gasto energético de las instalaciones sanitarias, es una cuestión fundamental para la comunidad.

Dado que el aspecto legal restringe el uso del agua recuperada a servicios secundarios, no está permitido destinarla para consumo humano. Esto se debe a la prohibición de mezclar el agua corriente, con aquella proveniente de otra fuente, sin importar cuán bien o mejor esté tratada respecto del agua de red. Esto limita el alcance del recupero hacia usos como ejemplo, el riego, depósitos de baños, lavado de pisos y vehículos. Esto significa que el usuario que quiera utilizar agua pluvial se vea obligado a disponer de un doble circui-

to de agua. Con estas prerrogativas, durante el período 2015 – 2016, se desarrolló un proyecto de recuperación y tratamiento de 500 litros de agua pluvial, y destinarla en un sector sanitario de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), situada en el conurbano bonaerense, un área altamente antropizada donde el agua pluvial no filtra hacia los acuíferos, sino que descarga hacia el Río de La Plata por medio de los distintos vías subterráneas y por lo tanto no es aprovechada. Estos canales podrían verse colapsados y provocar anegamientos, si es que el fenómeno meteorológico involucrara una gran cantidad de agua.

Con el fin de estudiar la eficiencia del sistema propuesto, efectuar los ajustes, y las calibraciones del mismo, se montó en las instalaciones del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) un prototipo del sistema para el reaprovechamiento descrito.

La viabilidad del proyecto radica en la calidad del agua recuperada, por lo que se analizaron los indicadores establecidos por la Ley N°18284. En relación a los contaminantes orgánicos la reglamentación estipula los siguientes límites:

- Bacterias coliformes: NMP a 37°C - 48 hs. (Caldo Mc Conkey o Lauril Sulfato), en 100 ml: igual o menor de 3.
- Escherichia coli: ausencia en 100 ml.
- Pseudomonas aeruginosa: ausencia en 100 ml.

Entre los parámetros microbiológicos a controlar, para la evaluación de la potabilidad del agua ubicada en reservorios de almacenamiento domiciliario, deberá incluirse además el recuento de bacterias mesófilas en agar (APC - 24 h a 37°C). En el caso de que este recuento supere las 500 UFC /ml y se cumplan el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización del reservorio y un nuevo recuento.

La contaminación orgánica proviene principalmente de la suciedad acumulada en los techos que se usarán para la recolección. Se

resolvió que el método a utilizar para su tratamiento será de doble efecto. Este proceso deberá poseer baja pérdida de carga (caída de presión). El agua será previamente filtrada y tratada con carbón activado antes de entrar al reservorio, El carbón activado puede ser re-activado sometiéndolo al calor dentro de un horno de cocina, lo que prolonga su vida útil y disminuye costos de mantenimiento. De ser necesario se continuará el tratamiento en la cisterna, con pastillas de disolución lenta de cloro sólido, con el objeto de reducir o eliminar microorganismos, tales como bacterias y virus. Sin embargo el cloro, no es suficiente para eliminar todos los parásitos patógenos. La cloración desinfecta el agua, pero no la purifica por completo, se utiliza para mantenimiento, y conservación de lo colectado. La presencia de cloro activo en las aguas ubicadas en los reservorios domiciliarios no es obligatoria.

El tratamiento inorgánico consiste en la lograr que el agua pluvial contenga los minerales enumerados en la Tabla 3 dentro de los límites permitidos por la ley, interponiendo un empaquetado de resinas para tal fin. Se dice que el agua es “dura” cuando se encuentran sales de calcio y magnesio cuyos valores sobrepasan los niveles permitidos.

