

Aprovechamiento del agua pluvial como recurso hídrico a nivel residencial

Degaetani, Omar J.; Fauroux, Luis Enrique; Espiñeira, Pablo A.; Gonzalez, Ricardo; Mansilla, José O.; Martín Campo, Fernando.*

*Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza.
San Justo, Buenos Aires, Argentina.
odegaetani@unlam.edu.ar*

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el ámbito de los alrededores de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM). La misma se encuentra situada en el conurbano bonaerense, 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 ríos subterráneos, y por lo tanto no es aprovechada. Estos ríos se han visto ocasionalmente colapsados provocando anegamientos cuando el fenómeno meteorológico ha involucrado una gran cantidad de agua. Por lo que la hipótesis principal es que la cantidad de agua pluvial potencialmente recuperada podría disminuir el efecto de los inconvenientes mencionados, y además si es tratada in situ, no sería demandada para su uso a la red de agua corriente. Se utilizaron datos meteorológicos históricos y propios, se relevaron acontecimientos históricos en la zona, se analizaron estadísticas del consumo de agua a nivel domiciliario, y se elaboró una propuesta respecto del aprovechamiento del recurso. Esto conlleva beneficios tanto para los usuarios como para el medio ambiente. Se valoró la factibilidad técnica, económica e instalación a baja escala, es decir a nivel residencial, que podría hacerse extensivo a pequeñas y medianas empresas.

Palabras Claves: Recuperación, tratamiento, agua, pluvial.

ABSTRACT

This job was done in the area surrounding Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM). This university is located in the outskirts of Buenos Aires, a heavily urbanized area where the rain water doesn't filter towards aquifers, but flows into Río de La Plata through different underground rivers and, thus, it is not used. With heavy rains, due to the high amount of water involved, these rivers have occasionally collapsed, flooding the area. In view of this situation, the main hypothesis is that the amount of rain water potentially recovered could lower the effect of the mentioned inconveniences and, if it were treated in its place, it would not be necessary to request the provision of running water. For this job, we used both, historical meteorological data and our own information - collected from our meteorological station. Historical events that happened in the area were also taken into account, statistics about home consumption of water were analyzed, and a proposal regarding a profitable use of this natural resource was made. Both, private users and the environment will benefit from this. Its technical and economic feasibility, as well as the possibility of being installed at a low rate - that's to say, for home use - were taken into account. In the future, it could also be used by small and medium-sized companies.

Keywords: Recovery, treatment, water, rainfall.

1. Introducción

1.1. Antecedentes

El tratamiento de agua pluvial es una de las formas en las que se puede aprovechar los recursos naturales. El agua caída provoca, en algunos casos, anegamientos y dificultades que podrían evitarse acumulando aunque sea una parte de la misma y reutilizarla para servicios sanitarios o riego. Su utilización implica una reducción de la demanda y por lo tanto una mejor aprovechamiento del agua potable, con los consiguientes beneficios sociales y económicos.

Es sabido que, fundamentalmente en el conurbano bonaerense, son comunes los anegamientos que se dan habitualmente a causa de las lluvias. Con la intención de tener datos certeros de la magnitud de dichas lluvias, se instaló una estación meteorológica en los techos de la Universidad. La misma está provista, entre otros elementos, de un pluviómetro. En el cuadro adjunto se muestran los resultados obtenidos (período Junio 2015 – Mayo 2016):

