

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN UNA PLANTA DE  
PRODUCCIÓN DE LUBRICANTES EN LA CIUDAD DE  
BOGOTÁ D.C.**



**NATALIA RAMÍREZ DELGADO  
INGENIERA AMBIENTAL**

**ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE  
LOS RECURSOS NATURALES**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**BOGOTÁ D.C.**

**2016**

# **ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LUBRICANTES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

## **FEASIBILITY ANALYSIS FOR THE IMPLEMENTATION OF A RAINWATER USE SYSTEM IN A LUBRICANTS PRODUCTION FACILITY IN THE CITY OF BOGOTÁ D.C.**

Natalia, Ramírez Delgado

Ingeniera Ambiental, Profesional de Medio Ambiente, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, nati\_8913@hotmail.com

### **RESUMEN**

El mundo actual presenta retos que exigen la implementación de estrategias que permitan mejorar la gestión de los recursos hídricos, ante lo cual un sistema de aprovechamiento de agua lluvia se muestra como una excelente oportunidad. De esta forma, con el fin conocer la viabilidad para la puesta en marcha de un proyecto de aprovechamiento de agua lluvia, para la Planta Puente Aranda, ubicada en Bogotá D.C., se realizó inicialmente la determinación de la demanda de agua para uso sanitario al interior de las instalaciones, teniendo en cuenta el número de trabajadores y la dotación de consumo para uso industrial establecida en el RAS. Posteriormente, conociendo los datos de precipitación de la zona para el periodo comprendido entre 1987 y 2005 y el área de las cubiertas de la Planta que permitirán la captación del recurso, se estimó el volumen mensual susceptible de aprovechamiento, logrando así concluir que este es suficiente para satisfacer la demanda que se encuentra sobre los 2.400 L/jornada. Sin embargo, considerando que la capacidad de tratamiento del sistema es de 2.000L/jornada, se pudo determinar que el aprovechamiento de agua lluvia supliría el 83% de la demanda diaria y que el 17% restante tendría que seguir siendo tomando de la red de acueducto de la ciudad. Seguidamente, se realizó la estimación del ahorro que se puede generar con la implementación del sistema, encontrando un valor anual de COP\$1.721.833. Finalmente, se formuló un presupuesto inicial para la adquisición del sistema de tratamiento, por un monto estimado de COP\$16.239.768.

**Palabras clave:** Aprovechamiento Agua Lluvia, Análisis de Factibilidad, Sistema de Aprovechamiento.

### **ABSTRACT**

Nowadays world presents challenges that demand the implementation of strategies that allows us to improve the management of water resources, finding in a rainwater harvesting system an excellent opportunity. Thus, in order to establish the viability for the execution of a project that permits to make use of rainwater, at the Puente Aranda Plant, located in the city of Bogotá D.C., it was initially necessary to determine the demand of water for sanitary purposes inside the

facilities, taking into account the number of workers and the consumption endowment for industrial use that is established in the RAS code. Subsequently, having the precipitation data of the study zone for the period between 1987 and 2005 and the area of the Plant that will allow the capture of rainwater, it was estimated the volume of water susceptible of use, consequently concluding that it is enough to satisfy the daily demand of 2.400L/day. However, taking into account that the system treatment capacity is 2.000L/day, it was possible to determine that the use of rainwater would supply 83% of daily demand and that the remaining 17% must continue being taken from the local aqueduct. Later, it was required to estimate the savings that would be generated by the implementation of the system, finding a value of COP\$1.721.833 per year. Finally, an initial budget for the acquisition of the treatment system was formulated, for an estimated amount of COP\$16.239.768.

**Key words:** Rainwater Use, Feasibility Analysis, Use System.

## INTRODUCCIÓN

Así como el aire, el agua sostiene la vida humana, animal, vegetal, proporciona servicios vitales para la salud, los medios de subsistencia, el bienestar y contribuye a la sostenibilidad de los ecosistemas [1], razón por la cual se hace necesario velar por su preservación y generar e implementar estrategias que permitan una adecuada gestión.