**Tabla 3**  
**Concentraciones permitidas por la ley**

Acidez	pH	Entre	6,5 – 8,5	
Amoniaco	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Máx	0,20	mg/l
Aluminio residual	Al	Máx	0,20	mg/l
Arsénico	As	Máx	0,05	mg/l
Cadmio	Cd	Máx	0,05	mg/l
Cianuro	CN <sup>-</sup>	Máx	0,10	mg/l
Zinc	Zn	Máx	5,0	mg/l
Cloro	Cl <sup>-</sup>	Máx	350	mg/l
Cobre	Cu	Máx	1,00	mg/l
Cromo	Cr	Máx	0,05	mg/l
Dureza total	CaCO <sub>3</sub>	Máx	400	mg/l

Fluoruro	F <sup>-</sup>	Máx		mg/l
Hierro Total	Fe	Máx	0,30	mg/l
Manganeso	Mn	Máx	0,10	mg/l
Mercurio	Hg	Máx	10 <sup>-3</sup>	mg/l
Nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Máx	45	mg/l
Nitrito	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Máx	0,10	mg/l
Plata	Ag	Máx	0,05	mg/l
Plomo	Pb	Máx	0,05	mg/l
Sólidos disueltos totales		Máx	1500	mg/l
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Máx	400	mg/l
Cloro activo residual	Cl	Mín	0,2	mg/l

Para el tratamiento en este sentido se resolvió utilizar resinas de intercambio iónico con resistencia a la formación de hongos. Un aspecto importante de las resinas de intercambio es la capacidad de litros que son capaces de tratar y el costo de su regeneración. Respecto a este último punto, la decisión se volcó hacia un tipo de resinas que se regeneran con cloruro de sodio (NaCl) [6], mejor conocido como sal de mesa. Lo interesante es que ambos tipos de resina, aniónica y catiónica, pueden ser regeneradas de con el mismo producto, lo que implica que no es necesario desarmar el paquete para dicho proceso. Los lechos de intercambio iónico agotados serán limpiados y regenerados en forma manual, a intervalos determinados en función del volumen tratado. La regeneración implicará inundar el paquete con una solución concentrada de NaCl, que barrerá de manera efectiva los iones de dureza dejando a la resina lista para el siguiente ciclo de suavización del agua.

A los efectos de evaluar la factibilidad del tratamiento proyectado, el equipo se remitió a un estudio realizado en el 2011 sobre el agua pluvial colectada en los techos del pabellón II de la ciudad universitaria (Ciencias Exactas UBA), el cual arrojó los resultados de la Tabla 4 [7].

**Tabla 4: Valores obtenidos**

Acidez	pH	Entre	5,9 – 6,7	mg/l
Nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Entre	4,9 – 9,4	mg/l
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Entre	0 – 0,07	mg/l
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Entre	1 – 5	mg/l

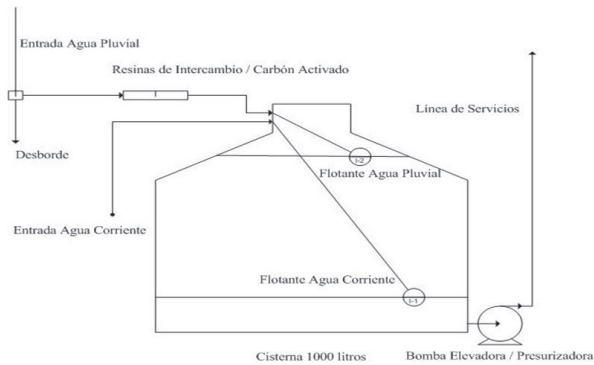
Respecto a este tema la investigación mencionada realizó la toma de muestras del material particulado que se depositara, tanto húmedo como seco, en el sector del mencionado pabellón. El proyecto contó con la asistencia de la Universidad de México que prestó el equipamiento necesario para cuantificar, reconocer las características físico-químicas y establecer su vinculación con la procedencia de estos depósitos. Los resultados arrojaron valores similares a los de Porto Alegre (Brasil) en 2009, a excepción de una mayor concentración de nitratos, lo que significaría un mayor grado de contaminación. Los depósitos asociados a la combustión automotor se corresponden con los hallados para otras ciudades, como se indica en el trabajo de Baumgardner (2007), ambos referidos en dicho trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El dimensionamiento de la instalación se realizó en base al espacio físico disponible. La idea consistió en coleccionar, en un tanque de 500 litros, el agua de lluvia tratada que descarga en un sector del entretecho del edificio, en donde se ubica el Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT). El techo posee una superficie de 32 m<sup>2</sup> y descarga mediante cañerías de 100 mm de diámetro hacia una bajada pluvial vertical que desemboca en un colector de desagüe. Las dimensiones de las cañerías son consistentes con edificaciones familiares, por lo que los resultados y conclusiones son extrapolables a ese nivel. El presente trabajo consiste en analizar la factibilidad del proyecto desde los costos en los que se debe incurrir, y los beneficios que este sistema traerá al usuario que lo utilice. El objetivo del mismo es demostrar que no solo se obtiene un beneficio