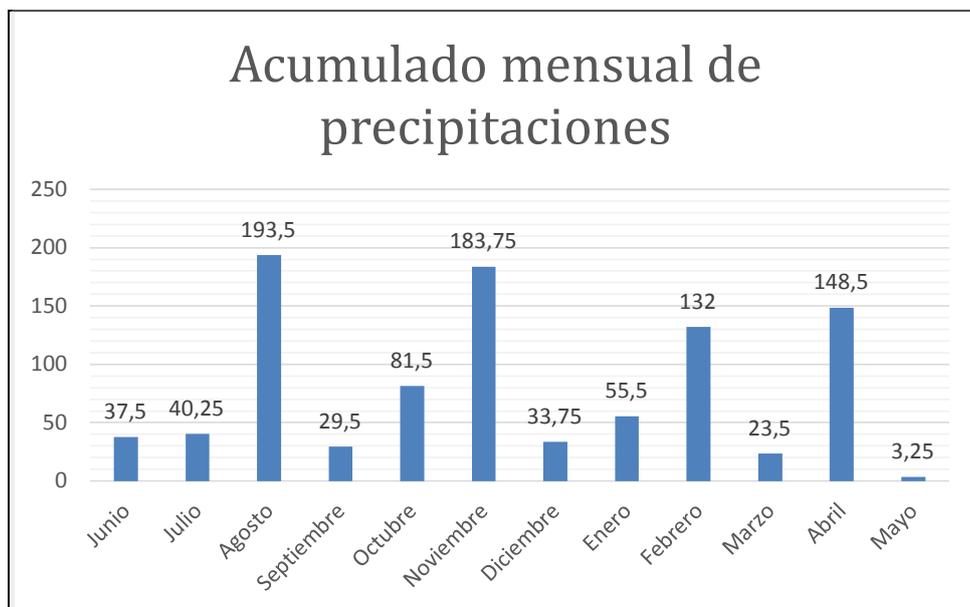


Figura 1 a – Valores de precipitaciones obtenidas en la UNLaM

En base al gráfico se puede apreciar que durante el mes de octubre 2015, y tomando como base un techo con una superficie de 100 m², se podrían haber colectado y reutilizado un volumen de aproximadamente 8000 litros. Vale aclarar que el que significado de “milímetros de lluvia” implica que 1 milímetro de agua caída equivale a 1 litro de agua por m² de superficie,

Si se considera que una familia tipo consume aproximadamente 400 a 500 litros de agua por día para servicios, recurso que es requerido a la red de agua potable. Con estos datos puede decirse que en ese período de tiempo se cubriría, con agua pluvial, prácticamente la mitad del agua de servicio necesaria.

Lo que se plantea en este trabajo es la reutilización de agua pluvial como agua de servicio. Esto significa destinar el uso del recurso hacia la carga de las mochilas de sanitarios, riego, baldeo, lavado vehicular, etc. 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.

Varias leyes, como la Ley 12257 [1], ley 14520 [2] y 14703 [3] 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.

En referencia a la calidad y composición química de agua pluvial, en el año 2011 se ejecutó un proyecto en Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires (Pérez, Claudio y otros, 2012). Uno de los objetivos de esa investigación consistió en 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).

Respecto al aprovechamiento del agua pluvial, la siguiente es una pequeña lista de proyectos existentes de similares características

- a) Sistemas urbanos: territorio ciudad, barrios / polígonos, edificio. Proyecto PLUVISOST.
- b) Flujos recursos hídricos endógenos - Área del Malgrat-Cubelles. - Plan Estratégico del Litoral.
- c) Maig. Granollers - Ecobarrio Social.
- d) Sant Boi. Barcelona - Centro comercial.
- e) Maó. Menorca – Aeropuerto.
- f) Montjuïc. Barcelona – Parque.
- g) UAB. Bellaterra. BCN – Universidad.
- h) Vallbona. Barcelona – Ecobarrio.

1.2. Hipótesis

El proyecto pretende analizar la recuperación de agua pluvial en la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM). La misma se encuentra situada en el conurbano bonaerense, 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 ríos subterráneos y por lo tanto no es aprovechada. Estos ríos podrían verse colapsados y provocar anegamientos si el fenómeno meteorológico involucra una gran cantidad de agua.



Figura 1 b – Alrededores de la UNLaM

Por lo que la hipótesis principal es que la cantidad de agua pluvial colectada, y tratada in situ, no sería demandada a la red de agua corriente. El costo tratamiento para su uso en los vestuarios sería aceptable y habría una cantidad considerable de agua que no alcanzaría las calles y alcantarillas disminuyendo el riesgo de anegamientos en los alrededores y un mejor aprovechamiento del recurso natural.

2. Metodología

El tratamiento del agua pluvial tiene dos aspectos, la eliminación de de la materia orgánica y la composición química de las sales disueltas. A los efectos del dimensionamiento es necesario conocer las concentraciones en estos aspectos. En primera instancia se investigó sobre las técnicas de análisis en estos sentidos. En lo que se refiere a materia orgánica las técnicas se basan en la medición del consumo de oxígeno, ya que esto relacionado al contenido de microorganismos. La técnica más difundida es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5, ensayo de incubación por 5 días). La exactitud y precisión de ésta técnica se hallan influenciadas por diversos factores. Se trata de llenar completamente dos recipientes de volumen conocido (300 ml), cerrarlos herméticamente. A uno de ellos de lo deja que evolucione a una temperatura de 20°C durante un período de 5 días. El otro se procesa inmediatamente. La diferencia entre ambas, teniendo en cuenta la dilución de la muestra, es la DBO. Las diluciones que contengan al menos 1 mg/L de demanda de oxígeno (DO) residual y una diferencia de DO de al menos 2 mg/L al cabo de los 5 días son las que brindan mejores resultados. Si más de una dilución cumple con los requisitos, entonces se promedian los resultados ya no hay evidencia de anomalías.