No obstante, durante las últimas décadas el cambio climático ha exacerbado varias de las amenazas a la disponibilidad de agua y ha aumentado la frecuencia, intensidad y severidad de los fenómenos meteorológicos extremos [1], viéndose esto reflejado bien sea en oferta excesiva o deficiente del recurso hídrico.

En la actualidad, se estima que unos 663 millones de personas carecen de acceso inmediato a fuentes mejoradas de agua potable, mientras que el número de personas sin un acceso confiable a un agua de calidad lo suficientemente buena como para que resulte segura para el consumo humano asciende por lo menos a 1.800 millones [2].

El escenario de referencia de Perspectivas Ambientales Mundiales de la OCDE [3], prevé que las tensiones en la disponibilidad de agua dulce aumentarán hacia el año 2050 y se espera que un mayor número de personas, alrededor de 2.100 millones de más, es decir el 40% de la población mundial, viva en zonas con estrés hídrico severo, especialmente en el norte y sur de África y en el sur y centro de Asia.

Para entender un poco mejor la problemática, se puede señalar que un área o país está bajo estrés hídrico regular cuando los suministros hídricos renovables caen por debajo de 1.700 m<sup>3</sup> per cápita al año, sufren de escasez de agua crónica cuando el suministro cae por debajo de 1.000 m<sup>3</sup> per cápita al año, y de escasez absoluta cuando este se encuentra por debajo de 500 m<sup>3</sup> per cápita al año [1].

En Colombia, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico [4] establece que en condiciones de año seco la disponibilidad de agua es de 26.700 m<sup>3</sup> por persona al año, lo que deja en evidencia que aún en condiciones de fenómenos climáticos adversos, hay una buena oferta hídrica.

Sin embargo, la oferta natural no se distribuye en el país de forma homogénea entre regiones, por lo cual se presentan algunas zonas con mucha abundancia mientras que en otras es muy escasa, esto debido a la alta variabilidad espacial y temporal [4], así como una inadecuada gestión del recurso.

Por lo anterior, se hace necesario destacar que la distribución heterogénea de la disponibilidad de agua, de la población y de las actividades económicas en las diferentes regiones del país, hacen que la relación oferta – demanda sea menos favorable en aquellas zonas donde los rendimientos hídricos son bajos y mayores las concentraciones requeridas.

Un ejemplo de esto se presenta en la Sabana de Bogotá, la cual según lo señalado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, se destaca hidrográficamente por tener una baja oferta hídrica entre 400 y 700 mm al año aunado a que se presenta como una de las de mayor presión en el país debido a la alta densidad demográfica [4].

En términos generales, se estima que el 29% de la demanda de agua está destinada para uso doméstico, encontrando que cerca del 80% de las cabeceras municipales se abastece de fuentes muy pequeñas presentando un riesgo para la disponibilidad del recurso, debido a las bajas condiciones de regulación y la alta vulnerabilidad [4]. De esta forma, ante un eventual déficit de agua se pueden generar problemas de disponibilidad, desabastecimiento y racionamiento de agua con sus consecuentes efectos nocivos sobre la calidad de vida de la población y sus actividades económicas.

Dentro de la gestión integral del recurso hídrico y teniendo en cuenta que en la actualidad la competencia por el agua dulce aumenta y que el cambio climático afecta su disponibilidad, tanto en cantidad, como en calidad, se hace cada vez más necesario que los gobiernos, la sociedad y la empresa privada desarrollen, adopten e implementen estrategias alternativas con soluciones innovadoras que permitan garantizar su disponibilidad.

