

VIABILIDAD FINANCIERA Y BENEFICIOS AMBIENTALES DE SISTEMAS
DE APROVECHAMIENTO DE AGUA NO CONVENCIONALES EN LA ZONA
URBANA DE PEREIRA

JUAN ESTEBAN GÓMEZ OROZCO
ESTEFANIA MOLINA LÓPEZ

MODALIDAD:

APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO DEL PROGRAMA DE FORMACIÓN

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
PEREIRA, RISARALDA

2016

VIABILIDAD FINANCIERA Y BENEFICIOS AMBIENTALES DE SISTEMAS
DE APROVECHAMIENTO DE AGUA NO CONVENCIONALES EN LA ZONA
URBANA DE PEREIRA

JUAN ESTEBAN GÓMEZ OROZCO
ESTEFANIA MOLINA LÓPEZ

DIRECTOR
JHON JAIRO ARIAS

MODALIDAD:
APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO DEL PROGRAMA DE FORMACIÓN

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
PEREIRA, RISARALDA

2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL DIRECTOR

FIRMA DEL EVALUADOR

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a Jhon Jairo Arias por ser el tutor y aportar su experiencia y habilidad para la el logro de este proyecto. A Tito Morales Pinzón por ser el asesor durante todo el trabajo. Y a nuestros padres por apoyarnos siempre en este difícil pero grato proceso.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 2 |
| 2. JUSTIFICACIÓN..... | 4 |
| 3. OBJETIVOS..... | 6 |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL | 6 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS | 6 |
| 4. MARCO TEORICO | 7 |
| 4.2. MARCO NORMATIVO | 9 |
| 5. METODOLOGÍA | 11 |
| 6. RESULTADOS | 13 |
| 6.1. IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES BENEFICIOS AMBIENTALES DE SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA NO CONVENCIONAL PARA ENTORNOS URBANOS..... | 13 |
| 6.2. INVENTARIO DE MATERIALES, INSUMOS Y COSTOS INCURRIDOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES..... | 17 |
| 6.3. EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA A TRAVÉS DE INDICADORES FINANCIEROS..... | 34 |
| 6.4. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA LLUVIA EN LA CIUDAD DE PEREIRA..... | 37 |
| 7. CONCLUSIONES..... | 39 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA..... | 41 |
| 9. ANEXOS | 44 |
| ANEXO 1..... | 44 |
| ANEXO 2..... | 45 |
| ANEXO 3..... | 46 |
| ANEXO 4..... | 47 |
| ANEXO 5..... | 48 |
| ANEXO 6..... | 49 |

| | |
|---------------|----|
| ANEXO 7..... | 50 |
| ANEXO 8..... | 51 |
| ANEXO 9..... | 52 |
| ANEXO 10..... | 53 |
| ANEXO 11..... | 54 |
| ANEXO 12..... | 57 |
| ANEXO 13..... | 60 |
| ANEXO 14..... | 63 |
| ANEXO 15..... | 66 |
| ANEXO 16..... | 70 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Revisión documental | 14 |
| Tabla 2 Potenciales beneficios identificados | 15 |
| Tabla 3 Matriz Multicriterio | 16 |
| Tabla 4. Componentes del sistema de aprovechamiento de agua lluvia..... | 19 |
| Tabla 5. Depósitos de agua..... | 20 |
| Tabla 6. Bombas eléctricas | 20 |
| Tabla 7 listado de precios de los elementos | 21 |
| Tabla 8. Tarifas servicio de energía residencial ciudad de Pereira | 22 |
| Tabla 9. Tarifas servicio de acueducto residencial ciudad de Pereira | 23 |
| Tabla 10. Tarifas servicios de alcantarillado residencial ciudad de Pereira | 23 |
| Tabla 11. Configuración de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias para vivienda urbana de Pereira..... | 24 |
| Tabla 12 configuración # 1 | 27 |
| Tabla 13 configuración # 2 | 28 |
| Tabla 14 configuración # 3 | 28 |
| Tabla 15 configuración # 4 | 29 |
| Tabla 16 configuración # 5 | 30 |
| Tabla 17 configuración # 6 | 31 |
| Tabla 18 Porcentajes de ahorro de agua | 34 |
| Tabla 19 Vida útil de los elementos del sistema..... | 34 |
| Tabla 20 Inversión inicial de las diferentes configuraciones..... | 35 |
| Tabla 21 Indicadores financieros..... | 36 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Esquema de aprovechamiento agua lluvia..... | 26 |
| Figura 2 Diseño configuraciones 1, 2, 3, 4..... | 27 |
| Figura 3 Diseño distribución configuraciones 5 y 6 | 30 |
| Figura 4 Menú de configuración | 32 |
| Figura 5 Ajustes del sistema | 32 |
| Figura 6 Patrón pluviométrico ciudad de Pereira..... | 33 |
| Figura 7 Uso de agua (m ³ /año) | 33 |

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el propósito de identificar los potenciales beneficios ambientales, derivados de la implementación de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, en entornos urbanos. Así mismo, determinar la viabilidad económica referente a la implementación de estos sistemas en la ciudad de Pereira. En el transcurso de la investigación se identificaron los potenciales beneficios mediante la búsqueda documental de experiencias e investigaciones referentes al tema en diferentes partes de Colombia y el mundo.