ambiental incuantificable, sino que también presenta un ahorro económico, enmarcando a este proyecto dentro de la privilegiada categoría de estrategias win-win.

Los principales egresos de dinero estarán separados en dos categorías. Primero está la inversión inicial del proyecto que abarca la compra de materiales y la instalación del sistema. En la Figura 1 se observa el esquema de instalación del que se analiza la lista de materiales de la Tabla 5.



**Figura. 1: Corte longitudinal del esquema de instalación**

**Lista de materiales tentativos para una instalación domiciliaria**

Pileta de patio como control de rebalse	Carbón activado
Pileta de patio como control de sólidos	Boya de cloro (doble acción)
“Te” (110 mm) como cartucho	Tanque cisterna (1000 litros)
Reducción 110 mm a 63 mm	Caños y accesorios en 110 mm
Reducción 63 mm a 50 mm	Caños y accesorios en 40 mm
Reducción 50 mm a 40 mm	Caños y accesorios en 1 pulgada
Bomba elevadora (inteligente)	Resinas de Intercambio

La segunda categoría son los insumos que se irán consumiendo con la utilización del sistema, debiendo ser reemplazadas proporcionalmente al consumo de agua. Las resinas son los únicos materiales de esta categoría y presentan una vida útil de 10 años. Los principales ingresos de dinero serán los ahorros que le generará al usuario el uso del sistema a lo largo del tiempo. Cada metro cúbico (m<sup>3</sup>) recolectado de agua de lluvia representa un m<sup>3</sup> no consumido de agua corriente, así el monto final de la factura del servicio disminuye. Para poder realizar una correcta evaluación económica y financiera del proyecto de recolección de agua de lluvia, fue necesario definir los supuestos de trabajo. Esto se debe a que no toda vivienda percibirá los mismos beneficios.

Lo anterior no quita que el modelo utilizado no sea susceptible de modificaciones y adaptaciones para poder aplicarlo en diferentes contextos, pero es necesario aclarar esto ya que los resultados obtenidos en este informe no son genéricos, pero sí lo es el método de evaluación. A priori, debemos considerar las siguientes afirmaciones:

El dispositivo purificador consiste en una “Te” cuya salida lateral es roscada con diámetro de 110 mm, colocada luego del filtro grueso de sólidos, y seguida de una reducción a 40 mm. La resina de intercambio iónico y el carbón activado se colocaron en bolsas porosas de nylon con el objeto de evitar el intercambio total de iones y evitar grandes pérdidas de presión, permitiendo la circulación del agua pluvial a tratar. La instalación prevé un desvío por rebalse, a fin de evitar desbordes. Se tuvo en cuenta que, para períodos sin lluvias, el sistema permita el ingreso de agua corriente. La cantidad de agua que, en estos casos, el sistema permitirá acumular no superará los 100 litros.

**Tabla 5**



## 1. SEGMENTO DE MERCADO

Este sistema se instalará únicamente en viviendas nuevas. Es decir, al momento de la obra ya se considerarán las particularidades constructivas pertinentes a la utilización de un sistema de agua recolectada. El punto es que en viviendas existentes abrir un nuevo circuito constituye un costo extra muy alto.