Así, ante una posible eventualidad de desabastecimiento y con el fin de minimizar la demanda actual de agua potable, apta para consumo, bajo la política de la responsabilidad social y ambiental de la Compañía, se presenta el desafío para la Planta de lubricantes ubicada en Bogotá D.C., de implementar estrategias que permitan hacer una mejor gestión del recurso hídrico, velando por asegurar la disponibilidad del mismo para las actividades de tipo sanitario al interior de sus instalaciones, identificando en el agua lluvia una oportunidad al ser un recurso accesible, abundante y casi puro [5].

El aprovechamiento de agua lluvia se presenta como una iniciativa interesante para enfrentar los desafíos del mundo actual en lo referente al acceso al recurso hídrico. De esta forma, con el fin de lograr un ahorro de agua potable que puede ser destinada para consumo humano o preparación de alimentos, así como generar un beneficio de tipo económico para la Compañía y un reconocimiento por su compromiso con el ambiente y la sociedad, la implementación de un proyecto de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución de aguas lluvias para actividades sanitarias, representa una contribución para el mejoramiento de la gestión del recurso.

Para lograr analizar la factibilidad de implementar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias en la Planta de lubricantes, se estableció inicialmente el promedio de la demanda de agua para uso sanitario en las instalaciones de la Compañía, posteriormente se estimó la oferta de agua lluvia para captar en el área donde se encuentra ubicada la Planta y finalmente se hizo el levantamiento del presupuesto aproximado requerido para la adquisición del sistema de tratamiento.

## **1 MATERIALES Y MÉTODOS**

El proyecto de investigación fue desarrollado entre los meses de julio y noviembre del 2016, en la Planta de Producción de Lubricantes que se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá D.C., en la localidad de Puente Aranda. La metodología propuesta involucró la ejecución de cuatro actividades, que se relacionan a continuación:

### **1.1 DEMANDA DE AGUA PARA USO SANITARIO**

Teniendo en cuenta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, Título B publicado por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, se estableció que la dotación de consumo de agua para el personal de una industria es de 30L/trabajador/jornada [6]. Posteriormente, se realizó la consulta y promedio de la población fija de la Planta Puente Aranda para el último año, noviembre 2015 a octubre 2016, que se encuentra sobre los 80 trabajadores/mes, con el fin de hacer un estimado de la demanda mensual de agua para uso sanitario.

### **1.2 VOLUMEN DE PRECIPITACIÓN PARA APROVECHAMIENTO**

Con el fin de conocer la precipitación mensual promedio de la zona de estudio, se consultó el documento Plan de Manejo Ambiental para la Operación de la Planta Petrobras Puente Aranda, que en el capítulo 3 presenta la distribución mensual media de precipitación con datos obtenidos del IDEAM para la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional en el período comprendido entre los años 1987 y 2005.

De esta forma, considerando que un mm de precipitación equivale al volumen en litros que se concentra en un metro cuadrado [7] y conociendo que el área de las cubiertas de la Planta Puente Aranda de donde se tomará el agua lluvia es de aproximadamente 6.000m<sup>2</sup>, se realizó el cálculo de la precipitación media mensual para la zona de estudio en litros y metros cúbicos, permitiendo así establecer el volumen medio mensual precipitado, susceptible de aprovechamiento en el sitio de interés.

### 1.3 PORCENTAJE DE LA OFERTA QUE SATISFACE LA DEMANDA

Al conocer el volumen de agua asociado a precipitación que puede ser aprovechado mensualmente y la demanda para actividades de uso sanitario, se realizó la relación entre las dos variables para finalmente establecer el porcentaje que puede ser suplido de forma mensual por el sistema de aprovechamiento y tratamiento de agua lluvia y que, por ende, dejaría de ser comprado a la red de acueducto de la ciudad, considerando también la capacidad de tratamiento del sistema por día. Adicionalmente, conociendo el promedio del costo mensual de la factura de acueducto, desde el año 2014 al 2016, se llevó a cabo una estimación del ahorro anual que se generaría en caso de implementar el proyecto.