Se determinaron los valores de la inversión inicial relativos a la implementación de estos sistemas, además de evaluar la viabilidad de seis diferentes configuraciones por un periodo de tiempo de cincuenta años. Arrojando como resultado que la implementación de estos sistemas es viable para la ciudad de Pereira.

Palabras claves: Beneficios ambientales, sistemas de aprovechamiento agua lluvia, viabilidad económica.

ABSTRACT

This work was developed for the purpose of identifying potential environmental benefits, arising from the implementation of rainwater harvesting systems, in urban environments. Likewise the research determines the economic viability regarding the implementation of these systems in Pereira's city. In the course of research were identified the potential benefits of rainwater harvesting systems through documental search of experiences and researches related to the subject under study, in different parts of Colombia and the world.

The values of the initial investment concerning the implementation of these systems were determined in addition to assessing the viability of six different configurations for a period of fifty years. Obtaining as a result that the implementation of rainwater harvesting systems is viable for Pereira's city.

Keywords: Economic viability, rainwater harvesting systems, environmental benefits.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de aprovechamiento de agua no convencionales hacen referencia a tecnologías poco tradicionales, de poco uso por razones culturales, económicas o ambientales. Este tipo de sistemas abarcan diferentes tecnologías, como la recolección de agua lluvia, la cual es la más reconocida de este conjunto de sistemas y es el objeto de estudio del presente trabajo.

Así pues, el fin de la presente investigación es identificar los potenciales beneficios ambientales y evaluar la viabilidad financiera de los sistemas de recolección de aguas lluvias en la ciudad de Pereira, Risaralda.

Para alcanzar los objetivos se trazaron tres fases que permiten dar desarrollo a los objetivos propuestos en este estudio; la primera fase responde a la exploración de los beneficios del sistemas de recolección de agua lluvia, en conjunto de la elaboración del inventario de materiales, insumos y costos incurridos en la implementación de los mismos. La segunda fase es evaluativa, por medio de la cual se pretende establecer la viabilidad financiera del sistema; por último la fase propositiva la cual pretende establecer estrategias para la implementación de sistemas de agua lluvia en la ciudad de Pereira.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Si bien los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia en el país son conocidos por los diferentes actores que intervienen en la gestión del agua, la aplicación de estas tecnologías sólo se ha implementado en las islas de San Andrés y Providencia, en algunas zonas de la Costa Caribe¹ y en la zona Pacífica² como sistema de abastecimiento de agua potable y para usos varios (montes, 2008); en el resto del país, sólo ha sido implementado por algunas instituciones y empresas que tienen la visión y el interés de desarrollar sus actividades con responsabilidad ambiental.

Lo anterior no es una situación ajena en la ciudad de Pereira, en la cual no hay un sistema de recolección agua lluvia determinado para el desarrollo de las actividades económicas; sin embargo, algunas infraestructuras del sector público y privado cuentan ya con esta tecnología.

Por otro lado, es importante recalcar que la ciudad ha crecido en temas de infraestructura y conectividad y además cuenta con una cadena completa de

¹ Cartagena de indias

² En el departamento del Chocó y en el municipio de Buenaventura Valle del Cauca

servicios para la externalización de procesos de negocio. Adicionalmente la capital Risaraldense ha desarrollado de manera satisfactoria infraestructura pertinente para actividades turísticas; según el banco de la república la ciudad de Pereira es la octava ciudad más visitada por nacionales y extranjeros, debido a su ubicación en el centro del Eje Cafetero. En este sentido, es importante que el municipio cuente con tecnologías alternativas como el aprovechamiento de aguas lluvias.

No obstante, las bases para el desarrollo de esta tecnología no están bien instauradas, en primer lugar para el establecimiento de estas sólo se tiene en cuenta un beneficio, el ahorro de agua-ahorro económico, sin estudiar otros potenciales beneficios; y en segundo lugar la información financiera es escasa.

Colombia es una potencia hídrica en el mundo, cuenta con gran cantidad de fuentes hídricas superficiales y subterráneas, razón por la que el desarrollo de fuentes de suministro de agua potable se ha centrado en esto, rezagando el resto de tecnologías, dificultando la posibilidad de realizar un acercamiento hacia los diferentes beneficios de las tecnologías no convencionales, como el de aprovechamiento de agua, impidiendo conocer cuáles son los favores de estos sistemas, más allá de generar ahorro de agua y económico.

La información relacionada con la implementación de sistemas de captación pluvial es escasa, los conocimientos sobre el valor de la inversión, los costos y las ganancias son pocos, imposibilitando asegurar la viabilidad económica de los sistemas.

Hay que tener en cuenta que este tipo de sistemas son de múltiples tamaños según el nivel de complejidad requerido, por esta razón es necesario contar con múltiples escenarios, que aporten la información necesaria para la comparación de esta tecnología con las formas convencionales de suministro de agua.

2. JUSTIFICACIÓN

El agua es el recurso natural más valioso para la humanidad, pero al mismo tiempo, es su mayor preocupación. En la actualidad el crecimiento de la población, la urbanización de las zonas rurales, la expansión industrial y por consiguiente de la economía, han aumentado la demanda por el recurso, ejerciendo fuerte presión sobre los cuerpos hídricos superficiales y subterráneos, poniendo en riesgo la oferta mundial del preciado líquido.