## 2. USO DEL AGUA TRATADA

El agua tratada será usada exclusivamente para uso de servicio. Esto se garantizará mediante la instalación de circuitos específicos para no mezclarla con agua corriente. En este caso la legislación prohíbe la mezcla de agua corriente con agua proveniente de otras fuentes (agua de pozo, pluvial, etc.).

## 3. ZONA GEOGRÁFICA CON MEDIDOR (CAUDALÍMETRO) DE AGUA

Para que efectivamente exista el ahorro para el usuario, este debe estar dentro del grupo de clientes que cuentan con medidor de agua corriente. La otra modalidad de este servicio es una tarifa fija en función de diferentes variables, todas independientes de la cantidad de m<sup>3</sup> consumidas, por ejemplo el área construida de la vivienda.

## 4. ZONA GEOGRÁFICA CON SISTEMA DE CLOACAS

Este es otro supuesto ya que existen clientes con agua corriente y cloacas, y clientes con agua corriente sin cloacas. Solo se considerará al segundo grupo de clientes en este proyecto ya que el hecho de contar con este primer servicio duplica la tarifa del m<sup>3</sup> de agua. Respecto a este punto existen aspectos a discutir. La empresa proveedora del servicio de agua cobra por la distribución del agua y el retiro de efluentes, un sistema como el propuesto no requiere suministro, pero sí genera efluentes, pero por otro lado y en la misma medida evita la disposición de agua pluvial. Por lo que los costos se anularían.

## 5. RELACIÓN SUPERFICIE DE CAPTACIÓN / PROMEDIO DE LLUVIAS

Se debe considerar que la relación super-

ficie de captación (techos) y el promedio en milímetros de precipitaciones permitan cubrir, como mínimo, la demanda estimada. En el caso de que esto no suceda, se puede aumentar la superficie de captación en el caso de que sea necesario. La superficie mínima requerida es de 100 m<sup>2</sup>. Lo que equivale a decir que por cada mm de agua caída significan 100 litros.

## 6. NIVEL DE CONSUMO DE AGUA EN EL HOGAR

Se estima un ahorro de 6 m<sup>3</sup> de agua mensualmente, el cual si es convertido a días y litros nos da un promedio de 200 litros de agua por día. Este dato es completamente posible ya que, sin tener en cuenta el uso del agua para riego o limpieza del auto y/o veredas, alcanzaría con las descargas de inodoro que realiza una familia en una casa promedio.

## 7. PRECIO DEL M<sup>3</sup> DE AGUA CORRIENTE

El precio del m<sup>3</sup> de agua corriente fue tomado de los datos oficiales y vigentes a partir de 1ro de junio del año 2016 por la compañía *ABSA – Aguas Bonaerenses S.A.* La Tabla 8, con estos datos, se encuentra como un anexo al final del informe. (\$ 5,76).

## 8. PRECIOS DE LOS MATERIALES

Los precios expuestos en esta evaluación económica están actualizados al día 27 de junio del año 2016. Estos fueron consultados en la cadena de comercio *Sodimac*, líder en ventas de productos para la construcción, ferretería y equipamiento para el hogar.

## 9. MÉTODO UTILIZADO

Método por lo percibido en el cálculo de los flujos de fondos, sin considerar la carga impositiva en dichos periodos.

## 10. LIMITACIONES DEL PROYECTO

El proyecto en términos económico y financiero no contempla obtener rentabilidad considerando el lucro en su aplicación, sino el beneficio de la externalidad en su aplicación (enfoque social). Al igual que su funcionalidad es exclusiva para construcciones de

viviendas nuevas. Se valorará la factibilidad técnica, económica e instalación a baja escala, es decir a nivel residencial, que podría hacerse extensivo a pequeñas y medianas empresas. Asimismo queda abierta la posibilidad de continuar esta línea de investigación para ser aplicadas en barrios cerrados y/o clubes.

