



**Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI**

Innovación en las facultades de ingeniería:
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



AGUA LLUVIA PARA USO NO POTABLE EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN ALTURA EN MEDELLÍN. “INCIDENCIAS TÉCNICAS, ECONÓMICAS, LEGALES Y AMBIENTALES”

Édgar Adolfo Cano Restrepo, Carlos Mauricio Bedoya Montoya

**Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Colombia**

Resumen

Esta investigación se desarrolla en el marco de una Tesis de Maestría en Construcción, dentro de la línea de investigación en Construcción Sostenible, posgrado que se ofrece a los programas de Ingenierías Civil, Eléctrica, Química, Arquitectura y Construcción. El ejercicio de investigación académica es inherente a un estudio de caso real de edificación en altura, en la ciudad de Medellín, Colombia, mediante el cual se demuestra la viabilidad técnica, económica y legal de la implementación de técnicas y tecnologías para el aprovechamiento de aguas lluvia en usos no potables, así como su aporte ambiental. La investigación se encuentra en su etapa final, y entre los avances o hallazgos alcanzados se encuentran: la contextualización de la metodología del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) para el índice pluviométrico de ciudades en el trópico; la positiva adaptación de las redes hidrosanitarias sostenibles a los reglamentos técnicos; y su buen comportamiento en cuanto a los costos y presupuestos de ejecución de las obras. Observando las dificultades crecientes para el abastecimiento de agua potable, y conociendo las características del aire atmosférico de Medellín y sus incidencias en la composición del agua lluvia, se ve factible la implementación de redes de acueducto en edificaciones en altura que aprovechen este recurso para usos no potables.

Palabras clave: agua lluvia; construcción sostenible; avances en ingeniería

Abstract

This research is conducted within the framework of a master's thesis in construction, within the research on sustainable construction, which offers graduate programs Civil Engineering, Electrical, Chemical, Architecture and Construction. The exercise of academic research is inherent in a real case study of building height in the city of Medellin, Colombia, through which the technical, economic and legal feasibility of the implementation of techniques and technologies for water use is demonstrated rain in non-potable uses and its environmental contribution. The investigation is in its final stage, and between progress or findings achieved are: the contextualization of the methodology of the Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences (CEPIS) for rainfall amounts in cities in the tropics; positive adaptation of sustainable plumbing networks to technical regulations; and his good behavior in terms of costs and budgets execution of the works. Noting the increasing difficulties in the supply of drinking water and knowing the characteristics of atmospheric air of Medellin and its effects on the composition of rainwater, the implementation of water supply networks is feasible in high-rise buildings that take advantage of this resource for uses not drinking

Keywords: rain water; sustainable construction; advances in engineering

1. Introducción

La mayor cantidad de agua consumida en una edificación residencial, comercial o educativa no se invierte en usos que demanden su potabilización, por ejemplo, entre actividades como lavado de ropa, vaciado de aparatos sanitarios y limpieza del inmueble se consume más del 50 % (Cano, E.; 2010). A lo anterior se suma que ciudades como Medellín deben importar más del 80 % de este líquido de regiones vecinas, aunque paradójicamente presenten índices de lluvia con promedios anuales mayores a 1 600 mm/año, lo que permite analizar posibilidades distintas a la dependencia en un 100 % de la distribución mediante acueducto tradicional. Es por eso que en aras de evitar futuras tensiones hídricas, se analizan diversas opciones para el abastecimiento de agua en el interior de las edificaciones que no sólo contribuyan a la disminución de los egresos por facturación, sino también a un consumo más reflexivo por parte de una población cada vez más creciente según datos oficiales del Departamento Nacional Administrativo de Estadística (DANE; 2015).

Normalmente, en el sector de la construcción y la ingeniería, en el caso de las edificaciones en altura se considera más difícil implementar un sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvia, pero esta investigación, basada en proyectos reales que han implementado la captación de aguas lluvia en edificaciones residenciales y educativas, muestra que es factible contemplar desde el diseño arquitectónico, un sistema combinado de agua potable de acueducto convencional y aguas lluvia para uso no potable.

2. Materiales y métodos

Para la investigación se tomó como referencia un edificio del Plan Naranjal ubicado en la carrera 65 con 44ª, con ocho torres de 30 apartamentos y quince pisos de altura, en estrato 5; sus fachadas son en ladrillo catalán de 10x12x30 cm, con un área posible de captación en sus dos fachadas y sus terrazas de 2 000 m². El análisis se realizó estudiando 18 años de precipitaciones diarias en la zona sur occidental de Medellín, con datos obtenidos del IDEAM para la estación pluviométrica del aeropuerto Olaya Herrera. Con los datos obtenidos se hizo el promedio, teniendo en cuenta los fenómenos climatológicos que alteran los comportamientos de la precipitación, conocidos como "el niño y la niña".

De acuerdo a la norma para el caso de estudio de uso no potable, sólo se cuantificará para sanitarios, riego de jardines, aseo de vivienda y lavado de carros, en caso de que así lo permita el proyecto de acuerdo al diseño planteado de zonas de uso común (tabla 1).