La oferta del recurso no sólo está en riesgo por la sobre explotación directa de ríos, lagos y acuíferos, sino también, por la destrucción de bosques, páramos, humedales y otros ecosistemas que intervienen en la regulación hídrica, que han impactado negativamente en la disminución de causas y la desaparición de algunos de estos ecosistemas.

Así pues, es imperioso plantear y desarrollar alternativas para el aprovechamiento del agua; la recolección del agua lluvia es una buena opción, pues es una fuente permanente y segura en términos de cantidad y calidad, por estas razones es una tecnología que muchos países alrededor del mundo la están adoptando. Sin embargo, en Colombia es una alternativa relegada, la cual no tiene mucha relevancia, debido a la riqueza hídrica superficial y subterránea de la que goza el país; según el Sistema de Información Ambiental Colombiano, SIAC, la oferta hídrica promedio nacional: 2.011.655 Mm³.

La importancia de estos sistemas radica en la contribución a la planeación y/o adaptación al cambio climático del país, ejemplo claro, entre los últimos meses del año 2015 y los primeros meses del año 2016, en los cuales se vivió una de las sequías más fuertes del país – fenómeno de niño – el cual puso en riesgo la oferta hídrica de la nación, donde las empresas prestadoras del servicio de agua optaron por el racionamientos del líquido, evidenciándose en más de 124 municipios del país (Alarcón, 2016); lo cual demostró las falencias en la planeación y/o adaptación al cambio climático.

Es por lo anterior, que surge la importancia de tener claridad en cuanto cómo se van a utilizar estos sistemas y los potenciales beneficios que pueden traer al municipio; además de los beneficios, es fundamental realizar estudios que permitan conocer la viabilidad financiera de dichos sistemas, estar al tanto de esta información permitiría diseñar de manera eficiente y precisa los sistemas; en cuanto la relación costo-beneficio, esta brindaría el conocimiento requerido para la construcción adecuada de las diferentes infraestructuras en la ciudad de Pereira.

Así mismo, este tipo de estudios incentivan la adopción de esta tecnología por parte de entidades públicas y privadas, puesto que, se tendría información

sustancial sobre la eficiencia de los sistemas y su viabilidad en el tiempo, igualmente contribuiría de manera significativa a alcanzar los objetivos de sustentabilidad esbozados en los planes de adaptación del cambio climático, POT (Plan de Ordenamiento Territorial), entre otros.

Desde el perfil profesional de la Administración Ambiental el adelanto de este tipo de estudios es fundamental, pues se genera conociendo que se puede tornar como una herramienta importante para la toma de decisiones y para la planeación del territorio y en general el desarrollo sostenible de la región.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar los beneficios ambientales y la viabilidad financiera de sistemas de aprovechamiento de recursos hídricos no convencionales en Pereira.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar los potenciales beneficios ambientales de los sistemas de aprovechamiento de agua no convencional para entornos urbanos.
- Elaborar el inventario de materiales, insumos y costos incurridos en la implementación de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia.
- Evaluar la viabilidad de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia a través de indicadores financieros.
- Proponer estrategias para la implementación de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia para la ciudad de Pereira.

4. MARCO TEORICO

El agua es uno de los recursos más importantes para la supervivencia del ser humano, y ha jugado un papel importante en el desarrollo de la sociedad actual; no obstante, el excesivo crecimiento poblacional y el desarrollo industrial para cubrir las necesidades humanas han provocado un severo cambio en las condiciones climáticas del planeta y en los ecosistemas, induciendo con esto diversos cambios en los aspectos físicos de la tierra, que repercuten directamente en la disponibilidad de los recursos hídricos (Herrera, 2010)

Estos cambios motivan la búsqueda de nuevas formas de abastecimiento de agua para satisfacer las necesidades de la población, una de estas nuevas formas de abastecimiento es la captación de las aguas lluvias, definida por García, (2012) como la recolección del escurrimiento de lluvia sobre una superficie para propósitos de aprovechamiento, haciendo énfasis en el almacenamiento del agua de lluvia para su utilización posterior.

Para el abastecimiento de agua por medio de la captación del agua lluvia, es necesario la conformación de todo un sistema, que según Ballén, (2006) es el aprovechamiento del agua lluvia que cae precipitada sobre la cubierta, siendo conducida por canales o tuberías hacia un tanque de almacenamiento, para luego ser utilizada en uno o varios usos dentro de las edificaciones, si esta finalidad así lo requiere, se tienen procesos para el mejoramiento de la calidad del agua, la mayoría de estos tratamientos se realizan antes de almacenarla.

Así pues, es perceptible que el sistema de captación requiere de la intervención de varios componentes, estos componentes según García, (2012) son el área de captación, conducción, almacenamiento y otros componentes haciendo referencia al sistema de filtrado. Sin embargo otros autores como Palacio (2010) plantean sistemas con diferentes componentes, como interceptor de primeras aguas y sistema de distribución por bombeo.

Las diferencias expuestas anteriormente entre los autores en el planteamiento de los componentes del sistema, son diferencias que se relacionan con el uso del sistema, el diseño para el determinado uso y la complejidad que requiere este. En este sentido, los componentes generales del sistema son los mismos, área de captación, conducción, almacenamiento y tratamiento.