### 1.4 PRESUPUESTO PARA LA ADQUISICIÓN DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO

Con el fin de determinar un valor estimado para la adquisición del sistema de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución de aguas lluvias para la Planta Puente Aranda, se realizó la cotización con empresas especializadas en el suministro de este tipo de sistemas y se llevó a cabo la consolidación de un presupuesto global.

## 2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente se llevó a cabo la determinación de la demanda mensual para actividades de tipo sanitario en litros, L, considerando la dotación de 30L/trabajador/jornada [6], y la población fija de planta que se encuentra en un promedio de 80 trabajadores/mes, tal como se presenta a continuación:

$$\text{Demanda agua uso sanitario (L)} = 30 \frac{L}{\text{trabajador} * \text{jornada}} \times 80 \text{ trabajadores} \quad (1)$$

$$\text{Demanda agua uso sanitario (L)} = 2400 \frac{L}{\text{jornada}}$$

De esta forma, teniendo en cuenta que la jornada laboral de la Compañía se desarrolla de lunes a viernes, se estimó un promedio de 20 días laborados al mes, con el fin de lograr establecer la demanda mensual de agua, así:

$$\text{Demanda mensual agua uso sanitario (L)} = 2400 \frac{L}{\text{jornada}} \times 20 \text{ días} \quad (2)$$

$$\text{Demanda mensual agua uso sanitario (L)} = 48.000 \frac{L}{\text{mes}}$$

Una vez se obtuvo el dato de consumo mensual de agua para uso sanitario en unidades de litros, L, por mes, se realizó la conversión a metros cúbicos, m<sup>3</sup>:

$$\text{Demanda mensual agua uso sanitario (m}^3\text{)} = \frac{48.000 L}{\text{mes}} \times \frac{1 m^3}{1.000L}$$

$$\text{Demanda mensual agua uso sanitario (m}^3\text{)} = 48 \frac{m^3}{\text{mes}}$$

De forma paralela y gracias a los datos de precipitación para el periodo comprendido entre el año 1987 y 2005 que fueron consultados en el Plan de Manejo Ambiental de la Planta de Lubricantes, se obtuvo la información de la precipitación media mensual multianual que puede ser aprovechada en las cubiertas de las instalaciones de la Planta, conociendo así el volumen de agua aportada por precipitación tal como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. Cálculo de precipitación media mensual multianual Planta Puente Aranda (m<sup>3</sup>)

Mes/Variable	P (mm) Media Mensual (1987 - 2005) = L/m <sup>2</sup> [8]	Precipitación Media Mensual Multianual (L/6.000 m <sup>2</sup> ) Planta Puente Aranda (1987 - 2005)	Precipitación Media Mensual Multianual (m <sup>3</sup> /6.000 m <sup>2</sup> ) Planta Puente Aranda (1987 - 2005)
Enero	57,8	346.800	347
Febrero	66	396.000	396
Marzo	93,4	560.400	560
Abril	88,4	530.400	530
Mayo	106,7	640.200	640
Junio	46,2	277.200	277
Julio	44,3	265.800	266
Agosto	38	228.000	228
Septiembre	76,3	457.800	458
Octubre	106,1	636.600	637
Noviembre	124,7	748.200	748
Diciembre	77,8	466.800	467

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Una vez se establece el consumo mensual promedio destinado para actividades de uso sanitario al interior de las instalaciones de la Planta Puente Aranda, se puede conocer el porcentaje de la oferta (agua lluvia) que está disponible para satisfacer la demanda, tabla 2.

Tabla 2. Relación oferta-demanda %

Mes	Consumo Promedio Mensual para Uso Sanitario (m <sup>3</sup> )	Precipitación Media Mensual Multianual (m <sup>3</sup> /6.000 m <sup>2</sup> ) Planta Puente Aranda (1987 - 2005)	% Oferta que satisface la demanda
Enero	48	347	723
Febrero	48	396	825
Marzo	48	560	1168
Abril	48	530	1105
Mayo	48	640	1334
Junio	48	277	578
Julio	48	266	554
Agosto	48	228	475
Septiembre	48	458	954
Octubre	48	637	1326
Noviembre	48	748	1559
Diciembre	48	467	973
Total	576	5554	-

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Con el resultado obtenido, se evidencia que mensualmente, el volumen de agua lluvia disponible para captación, tratamiento y aprovechamiento, satisface ampliamente la demanda para consumo en actividades sanitarias de la Planta Puente Aranda, con porcentajes que oscilan entre 475 y 1559%.