TIPO DE EDIFICACION	VIVIENDA	PORCENTAJE	NTC 1500	%
LAVADO ROPA		19,9		
SANITARIO		27,2		27,2
DUCHA		20,9		
LAVAPLATOS		15,5		
ASEO VIVIENDA		4,9		4,9
CONSUMO PROPIO		3,9		
LAVADO MANOS		3,7		
LAVADO AUTOS		1,5		1,5
RIEGO JARDINES		1,9		1,9
RIEGO PLANTA		0,6		0,6
TOTAL		100		36,1

Tabla 1.

La población proyectada es de 120 habitantes con una dotación de 34 litros/diarios de consumo de agua por persona; su consumo para uso no potable sería de 8,19 m³/día y 245 m³/mes, teniendo en cuenta sanitarios, aseo de vivienda y riegos. La técnica empleada será la del CEPIS, la cual parte de la diferencia entre la oferta acumulada y la demanda acumulada. El volumen de almacenamiento (VA), es definido como la suma de la oferta de agua acumulada al año menos 1 (OA) y se divide por los 365 días del año (DA), este valor se multiplica por el número de días del mes.

$$VA = (((OA - 1) / DAM) * 30) * ef.; \text{ ecuación (1)}$$

VA = volumen de almacenamiento (m³);
 OA = (oferta de agua acumulada del año -1) (m³);
 DA = Días del año (m³).

El análisis físico-químico realizado al agua lluvia del sector se hizo teniendo en cuenta la NTC-ISO 5667-3 (Norma Técnica Colombiana). Estas muestras fueron analizadas por el laboratorio *Analtec* de la ciudad de Medellín, bajo los siguientes parámetros: a) pH, b) temperatura, c) Dureza total, d) Carbonatos, e) Alcalinidad Total, f) Bicarbonatos, g) Cloruros (figura 1); de estos resultados se obtienen los criterios para determinar si el agua es de buena calidad para utilizar en sanitarios, lavado de pisos y riegos.

4. Resultados

Para el estrato 5 –sector de estudio–, con un tanque de 247 m³, la inversión de \$72 371 500 tardaría 8 años en recuperarse. Los parámetros el ministerio de vivienda y medio ambiente, en la resolución 549/2015, plantean 5 años o menos para que sea viable, lo que no aplicaría económicamente para todos los estratos de vivienda en altura. Pero al analizar un tanque con el 50 % de lo que pide el CEPIS para viabilizar económicamente (tabla 2), se observa que sería viable para estratos 4, 5 y 6 de acuerdo a las tarifas de 2015 para la ciudad de Medellín.

CUADRO DE VALOR DEL AGUA RECOLECTADA POR ESTRATO					tanque de 125 m3	
valor agua potable		MEDELLIN	2016		INVERSION \$381,000/m3	
AGUA LLUVIA		2.221	valor desagues	TOTAL	\$ 47.625.000	
ESTRATO	VALOR M3	VALOR \$			retorno inversión años	
ESTRATO 1	504,36	1.120.306	762,64	1.694.008	2.814.313	17
ESTRATO 2	756,39	1.680.125	1143,66	2.540.345	4.220.470	11
ESTRATO 3	1103,07	2.450.185	1667,33	3.703.543	6.153.728	8
ESTRATO 4	1260,65	2.800.208	1906,1	4.233.909	7.034.117	7
ESTRATO 5	1890,97	4.200.302	2859,1	6.350.752	10.551.054	5
ESTRATO 6	2017,04	4.480.334	3049,06	6.772.699	11.253.033	4
COMERCIAL	1890,97	4.200.302	2859,1	6.350.752	10.551.054	5
INDUSTRIAL	1638,84	3.640.260	2477,93	5.504.082	9.144.342	5
OFICIAL	1260,65	2.800.208	1906,1	4.233.909	7.034.117	7

Tabla 2. Viabilidad con tanque del 50 % del CEPIS.