Esta nueva forma de abastecimiento trae consigo múltiples beneficios como la reducción de la sobrepresión en los cuerpos de agua superficiales, intentando

conservar este valioso recurso, al tiempo de disminuir los impactos de los contaminantes y las cargas de nutrientes en los ríos. En efecto, se piensa que esta práctica permite la restauración hidrológica de cuencas y genera beneficios ambientales, energéticos y económicos (Estupiñan & Zapata, 2010).

Sin embargo no todos los beneficios están tan claros, específicamente los beneficios económicos, es indudable que existe una relación ahorro agua-monetario, pero no se tienen en cuenta el costo de la implementación y el costo del mantenimiento comparado con los beneficios del sistema en un periodo de tiempo, en muchos casos se desconoce la viabilidad de estos sistemas, si son rentables o no (García, 2012).

En este sentido, la implementación de este tipo de tecnologías necesita un estudio de nivel financiero, que permita conocer a cabalidad la rentabilidad de estos sistemas en el tiempo, una evaluación basada en indicadores que dé como resultado cifras concretas que se puedan utilizar para comparar las diferentes tecnologías para el suministro de agua potable. No todos los indicadores financieros son aplicables a este tipo de tecnología, según Suarez, García & Mosquera (2006) entre los indicadores financieros aplicables están el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y relación benéfico- costo.

Estos indicadores evalúan diferentes aspectos de un proyecto, el primero es el valor presente neto, que se define como el valor presente de una suma de dinero, es el valor que para una empresa o una persona tienen en la actualidad, suma de dinero que se recibirá en un periodo futuro (Castañeda,1990). En otros términos según García (1999) es el valor que resulta de restar el valor presente de los futuros flujos de caja de un proyecto, el valor de la inversión inicial. Este indicador cuenta con un criterio de decisión, el cual establece que los valores arriba de cero son viables, los valores debajo de cero inviables y los valores iguales a cero no son representativos y requieren de otros indicadores para tomar la decisión.

Otro de los indicadores mencionados, es la tasa interna de retorno, que es la tasa de interés que iguala el valor presente de los rendimientos futuros de un proyecto con el valor de la inversión inicial del mismo (Castañeda, 1990), o en una definición más simple García (1999) lo enuncia como la rentabilidad que ganan los fondos que permanecen invertidos en un proyecto. Este indicador cuenta con un parámetro, llamado tasa de oportunidad el cual es definido por cada sistema económico, que dicta la tasa mínima de rentabilidad requerida para tomar la decisión de poner o no en marcha el proyecto.

El último de los indicadores nombrados es la relación beneficio-costo, el cual consiste en calcular el cociente resultante al dividir el valor actual de los ingresos esperados de un proyecto sobre el valor actual de los egresos mismos, el criterio de decisión utilizado consiste en que si la relación beneficio-costo de un proyecto es superior a uno, el proyecto se acepta. Si la relación resultante es menor a uno, es rechazado (Castañeda, 1990).

La implementación de estos tres indicadores para la evaluación de proyectos, da como resultado cifras concretas para la toma de decisiones, en el caso que todos los indicadores cumplan con los criterios establecidos el proyecto es rentable y se puede continuar con las etapas de diseño y construcción. Sí los indicadores financieros del proyecto no cumple con los criterios de evaluación, se debe buscar la manera de disminuir la inversión, o aumentar los ingresos, en el medida que tampoco funcione se debe pensar en la adopción de otras tecnologías para el suministro de agua potable (Ballén, Galarza & Ortiz, 2006).

Independientemente del resultado positivo o negativo de invertir en este tipo de tecnologías, hay que tener en cuenta que estos sistemas son un excelente complemento para las tecnologías convencionales de abastecimiento de agua, la combinación de los sistemas impactaría positivamente en la protección de las fuentes de agua pluvial y superficial, además su adopción generaría paulatinamente un cambio en el conocimiento colectivo de la comunidad sobre la protección del ambiente, asimismo es un escalón más en la meta de lograr el desarrollo sostenible.

4.2. MARCO NORMATIVO

En Colombia no existe reglamentación específica para la recolección y aprovechamiento de agua lluvia, no obstante, si se encuentra normatividad aplicable para este tipo de sistemas, normatividad enfocada en promover el avance de tecnologías, actividades y procesos innovadores con el fin de generar el desarrollo sostenible del país, además de la reglamentación relacionada con el uso y consumo de agua independientemente de la fuente de abastecimiento.

| Norma | Detalle |
|--|--|
| <p>Ley 99 del 93 Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.</p> | <p>Artículo 4º.- Sistema Nacional Ambiental, SINA. El Sistema Nacional Ambiental, SINA, es el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales contenidos en esta Ley. Estará integrado por los siguientes componentes: 6. Las entidades públicas, privadas o mixtas que realizan actividades de producción de información, investigación</p> |

| | |
|--|---|
| | científica y desarrollo tecnológico en el campo ambiental. |
| Ley 373 de 1997 Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. | Artículo 2. Contenido del programa de uso eficiente y ahorro del agua. El programa de uso eficiente y ahorro de agua, será quinquenal y deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, y contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que definan las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, las entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, las que manejen proyectos de riego y drenaje, las hidroeléctricas y demás usuarios del recurso, que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa. |
| Decreto número 1575 de 2007 Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano | Artículo 1. Objeto y campo de aplicación. El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada. Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios. |
| Ley 1286 de 2009 Por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones. | Artículo 17. Objetivos del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación - SNCTI-. El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación tendrá los siguientes objetivos: 3. Promover y consolidar por diversos mecanismos, la inversión pública y privada creciente y sustentable en investigación, desarrollo tecnológico, innovación y formación del capital humano, para la ciencia, la tecnología y la innovación, como instrumentos determinantes de la dinámica del desarrollo económico, social y ambiental. |