$$DBO_5 = \frac{(DO_{inicial} - DO_{final})}{f} \quad (1)$$

Donde f es el factor de dilución decimal a muestra. Se investigó sobre los estándares estipulados en el Artículo 982 de la Ley 18284 (Código Alimentario Argentino) sobre aguas [4]. En relación a los contaminantes orgánicos estipula que:

- 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.

En la evaluación de la potabilidad del agua ubicada en reservorios de almacenamiento domiciliario deberá incluirse entre los parámetros microbiológicos a controlar el recuento de bacterias mesófilas en agar (APC - 24 h a 37°C); en el caso de que el 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. En las aguas ubicadas en los reservorios domiciliarios no es obligatoria la presencia de cloro activo. 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.

El agua será previamente filtrada y tratada con carbón activado antes de entrar al reservorio. Este proceso deberá poseer baja pérdida de carga (caída de presión) y, de ser necesario, se continuará el tratamiento con pastillas de cloro sólido de disolución lenta, lo que permitirá la conservación de lo colectado. El carbón activado puede ser re-activado sometándolo al calor dentro de un horno de cocina, lo que permite aumentar su vida útil y disminuir los costos de mantenimiento.

Para los contaminantes inorgánicos la ley establece que:

Tabla 1 – Concentraciones permitidas por la ley

Acidez	pH	Entre	6,5 – 8,5	mg/l
Amoniaco	NH ₄ ⁺	Máximo	0,20	mg/l
Aluminio residual	Al	Máximo	0,20	mg/l
Arsénico	As	Máximo	0,05	mg/l
Cadmio	Cd	Máximo	0,05	mg/l
Cianuro	CN ⁻	Máximo	0,10	mg/l
Zinc	Zn	Máximo	5,0	mg/l
Cloro	Cl ⁻	Máximo	350	mg/l
Cobre	Cu	Máximo	1,00	mg/l
Cromo	Cr	Máximo	0,05	mg/l
Dureza total	CaCO ₃	Máximo	400	mg/l
Fluoruro	F ⁻	Máximo		mg/l
Hierro Total	Fe	Máximo	0,30	mg/l
Manganeso	Mn	Máximo	0,10	mg/l
Mercurio	Hg	Máximo	0,001	mg/l
Nitrato	NO ₃ ⁻	Máximo	45	mg/l
Nitrito	NO ₂ ⁻	Máximo	0,10	mg/l
Plata	Ag	Máximo	0,05	mg/l
Plomo	Pb	Máximo	0,05	mg/l
Sólidos disueltos totales		Máximo	1500	mg/l
Sulfatos	SO ₄ ⁼	Máximo	400	mg/l
Cloro activo residual	Cl	Mínimo	0,2	mg/l

A los efectos de evaluar la factibilidad del tratamiento proyectado, el equipo se remitió a un estudio realizado por Perez C. y otros [5] 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 siguientes resultados

Tabla 2 – Valores obtenidos por Perez C. y otros (2011)

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

Los autores concluyen que esta fuerte presencia de nitratos en el agua de lluvia estaría relacionada con las intensas emisiones de óxidos de nitrógeno de la ciudad de Buenos Aires. Las muestras de agua de lluvia colectadas correspondieron en todos los casos a pasajes de sistemas frontales sobre la ciudad. Asociada al desplazamiento de algunos frentes se produjo la llegada de cenizas volcánicas del sistema Puyehue–Cordón Caulle. Aun así los valores preliminares sugieren que no es necesario un bajo caudal del agua para el correcto acondicionamiento mediante resinas de intercambio iónico. Sin embargo es importante destacar ciertos aspectos que surgieron luego de analizar la bibliografía y consultar a los agentes comercializadores. En primer lugar es posible que durante los períodos de reposo se produzca el crecimiento de microorganismos en las resinas, hecho que se puede evitar retirando el cartucho y manteniendo aireada la resina. En segundo término el hierro trivalente actúa como un “veneno” de las resinas, dada la dificultad para removerlo al momento de la regeneración.