La finalidad del presente trabajo es materializar un correcto y completo análisis económico y financiero, para esto se comenzará evaluando el flujo de fondos proyectados en base a una serie de supuestos. Luego se debe analizar todo aquello que quedo fuera del primer análisis pero que tiene inferencia en la toma de la decisión de realizar el proyecto o no. Por último, se evaluará la sensibilidad del proyecto con respecto a la variación de las variables más representativas. El método de análisis, para la medición de la rentabilidad del proyecto, propone un horizonte de planeamiento de 10 años, considerando en la misma los diferentes trazados de escenarios, y las alternativas de sustitución del proyecto en cuestión.

**Tabla 6**  
**Escenario de Análisis**

Número de Períodos	10
Tipo de Período	Anual
Tasa de Descuento	15,00%

La tasa de descuento aplicable como tasa de corte involucra variables de índole inflacionario, riesgo, tipo de cambio, tasa promedio de entidades financieras (cancelación de deuda) y de rendimiento de títulos públicos y privados.

Al término de la vida útil del proyecto las misma propone un recupero en términos residuales (neto de amortizaciones) cuyo valor de comercialización al cierre del periodo es 5000 pesos, solo para el tanque cisterna, no contemplando la bomba elevadora ya que la misma por su valor residual quedaría sin uso en el tiempo utilizado.

**Tabla 7**  
**Lista de materiales tentativos para una instalación domiciliaria**

(venta al fin del período 10)		Unidades	\$/u	Total
Tanque Cisterna (1000 litros)		1	\$2.289	\$2.289
	V.O	A.A		V.R
Tanque Cisterna (1000 litros)	\$ 2289	\$ 228,90		\$ 0,00
REVENTA	\$5.000	\$ -		\$5.000
			Total	\$5.000

**Tabla 8**  
**Tabla Evolutiva de incrementos en el servicio de Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (AYSA) proyectados**

AÑO	Incremento Porcentual	Ingreso por ahorros
2017	400%	\$ 2066,40
2018	30%	\$ 2686,40
2019	17%	3143,70
2020	10%	3457,40
2021	0%	3457,40
2022	10%	3803,14
2023	10%	4183,45
2024	5%	4382,62
2025	5%	4382,62
2026	0%	4382,62

**Tabla 9**  
**Análisis de sensibilidad**

Tasa de Descuento	VAN
0%	\$ 23081,15
5%	\$ 13310,78
10%	\$ 6846,09
15%	\$ 2431,60
20%	-\$ 672,04
25%	-\$ 2913,53
30%	-\$ 4572,87
35%	-\$ 5829,41
40%	-\$ 6800,85
45%	-\$ 7566,18
50%	-\$ 8179,55

Los resultados del trabajo se analizaron conforme la importancia que tiene el agua como recurso imprescindible. Los aspectos sobresalientes en este sentido son su escasez creciente y su uso irracional. Las temáticas alrededor del agua de consumo humano son de aspecto técnico, económico y legal.

Desde la viabilidad técnica, luego analizar de las muestras tomadas en distintos momentos se observó la presencia de cloro y ausencia de sólidos en suspensión. La presencia de olor a cloro es un primer indicador de la ausencia de materia orgánica. Dado que el uso será destinado a servicios, no es indispensable hacer un análisis de potabilidad. Aún así, las pruebas de laboratorio arrojaron ausencia de ión amonio, y bajo contenido de cloro. El ión amonio está relacionado a la deposición de las aves, por lo que es un factor a observar en cada localización específica, ya que dependerá de la magnitud de la presencia de pulmones verdes y árboles de gran envergadura en la zona.

El cloro estará ligado a la dosificación en la cisterna, el exceso no es deseable, pero la presencia de un suave olor indica que la cantidad dosificada ha sido suficiente para el mantenimiento. Los ensayos de laboratorio corroboraron las hipótesis realizadas en estos sentidos. Los valores asociados a estas sustancias dependen del ciclo de períodos de lluvia y la temperatura ambiente. Se observó, como era esperable, que la máxima cantidad de materia orgánica e inorgánica en el agua pluvial, se obtuvo en los primeros minutos de lluvia abundante, extendiéndose este período conforme la magnitud de la precipitación.