5. METODOLOGÍA

Identificar los potenciales beneficios ambientales

Para el desarrollo de este tópico es relevante la realización de una revisión bibliográfica sobre experiencias y estudios relacionados con la implementación de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia; de las cuales se obtendrán los beneficios inherentes de la adopción de este tipo de sistemas, los documentos pertinentes al desarrollo del trabajo serán examinados mediante un formato de revisión bibliográfica el cual cuenta con los datos descriptivos del documento, y dos tópicos relevantes como lo es el resumen y los resultados representativos.

Una vez se tengan claros los beneficios de la implementación de estos sistemas, se realizara una jerarquización de los potenciales beneficios, mediante una matriz sencilla multicriterio, teniendo en cuenta que los potenciales beneficios se relacionan con el entorno urbano.

Elaboración del inventario materiales insumos y costos

Para la elaboración del inventario se debe determinan los componentes necesarios para la implementación de un sistema de captación de agua lluvia; una vez identificados, se procederá a realizar la investigación del costo unitario de cada elemento del sistema, indagación que se realizará haciendo uso de las bases de datos electrónicas, además de visitas de campo a los diferentes establecimientos de distribución de materiales para construcción y plomería en la ciudad de Pereira. De igual manera se procederá a investigar el valor de metro cubico (m^3) de agua y valor de kilovatio por hora (kw/h).

Una vez terminada la recopilación de información, se seleccionan los sistemas y se establecen los materiales a utilizar para cada uno. Al realizar la configuración con los materiales y costos es posible conocer el valor inicial de la implementación de cada sistema de recolección de agua lluvia. Para la compilación de los datos anteriormente descritos se utilizó la herramienta Microsoft Excel.

Por último, para la culminación del segundo objetivo es importante tener en cuenta el consumo anual de agua sin sistema y con sistema, para calcular estos valores se utilizara el software PrecipitaGAT, el cual por medio de una serie de datos calcula los usos del agua.

Evaluación financiera de los sistemas de captación de agua lluvia

La evaluación financiera permite determinar la viabilidad en términos de rentabilidad de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia; la evaluación se

efectuará a un periodo de 50 años para 6 diferentes configuraciones, teniendo en cuenta la renovación del sistema de acuerdo a la vida útil del mismo. Para la determinación de la viabilidad financiera de los sistemas pluviales se utilizaron tres indicadores financieros, valor presente neto (VPN), Tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio-costos.

En términos sencillos García, (1999) define el VPN como el valor el valor presente del valor agregado del proyecto periodo tras periodo, y la TIR como la rentabilidad que ganan los fondos que permanecen invertidos en un proyecto. Por último la relación beneficio-costos es la relación entre los ingresos y los egresos (Castañeda, 1990).

Estrategias para la implementación de sistemas aprovechamiento de agua lluvia

Finalmente para el logro del cuarto objetivo se realizará una propuesta para la implementación de estos sistemas en la ciudad de Pereira, teniendo en cuenta los beneficios identificados en el primer objetivo y los resultados arrojados en la evaluación financiera por indicadores.

Resumen metodología anexo 1.

6. RESULTADOS

6.1. IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES BENEFICIOS AMBIENTALES DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA NO CONVENCIONAL PARA ENTORNOS URBANOS.

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvias son una tecnología antigua, que nació cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta, comenzó el desarrollo de formas de captación de aguas lluvias, como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico. Diferentes formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones; pero estas tecnologías sólo se han comenzado a estudiar y publicar recientemente (Ballén et al, 2006).

El estudio reciente de esta tecnología ha sido impulsada por la necesidad de encontrar formas de abastecimiento diferentes a las tradicionales (captación de fuentes superficiales, extracción de aguas subterráneas y desalinización de agua marina), para satisfacer la creciente demanda de agua, en especial para las áreas urbanas. Según la ONU-HÁBITAT, (2014) más del 54% de la población reside en las ciudades, poblamiento que se debe a la migración de los habitantes del campo a las urbes.

La búsqueda de nuevas formas de abastecimiento, también se relaciona con la disminución de la oferta hídrica. La destrucción, sobre explotación y contaminación de los ecosistemas a nivel mundial han impactado negativamente en la disponibilidad de agua, los cuerpos de agua se están secando o están contaminados, los sistemas especializados en la regulación de agua están desequilibrados, de igual forma se han generado perturbaciones a escala mundial, como el cambio de los sistemas climáticos.

Esta tecnología no es solo importante porque representa una forma no convencional de suministro de agua potable, asimismo como una estrategia importante para el desarrollo sostenible y la adaptación al cambio climático, naturalmente su implementación está acompañada de un gran número de potenciales beneficios.