Paralelamente a la investigación sobre los parámetros a cumplir en la calidad del agua y la legislación vigente, se llevó a cabo una encuesta con el objeto de determinar cómo percibe la población al recurso “agua” y si estaría dispuesto a realizar alguna acción y/o inversión para el aprovechamiento del agua de lluvia. La encuesta se realizó tomando una muestra al azar de 100 personas dentro de la Universidad abarcando alumnos, docentes, administrativos y personal auxiliar y consistió en un breve cuestionario de diez preguntas sencillas; a continuación se presenta un modelo de dicha encuesta:

Encuesta “Proyecto Aguas”

1. ¿Considera usted que el agua es un recurso escaso?

SI	NO
----	----

2. ¿Cree que es importante reutilizar el agua de lluvia?

SI	NO
----	----

3. ¿Conoce algún sistema de tratamiento de aguas?

SI	NO
----	----

4. ¿Utilizaría agua de lluvia tratada para riego y descarga de inodoros?

SI	NO
----	----

5. ¿Utilizaría agua de lluvia tratada para higiene personal y cocinar?

SI	NO
----	----

6. ¿Instalaría un sistema de recolección y tratamiento de agua de lluvia en su domicilio?

SI	NO
----	----

7. Teniendo en cuenta que además colaboraría a la mitigación de inundaciones, ¿cuánto dinero estaría dispuesto a invertir?

SI	NO
----	----

8. En promedio se consumen 550 l/día de agua en Buenos Aires mientras que lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud es de 50 l/día. ¿Tiene en cuenta el derroche de agua cuando realiza sus quehaceres diarios?

SI	NO
----	----

9. ¿Considera que el precio del agua es correcto?

SI	NO
----	----

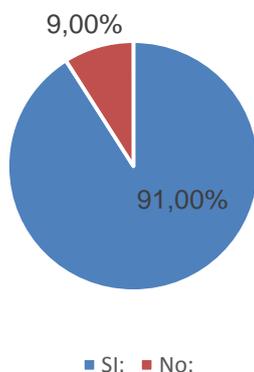
10. ¿Realiza controles periódicos al agua de su domicilio?

SI	NO
----	----

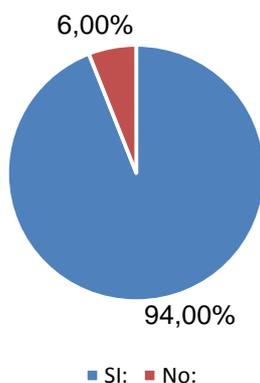
Analizados los resultados pudo observarse que, en su gran mayoría, los usuarios están conscientes de la necesidad de disminuir el consumo de agua de red como así también la necesidad de recolectar y tratar el agua de lluvia si bien es necesario dar a conocer y promocionar

los sistemas actuales de tratamiento dado que más de la mitad de los encuestados no conocen sistemas de tratamiento. Los resultados se muestran en los gráficos siguientes

¿Considera usted que el agua es un recurso escaso?



¿Cree que es importante reutilizar el agua de lluvia?



¿Utilizaría agua de lluvia tratada para baldear la vereda, regar y en la descarga de inodoros?

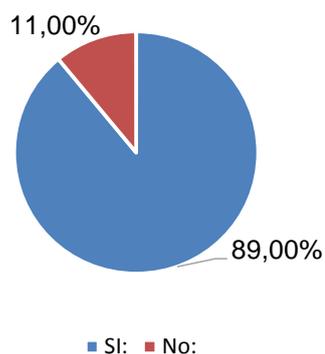


Figura 2 - Resultados de la encuesta respecto a la importancia el recurso

Finalmente, y cumplimentando las tareas previstas en el cronograma, se realizó un estudio preliminar de costos sobre la instalación domiciliar de un tanque de 1000 litros, el circuito secundario, el costo tratamiento (y la regeneración), ahorros y beneficios ambientales.

Entonces, con el fin de estudiar la eficiencia del sistema propuesto, efectuar ajustes, calibraciones y garantizar la eficiencia del mismo, se montará en las instalaciones del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza un prototipo del sistema de reaprovechamiento descrito.

La idea consiste en coleccionar el agua de lluvia de un sector de la cubierta de chapas de fibrocemento del edificio en donde se ubica el DIIT, con una superficie de 200 m². El techo descarga en forma libre hacia un patio abierto lindero con la Av. Eva Perón. Se colocará un embudo de zinguería con reducción a 110mm, para conectar la bajada del caño pluvial de PP de diámetro 110mm. [6] [7] [8]

En caso de no poder enterrarse el tanque de bombeo, deberá armarse una boca de desagüe elevada en donde colocar el cesto de filtrado, previo al ingreso al tanque. Luego, deberá montarse el tanque de bombeo, con un caño de rebalse conectado a la boca de desagüe pluvial existente.