El sistema de tratamiento propuesto se encuentra conformado por una unidad de cribado, una bomba de alimentación, un tanque para almacenamiento de agua cruda, un filtro ascendente en arena que permite la clarificación, un filtro descendente en carbón activado para el proceso de adsorción, un dosificador hidráulico de cloro para lograr la desinfección, un tanque de almacenamiento de agua tratada y una bomba de distribución [9].

De esta forma, al conocer la amplia disponibilidad de agua lluvia para aprovechamiento y la demanda del recurso para uso sanitario, fue necesario considerar la capacidad del sistema de tratamiento, ya descrito, la cual se encuentra alrededor de 2000 L/jornada, estimando una duración de operación por jornada de entre 10-16 horas/día.

Entonces, se puede deducir que el sistema tendría la posibilidad de aportar el 83% del agua para uso sanitario al día, mientras que el 17% restante tendría que seguir siendo tomada de la red de acueducto de la ciudad, debido a que la demanda diaria promedio de agua para uso sanitario se encuentra sobre los 2.400 L/jornada.

Una vez se estableció la viabilidad del proyecto por la disponibilidad de agua lluvia para satisfacer las necesidades de consumo sanitario en las instalaciones de la



Planta Puente Aranda, fue necesario determinar el ahorro mensual por el agua que se dejaría de comprar a la red de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá D.C., obteniendo un ahorro anual aproximado de COP\$1.721.833, tal como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3. Ahorro Anual

Ahorro Anual de Agua						
Mes	Consumo m <sup>3</sup> Factura (Promedio 2014 - 2016)	Costo Mensual Factura (Promedio 2014 - 2016)	Costo Unitario m <sup>3</sup> Factura (Promedio 2014 - 2016)	Cantidad de Agua Lluvia Tratada por mes - m <sup>3</sup>	Ahorro Mensual	Ahorro Anual
Enero	252	\$ 992.832	\$ 3.935	40	\$ 157.384	\$ 1.721.883
Febrero	347	\$ 1.221.835	\$ 3.525	40	\$ 140.981	
Marzo	244	\$ 876.385	\$ 3.587	40	\$ 143.474	
Abril	207	\$ 752.484	\$ 3.641	40	\$ 145.642	
Mayo	234	\$ 848.389	\$ 3.626	40	\$ 145.024	
Junio	225	\$ 821.324	\$ 3.650	40	\$ 146.013	
Julio	216	\$ 767.501	\$ 3.548	40	\$ 141.911	
Agosto	201	\$ 697.638	\$ 3.465	40	\$ 138.604	
Septiembre	206	\$ 711.914	\$ 3.461	40	\$ 138.460	
Octubre	326	\$ 1.111.245	\$ 3.405	40	\$ 136.210	
Noviembre	180	\$ 646.341	\$ 3.601	40	\$ 144.031	
Diciembre	221	\$ 794.627	\$ 3.604	40	\$ 144.150	

Fuente: Elaboración propia, 2016.