La identificación de los beneficios es uno de los temas de estudio del presente trabajo, los cuales se identificaran mediante la técnica de revisión bibliográfica sobre estudios y experiencias relacionados (tabla 1).

Tabla 1 Revisión documental

| N° documento | Título de la publicación | Lugar elaboración | Año publicación | Autor/es | Beneficios |
|--------------------------|--|-------------------|-----------------|---|--|
| Documento 1 (Anexo 2) | Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá | Colombia | 2010 | Jorge Luis Estupiñán Perdomo, Héctor Ovidio Zapata García | <ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la presión en los hidrosistemas. • Reducción de las descargas contaminantes en las fuentes hídricas. • Reducción de costos en la recolección y tratamiento de aguas negras. • Diminución de la presión en el sistema público de desagüe. • Ahorro de agua – ahorro económico. |
| Documento 2 (Anexo 3) | Sistemas de captación de agua lluvia - la infraestructura verde como sistema de captación de agua lluvia | México | 2014 | Ramón Ulacia Balmaseda | <ul style="list-style-type: none"> • Disminución del volumen de agua entrante en los sistemas de drenaje. • Reducción de los procesos erosivos. • Reducción de descargas contaminantes en las fuentes hídricas. |
| Documento 3 (Anexo 4) | Sistemas de captación de agua lluvia - aprovechar el agua de lluvia. Doble solución | México | 2014 | Sebastián Serrano | <ul style="list-style-type: none"> • Prevención de inundaciones. • Ahorro de agua- ahorro económico. • Disminución de descargas contaminantes en las fuentes hídricas. |
| Documento 4 (Anexo 5) | Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de “Lluviatl” en México | México | 2008 | Margarita Pacheco Montes | <ul style="list-style-type: none"> • Conservación de ecosistemas • Ahorro económico. • Disminución de la presión en los hidrosistemas. |
| Documento 5 (Anexo 6) | Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia | Colombia | 2010 | Natalia Palacio Castañeda | <ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de agua-ahorro económico. • Prevención de inundaciones. • Reducción de la erosión. • Disminución de la descarga de contaminante en las fuentes hídricas. |
| Documento 6 (Anexo 7) | Estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua de lluvia | México | 2010 | Luis Alberto Herrera Monroy | <ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de agua-ahorro económico. • Protección de sistemas naturales. • Disminución en los volúmenes de escurrimiento y caudales. • Reducción de costos en las plantas depuradoras. • Alivio en la congestión de la red de desagüe público. |

| N° documento | Título de la publicación | Lugar elaboración | Año publicación | Autor/es | Beneficios |
|---------------------------|---|---------------------------|-----------------|---|---|
| Documento 7 (Anexo 8) | Análisis económico y de viabilidad de sistemas de captación de agua lluvia en Entornos Urbanos y Peri-Urbanos: Una revisión de la situación global con un enfoque especial en Australia y Kenia | Australia - Kenia | 2016 | Caleb Christian Amos , Ataur Rahman, And John Mwangi Gathenya | <ul style="list-style-type: none"> Ahorro de agua-ahorro económico. Reducción de costos en la plantas depuradoras. |
| Documento 8 (Anexo 9) | Análisis de rendimiento de un sistema de agua de lluvia para el Abastecimiento de Residencial comunitario: Un estudio de caso en Brisbane, Australia | Australia | 2013 | Stephen Cook & Ashok Sharma & Chong Meng | <ul style="list-style-type: none"> Disminución de la presión sobre las fuentes hídricas. Restauración de los ecosistemas. Reducción de las descargas contaminantes a las fuentes hídricas. |
| Documento 9 (Anexo 10) | Suministro de agua y manejo de aguas pluviales, beneficios de la captación de aguas pluviales residencial en ciudades de los Estados Unidos | Estados Unidos de América | 2013 | Jennifer Steffen, Mark Jensen, Christine A. Pomeroy, And Steven J. Burian | <ul style="list-style-type: none"> Ahorro de agua-ahorro económico. Descentralización del suministro de agua. |

Fuente: Elaboración propia.

En la revisión bibliográfica se identificaron 10 beneficios relacionados con la implementación de sistemas de captación pluviales de los 31 propuestos por los autores, esta reducción se debe a que el mismo beneficio es propuesto por diferentes autores, caso del beneficio ahorro de agua-económico el cual es tenido en cuenta por 7 autores (tabla 2).

Tabla 2 Potenciales beneficios identificados

| POTENCIALES BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA | |
|--|--|
| N° | BENEFICIOS |
| 1 | Reducción de la presión sobre los hidrosistemas |
| 2 | Reducción de la descarga de contaminantes a las fuentes hídricas |
| 3 | Disminución de la presión en el sistema público de desagüe |
| 4 | Reducción de costos en el tratamiento de aguas residuales |
| 5 | Ahorro de agua-ahorro económico |
| 6 | Reducción de los procesos erosivos |
| 7 | Prevención de inundaciones |
| 8 | Protección de ecosistemas |
| 9 | Disminución de los volúmenes de escurrimiento y caudales |
| 10 | Descentralización del suministro de agua |

Identificados los potenciales beneficios relacionados con los sistemas de captación de agua lluvia, el siguiente paso es realizar una matriz multicriterio que hace referencia a la construcción de tablas que facilitaran la toma de decisiones, pero para el presente trabajo se desarrollara con el fin de jerarquizar los potenciales beneficios, para reconocer cuales de estos tienen mayor o menor impacto en entornos urbanos.