Períodos largos entre precipitación favorecen la oxidación tanto de la materia orgánica como de la inorgánica, si estos períodos son cálidos se favorece el secado y la oxidación. Si por el contrario, los períodos entre lluvias son cortos, se ve perjudicada la acumulación de materia. Esto quiere decir que los techos se verán "lavados" reduciendo el problema a los primeros minutos de cada precipitación. En este sentido las características del sistema permiten analizar su comportamiento

bajo distintas circunstancias. Ante una precipitación entre abundante y muy abundante, la caída de presión es alta. En este contexto, y dado el caudal, una parte del agua utiliza el sistema de desborde por lo que las primeras aguas, que son las más concentradas se descartan en forma natural, sin exigir el tratamiento por parte del sistema. A bajo caudal de entrada, menor pérdida de carga (porcentual), y mayor tiempo de tratamiento. Esto implica que en ambos casos el sistema trata efectivamente el agua que pasa a través del mismo. El caso del tratamiento iónico es mayor a bajas velocidades, pero al encontrarse empaquetadas, no alcanzan a deionizar la cantidad circulante. De este modo aumenta la cantidad de ciclos útiles de la resina para el tratamiento. Se determinó un promedio práctico de 6 ciclos de 500 litros, aunque en forma teórica podría aumentar sensiblemente. La regeneración se realizó conforme lo específica la hoja de datos de la resina, corroborándose la información obtenida.

## DETALLES TÉCNICOS

**Tabla 10**  
**Mínimos de Consumo según Valuación Fiscal Inmobiliaria y Servicios (ABSA)**

TRAMO	VALUACION FISCAL INMOBILIARIA	M <sup>3</sup> MENSUALES	
		Servicio de agua	Servicio de agua y desagües
1	De 0 hasta 40.000	15	15
2	más de 40.000 hasta 50.000	15	15
3	más de 50.000 hasta 70.000	17	18,5
4	más de 70.000 hasta 100.000	19,5	21
5	más de 100.000 hasta 150.000	21,5	23
6	más de 150.000 hasta 200.000	25	26,5
7	más de 200.000	28	29,5



**Tabla 11****Cuadro Tarifario Servicio de Agua o de Agua y Desagües Cloacales (Aguas Bonaerenses S.A. - ABSA)**

ESCALA	CONSUMO MENSUAL m <sup>3</sup>	CALCULO SEGÚN ESCALA de CONSUMOS
1	hasta 15 m <sup>3</sup>	15 m <sup>3</sup> x Vm <sup>3</sup>
2	hasta 17,5 m <sup>3</sup>	primeros 15 m <sup>3</sup> x Vm <sup>3</sup> excedente x Vm <sup>3</sup> x 1,60
3	hasta 20 m <sup>3</sup>	primeros 17,5 m <sup>3</sup> ídem anterior x Vm <sup>3</sup> excedente x Vm <sup>3</sup> x 1,70
4	hasta 22,5 m <sup>3</sup>	primeros 20 m <sup>3</sup> ídem anterior x Vm <sup>3</sup> excedente x Vm <sup>3</sup> x 1,80
5	hasta 25 m <sup>3</sup>	primeros 22,5 m <sup>3</sup> ídem anterior x Vm <sup>3</sup> excedente x Vm <sup>3</sup> x 1,90
6	hasta 30 m <sup>3</sup>	primeros 25 m <sup>3</sup> ídem anterior x Vm <sup>3</sup> excedente x Vm <sup>3</sup> x 2,00
7	hasta 35 m <sup>3</sup>	primeros 30 m <sup>3</sup> ídem anterior x Vm <sup>3</sup> excedente x Vm <sup>3</sup> x 2,10
8	hasta 40 m <sup>3</sup>	primeros 35 m <sup>3</sup> ídem anterior x Vm <sup>3</sup> excedente x Vm <sup>3</sup> x 2,20
9	hasta 45 m <sup>3</sup>	primeros 40 m <sup>3</sup> ídem anterior x Vm <sup>3</sup> excedente x Vm <sup>3</sup> x 2,30
10	hasta 50 m <sup>3</sup>	primeros 45 m <sup>3</sup> ídem anterior x Vm <sup>3</sup> excedente x Vm <sup>3</sup> x 2,40
11	hasta 62,5 m <sup>3</sup>	primeros 50 m <sup>3</sup> ídem anterior x Vm <sup>3</sup> excedente x Vm <sup>3</sup> x 2,50
12	hasta 75 m <sup>3</sup>	primeros 62,5 m <sup>3</sup> ídem anterior x Vm <sup>3</sup> excedente x Vm <sup>3</sup> x 3,50
13	más de 75 m <sup>3</sup>	primeros 75 m <sup>3</sup> ídem anterior x Vm <sup>3</sup> excedente x Vm <sup>3</sup> x 4,50