De igual forma, con la finalidad de conocer el presupuesto estimado para la adquisición del sistema de tratamiento de aguas lluvias, se realizó la cotización con empresas especializadas, logrando consolidar un costo aproximado de COP\$16.239.768, el cual se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Presupuesto para la adquisición del sistema de aprovechamiento

Ítem	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
Planta de Tratamiento de Agua Lluvia	1	UN	\$ 5.500.000	\$ 5.500.000
Bomba de Alimentación	1	UN	\$ 1.747.500	\$ 1.747.500
Bomba de Distribución	1	UN	\$ 1.747.500	\$ 1.747.500
Sistema de cribado - desarenador	1	UN	\$ 1.125.000	\$ 1.125.000
Tanque de almacenamiento agua cruda (5000 L) <sup>1</sup>	1	UN	\$ 2.599.900	\$ 2.599.900
Tanque de almacenamiento agua tratada (2000 L) <sup>2</sup>	1	UN	\$ 529.900	\$ 529.900
Operación Planta de Tratamiento Agua Lluvia <sup>3</sup>	1	UN	\$ 500.000	\$ 500.000
Mantenimiento <sup>4</sup>	1	UN	\$ 250.000	\$ 250.000
Sub Total				\$ 13.999.800
IVA (16%)				\$ 2.239.968
<b>Total</b>				<b>\$ 16.239.768</b>
<p>1. El tanque para almacenamiento de agua cruda debe ser de aproximadamente 3 veces el volumen del consumo diario, por esta razón se considera un tanque con capacidad de 5.000L.</p> <p>2. El tanque para almacenamiento de agua tratada debe ser igual al volumen consumido por día, para este caso se consideran 2000L, teniendo en cuenta que esta es la capacidad máxima de tratamiento del sistema.</p> <p>3. Este valor debe ser considerado de forma anual, en el presupuesto se incluye el valor unitario para el primer año de operación del sistema.</p> <p>4. Este valor debe ser considerado de forma anual, en el presupuesto se incluye el valor unitario para el primer año de operación del sistema.</p> <p>El presupuesto no incluye las obras civiles y eléctricas, debido a que éstas cantidades deben ser determinadas por el área de Ingeniería y Mantenimiento de la Compañía.</p>				

Fuente: Elaboración propia, 2016.

En términos generales se pudo evidenciar que en lo referente a la disponibilidad de agua lluvia para captación, relacionada con la demanda, la implementación del proyecto es viable, teniendo en cuenta que el sistema aportará el 83% del volumen de agua diario consumido para actividades de tipo sanitario al interior de la Planta, lo que representará un ahorro anual de COP\$1.721.833. Sin embargo, cabe anotar que esta condición, se mantendrá siempre y cuando las condiciones climáticas de precipitación lo permitan.

Considerando lo anterior, será necesario tener en cuenta que la distribución del agua lluvia tratada, deberá ser realizada a través de la misma red de distribución interna que conduce el agua desde del acueducto, toda vez que hacer adecuaciones independientes para las dos redes en las instalaciones actuales de la Planta Puntea Aranda, puede dificultar la implementación del sistema y considerando también, que se debe asegurar una disponibilidad del recurso sin que se presenten intermitencias.

Por otra parte, desde la perspectiva económica, se consiguió establecer que, para la puesta en marcha del proyecto, la empresa tendrá que realizar una inversión

económica considerable, a la que se deben sumar posteriormente los respectivos gastos de adecuaciones hidráulicas, eléctricas y de cubiertas para la conducción de agua. Este valor final, deberá ser evaluado con respecto al ahorro que representa la implementación del sistema de aprovechamiento y el retorno de la inversión, para que el cuerpo gerencial de la Compañía pueda tomar la respectiva decisión.

Es importante mencionar, que debido a que la Compañía se encuentra en un momento de austeridad económica, se presenta el riesgo de que el proyecto no sea aceptado. Sin embargo, también cabe destacar, que más allá de la inversión económica, la implementación del sistema de aprovechamiento debe ser tomada como una acción de responsabilidad socioambiental que en el mediano plazo puede generar reconocimientos para la organización, al contar con buenas prácticas para lograr un desarrollo sostenible.