Así pues, el peso hace referencia a la importancia del criterio en términos económicos, naturales y sociales. Este se encuentra dado en una base desde 0,01 hasta 0,15. Siendo de importancia baja el primer valor e importancia alta el último, y los valores entre estos son los pesos intermedios. En cuanto a la calificación, esta concierne a la incidencia de cada criterio sobre el entorno urbano y está dada de la siguiente forma

| Calificación | Descripción |
|--------------|-------------------------|
| 1 | Nada Pertinente |
| 2 | Débil Pertinencia |
| 3 | Pertinencia Neutra |
| 4 | Medianamente pertinente |
| 5 | Muy Pertinente |

Por último, el valor ponderado es el resultado de multiplicar el peso y la calificación, dando como resultado los beneficios con mayor y menor impacto en los entornos urbanos. La jerarquización de potenciales beneficios se realizara teniendo en cuenta el conocimiento adquirido de los autores que desarrollaron los documentos utilizados para el presente trabajo

Tabla 3 Matriz Multicriterio

| CRITERIO | PESO | CALIFICACIÓN | VALOR PONDERADO |
|--|------|--------------|-----------------|
| Reducción de la presión sobre los hidrosistemas | 0,12 | 5 | 0,60 |
| Reducción de la descarga de contaminantes a las fuentes hídricas | 0,12 | 5 | 0,60 |
| Disminución de la presión en el sistema público de desagüe | 0,07 | 3 | 0,21 |
| Reducción de costos en el tratamiento de aguas residuales | 0,07 | 3 | 0,21 |
| Ahorro de agua-ahorro económico | 0,12 | 5 | 0,60 |

| | | | |
|--|------|---|------|
| Reducción de los procesos erosivos | 0,09 | 4 | 0,36 |
| Prevención de inundaciones | 0,1 | 5 | 0,50 |
| Protección de ecosistemas | 0,12 | 5 | 0,60 |
| Disminución de los volúmenes de escurrimiento y caudales | 0,12 | 4 | 0,48 |
| Descentralización del suministro de agua | 0,07 | 3 | 0,21 |
| | 1,00 | | |

La jerarquización de los potenciales beneficios ambientales relacionados con la implementación de sistemas de captación de agua lluvia, se realizó teniendo en cuenta la dimensión económica, natural y social, asimismo los conocimientos adquiridos de los autores, da como resultado que los beneficios con mayor a menor impacto son:

1. Reducción de la presión sobre los hidrosistemas
2. Reducción de la descarga de contaminantes a las fuentes hídricas
3. Ahorro de agua-ahorro económico
4. Protección de ecosistemas
5. Prevención de inundaciones
6. Disminución de los volúmenes de escurrimiento y caudales
7. Reducción de los procesos erosivos
8. Disminución de la presión en el sistema público de desagüe
9. Reducción de costos en el tratamiento de aguas residuales
10. Descentralización del suministro de agua

6.2. INVENTARIO DE MATERIALES, INSUMOS Y COSTOS INCURRIDOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES.

Componentes del sistema

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia tienen cuatro componentes básicos, el área de captación, conducción, almacenamiento y otros componentes

que comprenden el tratamiento del agua recolectada. Cada uno de los subsistemas cuenta con uno o más elementos (Tabla 4).

Área de captación

El área de captación se refiere a la superficie destinada a recolectar el agua lluvia. Puede ser natural, como roca o artificial, este último puede ser de varios materiales, como cemento, lámina metálica, plástica, fibra de vidrio o plástico, tejar de arcilla u otro material (García, 2012). Las áreas de captación deben tener una pendiente mínima del 5% para facilitar el desplazamiento del agua (Palacio, 2010).

Conducción

Hace referencia a un pequeño sistema encargado de la conducción del agua, este es un conjunto de canaletas y tuberías, de diferentes materiales como plástico o metálicas, que transporta el agua del área de captación al punto de almacenamiento.

Filtración

La filtración en los sistemas de agua lluvia dependen del uso para el cual es almacenada, para consumo humano requiere un sistema de filtración que cumpla con los parámetros establecidos por la ley de cada país, para otros usos, como lavado de ropa y riego de jardines, el sistemas es sencillo y se concentra en la filtración de sólidos grandes.

En los sistemas de esta investigación la filtración es sencilla y se centrará en la separación de sólidos, para esto se utilizan rejillas en las canaletas. Asimismo la implementación de pequeños depósitos que permitan la precipitación de sólidos por gravedad que pasaran el primer filtro (Baena, 2016)

Almacenamiento

El objetivo del almacenamiento de agua de lluvia es acumular con la mejor calidad posible la lluvia para posteriormente poder ser utilizada para los usos designados (Baena, 2016). Para este trabajo se utilizaran tanques de PVC de venta comercial.