Luego se deberá seguir el modelo descrito anteriormente el cual se ejemplifica en el croquis presentado a continuación.

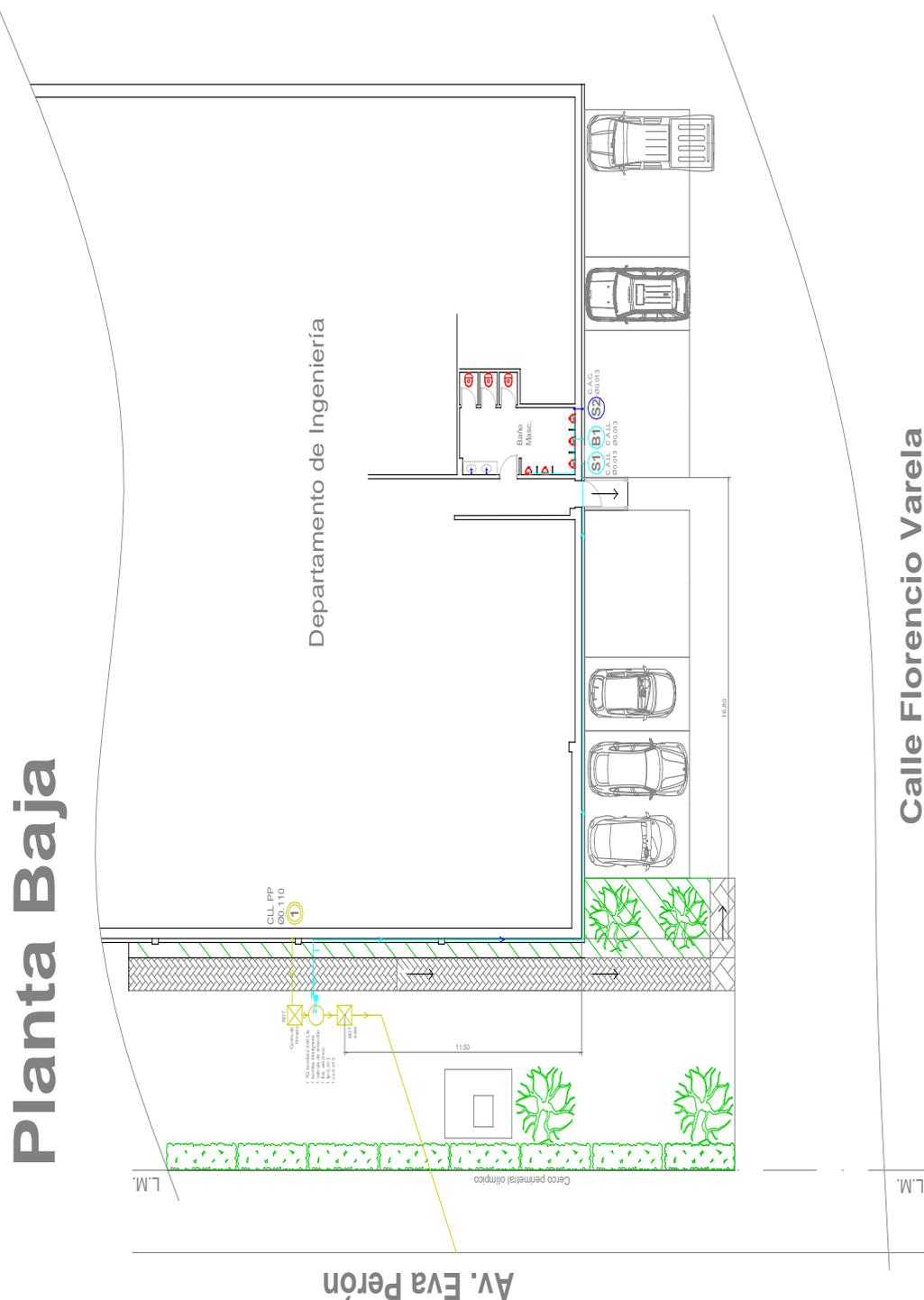


Figura 3 – Plano de la propuesta para la recolección de agua pluvial

3. Conclusiones

Por su parte, la creciente urbanización trae aparejada el aumento del requerimiento de agua potable. Para satisfacer esta demanda es necesaria la instalación de nuevas plantas potabilizadoras, aumentar la capacidad de las existentes o implementar sistemas de gestión adecuados que permitan un mejor aprovechamiento del recurso. El uso de agua pluvial recuperada implica una reducción de la demanda a la red de agua corriente y por lo tanto un mejor aprovechamiento del agua potable, con los consiguientes beneficios sociales y económicos. En aquellas zonas que carecen de redes cloacales, la mala gestión de los pozos absorbentes y cámaras sépticas provocan filtraciones que terminan contaminando 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 gestión en la 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, habitualmente llamados "basurales clandestinos", que generan diariamente enormes volúmenes de lixiviados que terminan contaminándola el recurso subterráneo. 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. El objetivo principal es diseñar un conjunto de dispositivos que permita el tratamiento de agua pluvial in situ. Por esto es que se propone que el método a utilizar para su tratamiento será de doble efecto. El agua será previamente filtrada y tratada con carbón activado granular antes de entrar al reservorio, cuya acción es la de adsorción, donde la materia orgánica se adhiere a la pared del carbón por una función química. En este paso se eliminarán los pesticidas, plaguicidas y otros contaminantes orgánicos(básicamente orgánicos volátiles). Este proceso deberá poseer baja pérdida de carga (caída de presión) y, de ser necesario, se continuará el tratamiento con pastillas de cloro sólido de disolución lenta, lo que permitirá la conservación de lo coleccionado. El siguiente paso propuesto para este proceso de purificación es la eliminación de elementos que causan la dureza del agua, interponiendo un empaquetado de resinas para tal fin. Decimos que el agua es "dura" cuando encontramos calcio y magnesio y éstos sobrepasan los niveles permitidos.