Valor Metro Cúbico (Vm<sup>3</sup>): \$5.74. La periodicidad de la lectura del Servicio Medido (SM) es bimestral y el importe a facturar es mensual. Se cobrará en todos los casos del SM, un cargo para mantenimiento de medidor y un cargo de reposición de medidores, equivalente al valor de 2,5 m<sup>3</sup> de agua potable por mes, por cada concepto, al precio del Vm<sup>3</sup>. La tarifa de los usuarios de consumos intensivos del SM que superen los 1.000 m<sup>3</sup> de consumo mensual, se multiplica por un coeficiente de 2.

Servicio de agua y desagües cloacales: El importe surge de multiplicar los valores determinados para el servicio de agua por un coeficiente de 2.

La Tasa de Fiscalización y Control del Organismo de Control de Aguas de Buenos Aires (OCABA) corresponde al 4%.

La Tarifa de Interés Social se encuentra al alcance de los usuarios residenciales con escasos recursos económicos, quienes podrán realizar consultas en nuestros centros de contacto.

## RESULTADOS

El análisis de los costos de instalación, en viviendas preexistentes, arrojó un monto que ronda los \$10.000 (aprox. U\$S 650).

Ante estos valores se realizó una encuesta, con el objeto de conocer la opinión y predisposición de los usuarios respecto a realizar una inversión en un sistema de estas características. La población encuestada abarcó distintos estratos socio-económicos y de diversas edades, dentro del partido de la Matanza [2].