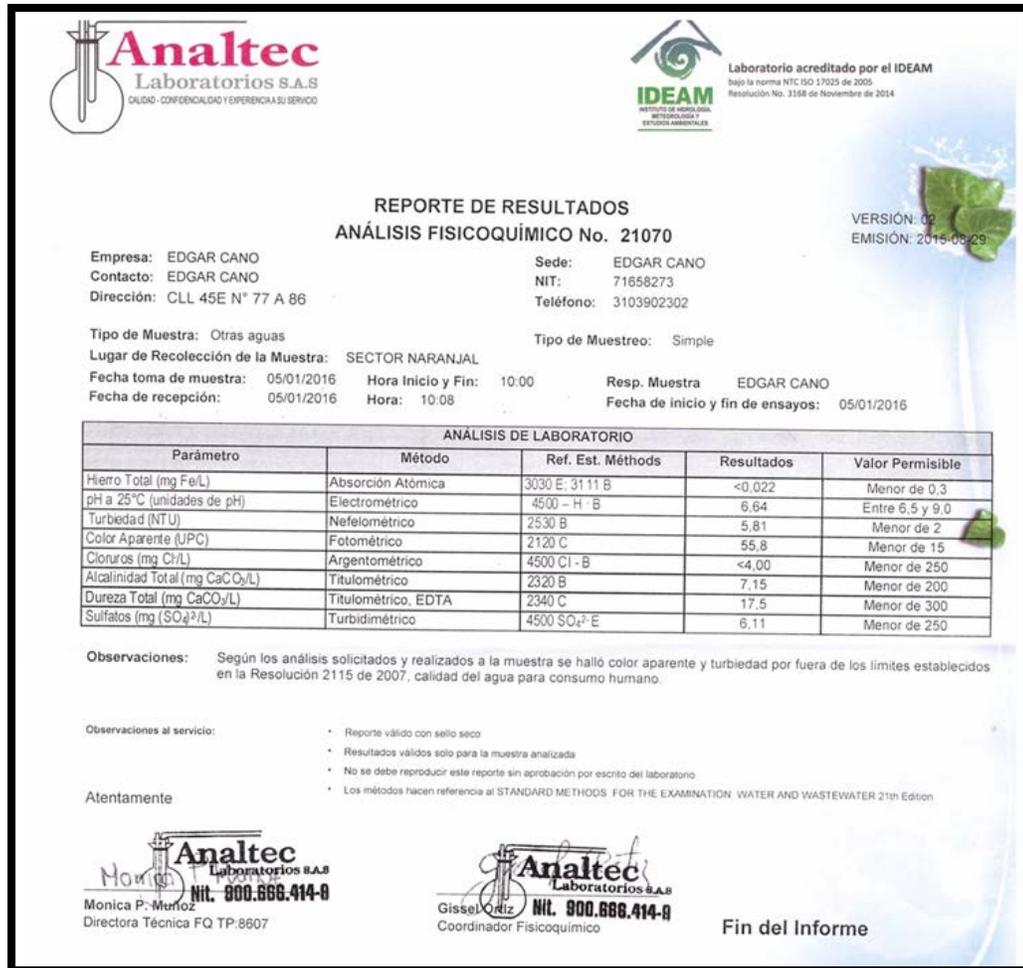


Figura 1. Resultados del análisis físico-químico del agua lluvia.

Verificando el comportamiento del tanque de 125 m³ para cada mes, se determina cuánta agua necesita inyectarse del acueducto municipal y el agua que vierte al alcantarillado como caudal ecológico.

La diferencia del tanque del 50 % con el tanque con metodología del CEPIS, indica sólo 99 m³ de diferencia del agua a sacar del sistema entre los tanques, con un valor de \$424 255 al año. La diferencia de \$35 746 000 en los tanques, hace que el mayor volumen del tanque con metodología CEPIS se tarde 84 años para pagar la diferencia con el valor del agua actual. La calidad del agua dio como resultado que es apta para consumo humano, por lo que puede utilizarse sin tratamiento especial para uso no potable.

En la parte técnica de acuerdo a la normatividad, se hace necesaria la utilización de tuberías paralelas a las utilizadas en agua de uso potable; el costo de esta red aumenta el costo del proyecto en un 5 % del valor normal, el cual se incluye en los costos e inversión.

5. Conclusiones

Existe suficiente y completa normatividad legal y ambiental para el uso de agua lluvia en edificaciones.

El volumen del tanque con metodología CEPIS para garantizar continuidad y eficiencia en el servicio, no hace viable económicamente el uso de agua lluvia para uso no potable en vivienda en altura de ningún estrato socio económico de la ciudad de Medellín, por lo tanto, para que pueda ser viable económicamente para estratos 4, 5 y 6 el tanque debe ser del 50 % del planteado por el CEPIS.

Los estratos 1, 2 y 3 que según el DANE son la mayoría de la población colombiana, requieren subsidio económico y capacitación del estado para implementar los tanques de almacenamiento de agua lluvia para su uso no potable.

6. Referencias bibliográficas

- Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. (2006). Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan. October, pp. 291-300.
- Cano, E. (2010). En: Documento técnico para la formulación de una política pública de construcción sostenible en el valle de Aburrá. AMVA, Medellín, 182 p.
- CEPIS. (2004). Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. Guía de diseño para captación del agua de lluvia.
- Cheng, C. and Liao, M. (2009). Regional rainfall level zoning for rainwater harvesting systems in northern Taiwan. Resources, Conservation and Recycling 53, 8, pp. 421-428.
- Congreso de la República de Colombia (Ley 373 de 1997 programa de uso eficiente y ahorro del agua).
- Evans, C.A., Coombes, P.J., and Dunstan, R.H. (2006). Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. Water research 40, 1, pp. 37-44.
- Ghisi, E., Bressan, D., and Martini, M. (2007). Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. Building and Environment. 42, 4 pp. 1654-1666.

Sobre los autores

- **Édgar Adolfo Cano Restrepo:** Arquitecto Constructor; Especialista en Interventoría; Candidato a Magíster. Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. eacanores@dunal.edu.co
- **Carlos Mauricio Bedoya Montoya:** Arquitecto Constructor; Magíster en Hábitat; Candidato a Doctor en Proyectos. Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. cmbedoya@dunal.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)