Este sistema permitirá obtener beneficios para el medio ambiente y un mejor aprovechamiento del recurso natural. La hipótesis principal es que la cantidad de agua pluvial colectada, y tratada in situ, no sería demandada a la red de agua corriente. El costo del tratamiento para su uso en los vestuarios sería aceptable y habría una cantidad considerable de agua que no alcanzaría las calles y alcantarillas disminuyendo el riesgo de anegamientos en los alrededores y un mejor aprovechamiento del recurso natural.

Debemos recalcar el hecho que lo que se plantea en este trabajo es la reutilización de agua pluvial como agua de servicio únicamente. Esto significa destinar el uso del recurso hacia la carga de las mochilas de sanitarios, riego, baldeo, lavado vehicular, etc. Esto es debido a que la reglamentación vigente no permite que se mezcle el agua de red provista por la empresa de agua autorizadas con agua proveniente de otros orígenes. 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.

4. Referencias

- [1] Ley 12257 Código de Aguas - Régimen de Protección; Conservación y Manejo del Recurso Hídrico de la Provincia de Buenos Aires.
- [2] Ley 14520 Modificatoria de los artículos 10 y 11 de la ley 12257 Código de Aguas - Régimen de Protección; Conservación y Manejo del Recurso Hídrico de la Provincia de Buenos Aires.
- [3] Ley 14703 Modificatoria de los artículos 12, 13 y 166 , Incorpora Artículo 166 Bis y 166 Ter de la ley, 12257 Código de Aguas - Régimen de Protección; Conservación y Manejo del Recurso Hídrico de la Provincia de Buenos Aires
- [4] Artículos 982 y 983 de la Ley 18.284 sobre aguas – Código Alimentario Argentino -
- [5] "Análisis físico-químico del agua de lluvia en Buenos Aires y condiciones meteorológicas asociadas" – Pérez, Claudio (y otros) - Departamento de Cs. de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, UBA Argentina - 2011
- [6] "Manual Práctico de Instalaciones Sanitarias": tomo 1: agua fría y caliente / Jaime Nisnovich; con colaboración de Araceli Mugica. 5ª Ed. Buenos Aires: Nisno, 2008. 248p
- [7] "Manual Práctico de Instalaciones Sanitarias": tomo 2: cloacales y pluviales / Jaime Nisnovich; con colaboración de Miguel Nisnovich y Araceli Mugica. 7a Ed. Buenos Aires: Nisno, 2012. V.2. 248p
- [8] "Instalaciones Sanitarias Domiciliarias e Industriales", Normas. Subsecretaría de Recurso Hídricos. Empresa Obras Sanitarias de La Nación.