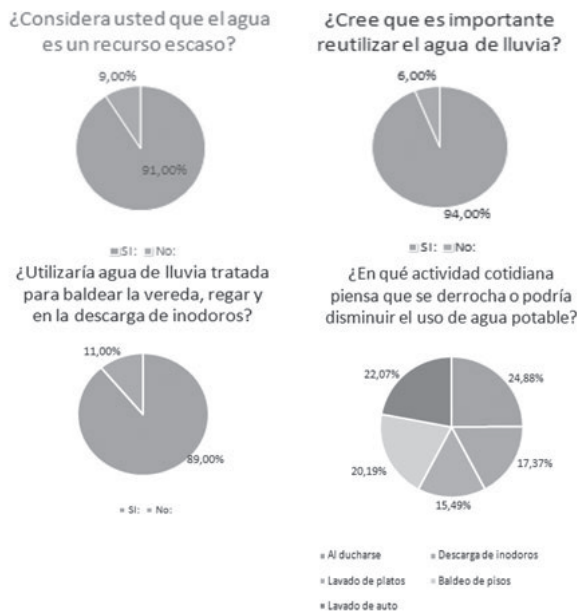


Figura 2. Resultados de la encuesta. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a esto último, el 24,88% de la población encuestada opinó que los mayores derroches se encuentran a la hora de ducharse, seguidos por el lavado del auto y baldeo. Pese En primer lugar, en la generalidad de los casos, los encuestados nos plantearon su preocupación acerca de la creciente disminución de reservas de agua dulce en el mundo. Esta problemática es producto de la contaminación. Surge, en consecuencia, la necesidad de aprovechar al máximo las alternativas orientadas hacia el consumo responsable de este bien natural, que es imprescindible para la vida. A esta creciente preocupación, tan solo el 45% de los encuestados asegura tener conocimiento acerca de procesos para el tratamiento de agua. Por otro lado, un dato muy importante, que se infiere de este análisis, es que el 89% de la gente utilizaría el agua de lluvia tratada para baldear la vereda, regar y en la descarga de inodoros. Mientras que este porcentaje se reduce al 57% cuando se les pregunta si la utilizarían para higiene personal y/o cocinar. Al consultarles el motivo de esta decisión, la gran mayoría respondió que esto se debe al desconocimiento del proceso de tratamiento y a la inseguridad que trae aparejado. Esta última apreciación del

usuario genera cierta contradicción, ya que el 85% no le realiza controles periódicos al agua que consume en su domicilio. Por último, podemos ver una buena predisposición, más del 90%, para la instalación del sistema de recolección de agua de lluvia y su tratamiento

## CONCLUSIONES

Desde el punto de vista económico y financiero el proyecto es viable con la tasa interna de retorno del 19%. En el plazo de 10 años. Pero considerando un incremento de la TIR el proyecto no es atractivo en términos financieros, pero es altamente viable bajo un análisis de impacto social. Con la tasa de corte del orden del 15% el proyecto es viable..

Cabe destacar que a pesar que el uso sea secundario, el agua debe ser tratada para evitar inconvenientes ocasionados por su ingesta accidental. Esto significa eliminar toda la materia orgánica y la inorgánica que puedan ocasionar problemas para la salud tanto en las personas como en otros seres vivos. Como se mencionó anteriormente, varias leyes, como las N° 12257, 14520 y 14703 establecen claramente que esta agua recuperada no puede ser mezclada con el agua de red para consumo humano, y es por este motivo es que sólo se contemplará que su destino sea en todo momento como agua de servicio.

El resultado de las encuestas indica que la instalación de un doble circuito, para la utilización de agua recuperada, resulta inicialmente costosa para los usuarios domiciliarios. Esto se explica porque el usuario común no tiene el ejercicio de valorar el costo ambiental, como anegamientos y la reducción de servicios ambientales, e internalizarlos

Es de destacar, también, que la encuesta se realizó en un período de tiempo (primer semestre 2016) cuyo contexto económico fue difícil para los usuarios. Se trató de una época de grandes subas en los costos de los servicios generales. Sin embargo esta situación presenta un aspecto favorable, el aumento de la tarifa por consumo del agua hace disminuir considerablemente el período de amortiza-

ción de la instalación, y también los costos si se los planifica desde un principio en edificaciones nuevas.

## REFERENCIAS

- [1] Degaetani, O.J. y otros. (2016). Aprovechamiento del agua pluvial como recurso hídrico a nivel residencial, en *Memorias del IX Congreso Argentino de Ingeniería Industrial*.
- [2] Fauroux, L.E. y otros. (2016). Recuperación y tratamiento de agua pluvial a baja escala, en *Libro de Actas del IIIer Congreso Argentino de Ingeniería, 1870-1882*.
- [3] Narváez, J.L. (2009). Teoría Administrativa. Editorial Prometeo, San Justo. 413-441.
- [4] Van Horne, J. (1976). Administración Financiera. Ediciones Contabilidad Moderna. Buenos Aires. 213-232.
- [5] Nassir Sapag Chaín (2007). Proyectos de inversión. Formulación y Evaluación. Editorial Pearson educación, México. 247-348.
- [6] Serrano Rodríguez, J. (2011). Matemáticas Financieras y evaluación de proyectos, 2<sup>a</sup> Ed. Editorial Alfaomega, Univ. Nac. de los Andes, Bogota. 349-404
- [7] Pérez, C. y otros (2011). Análisis físico-químico del agua de lluvia en Buenos Aires y condiciones meteorológicas asociadas. Departamento de Cs. de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, UBA Argentina.