### **3 CONCLUSIONES**

La precipitación promedio del área de estudio, permite la implementación de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, toda vez que logra satisfacer la demanda del recurso para uso sanitario al interior de las instalaciones de la Planta. Sin embargo, considerando que la capacidad del sistema de tratamiento es de 2.000 L/jornada, el mismo logrará aportar el 83% del consumo diario, por lo que el 17% restante, deberá seguir siendo suministrado por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

Cabe anotar, que la operación del sistema, estará estrechamente relacionada con las condiciones de precipitación de la zona de interés, teniendo en cuenta que en la ciudad de Bogotá D.C. se presenta un régimen climático bimodal con dos periodos secos y dos periodos de lluvia, estos últimos entre los meses de marzo a mayo y septiembre a noviembre [8]. Sin embargo, fenómenos atípicos como el de El Niño, presentado hacia finales del año 2015 y comienzos del 2016, podrían comprometer el funcionamiento del sistema ante la escasez de agua lluvia.

De esta forma, la adecuación del sistema deberá considerar la distribución del agua lluvia tratada a través de las redes internas que conducen el agua del acueducto de la ciudad, con el fin de garantizar un suministro sin ningún tipo de intermitencia. Lo anterior, se encuentra relacionado también con la dificultad que podría generar la modificación de las instalaciones actuales para manejar dos redes independientes.

Por lo anterior, deberá ser evaluado de forma previa si esta condición implica algún tipo de riesgo, ante la posibilidad de que algún funcionario de la Planta pueda ingerir el agua lluvia tratada; o si por el contrario esta situación puede ser eliminada por la forma en que se encuentran constituidas las redes de distribución de agua potable al interior de las instalaciones, de manera que permitan que el agua tratada llegue exclusivamente a baños para ser usada en descargas de sanitarios, lavamanos y actividades de aseo general.

Es válido anotar, que como se puede observar, la implementación de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, se presenta como una oportunidad para disminuir la demanda de agua potable, apta para consumo humano, de la red de acueducto local; contribuyendo así a una gestión responsable del recurso hídrico, en el marco del compromiso socioambiental de la Compañía.

Sin embargo, también se puede evidenciar que la implementación de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, requiere una inversión económica considerable, que en comparación con el ahorro que representa anualmente para la Compañía, puede generar el riesgo de no aceptación del proyecto por parte del cuerpo gerencial.

Así, es importante al momento de la presentación del proyecto, poner en consideración los múltiples beneficios y el posible reconocimiento que puede generar para la empresa la implementación de un sistema de captación, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua lluvia, haciendo énfasis en la viabilidad del mismo por las condiciones de precipitación del área de estudio. De igual forma, es importante tener en cuenta que este puede ser ampliado a futuro para otros usos, como riego de jardines y abastecimiento de la red contraincendios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo, París: UNESCO, 2016.
- [2] UNICEF/OMS (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia - Organización Mundial de la Salud), Progreso sobre el agua potable y saneamiento: 2015 Actualización y evaluación de los ODM, New York/Ginebra: UNICEF/OMS, 2015.
- [3] OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos), Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. Key Findings on Water, París: OCDE, 2012.
- [4] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT, Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, Bogotá D.C.: MAVDT, 2010.
- [5] Consejo de Cuenca del Valle de México - CCVM, 3. Aprovechar el Agua Pluvial. Repensar La Cuenca: La Gestión de Ciclos del Agua en el Valle de México, 2010.
- [6] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Título B. Sistemas de Acueducto, Bogotá D.C., 2010.
- [7] F. R. Quintela y R. C. R. Melchor, Litros por metro cuadrado y milímetros, Universidad de Salamanca, 2010.
- [8] Petrobras Colombia Combustibles S.A., Aquaviva Ltda., Plan de Manejo Ambiental para la Planta Petrobras Puente Aranda, Bogotá D.C., 2008.
- [9] Eduardoño S.A., «Eduardoño S.A.» [En línea]. Available:

<http://www.eduardono.com/site/LinkClick.aspx?fileticket=mahU2VD46vY%3d&tabid=1776>.  
[Último acceso: Noviembre 2016].