Tabla 4. Componentes del sistema de aprovechamiento de agua lluvia

| Unidad básica | Categoría | Característica | Función |
|----------------------|--------------|--|--|
| Área de captación | Teja eternit | Tejados | Colectar el agua lluvia |
| Tuberías y conductos | Plástico | Tubería PVC presión y sanitaria | Conducción del agua lluvia |
| | | Canaletas pc | |
| Filtración | Rejilla | Rejilla de aluminio o pc para interceptar solidos de gran tamaño | Retirar los sólidos del agua |
| | plástico | Deposito plástico para la separación de solidos de pequeño tamaño por gravedad | |
| Almacenamiento | Plástico | Tanque de PC | Almacenar agua lluvia |
| Complementos | Válvula | Válvula PVC presión | Facilitar la conducción del agua por el sistema de aprovechamiento |
| | Motobomba | Bomba hidráulica sencilla sin automatización y con automatización | |

FUENTE: Modificado García (2012).

Listado de precios de los elementos del sistema

Para la búsqueda de los precios de cada elemento, se recurrió a la búsqueda en bases de datos electrónicas y a visitas de campo de las diferentes empresas dedicadas a la venta de materiales de construcción con sedes en la ciudad de Pereira. Las empresas donde se recolecto la información son: Homecenter, Armetales, Mr. Bricolaje, París, Construrama, Hierros De Occidente, Hierros HB S.A.

Los precios de los elementos del sistema están organizados en tablas desarrolladas en Excel, donde se mencionan las características más relevantes para la implementación del sistema. Las primeras averiguaciones se realizaron para los depósitos de venta comercial en la ciudad de Pereira (tabla 5).

Tabla 5. Depósitos de agua

| Depósitos | | | |
|-------------|----------|---------------------------|----------------------|
| Productor | Material | Volumen (M ³) | Precio Unitario (\$) |
| Ajover | PVC | 0,2 | 90.000 |
| Colempaques | PVC | 0,25 | 153.900 |
| Colempaques | PVC | 0,25 | 120.900 |
| Acuaviva | PVC | 0,25 | 116.900 |
| Colempaques | PVC | 0,5 | 223.900 |
| Colempaques | PVC | 0,5 | 186.900 |
| Acuaviva | PVC | 0,5 | 154.900 |
| Pavco | PVC | 0,5 | 179.900 |
| Colempaques | PVC | 1 | 314.900 |
| Acuaviva | PVC | 1 | 226.900 |
| Acuaplast | PVC | 1 | 270.868 |
| Colempaques | PVC | 2 | 588.900 |
| Acuaviva | PVC | 2 | 406.900 |
| Colempaques | PVC | 2 | 585.830 |
| Acuaplast | PVC | 2 | 482.645 |
| Ajover | PVC | 5 | 1.898.000 |
| Acuaplast | PVC | 6 | 2.334.000 |

Las bombas eléctricas que se exponen en la (tabla 6), son bombas en su mayoría de uso doméstico, con excepción de las dos últimas bombas, las cuales son de uso industrial, estas cuentan con un sistema de automatización interna y con mayor capacidad de extracción.

Tabla 6. Bombas eléctricas

| Proveedor | Nombre | Modelo | Tipo | Potencia Hp | Consumo Kw/H | Extracción m ³ /H | Precio Unitario (\$) |
|-----------|------------------|------------|------------|-------------|--------------|------------------------------|----------------------|
| Liberty | Bomba Sumergible | 260 | Sumergible | 0.166 | 0,11 | 5,2 | 424.000 |
| Liberty | Bomba Sumergible | 457 | Sumergible | 0,5 | 0,37 | 12,5 | 1.059.300 |
| Pedrollo | Electrobomba | Jswm1bx | Externa | 0,7 | 0,52 | 3 | 717.900 |
| Pedrollo | Electrobomba | Jswm10mx | Externa | 1 | 0,74 | 4,8 | 795.900 |
| Pedrollo | Bomba Lapi Pozo | 4sr45g/30m | Sumergible | 3 | 2,2 | 10,2 | 3.668.900 |
| Pedrollo | Bomba Lapi Pozo | 4sr45g/50m | Sumergible | 5 | 3,73 | 10,2 | 5.736.900 |

Tabla 7 listado de precios de los elementos

| Listado de precio de los elementos | | | |
|------------------------------------|-------------|-------------------------|----------------------|
| Elemento | Descripción | | |
| Tee | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario (\$) |
| | Pavco | 3 | 3.800 |
| | Tigre | 3 | 3.500 |
| | Durman | 3 | 3.500 |
| Codo 90° | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario (\$) |
| | Pavco | 3 | 3.300 |
| | Tigre | 3 | 3.250 |
| | Durman | 3 | 3.500 |
| Unión | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario (\$) |
| | Pavco | 3 | 1.620 |
| | Tigre | 3 | 1.710 |
| | Durman | 3 | 1.710 |
| Tee presión | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario (\$) |
| | Pavco | 2 | 11.900 |
| Codo 90° presión | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario (\$) |
| | Pavco | 2 | 5.900 |
| Unión presión | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario (\$) |
| | Pavco | 2 | 3.500 |
| Válvula bola presión | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario (\$) |
| | Humboldt | 2 | 16.900 |
| Canaletas y complementos | Fabricante | Elemento | Precio unitario |
| | Pavco | Canal raingo 3m | 26.500 |
| | Pavco | Unión esquina raingo | 6.500 |
| | Pavco | Unión bajante raingo | 5.300 |
| | Pavco | Codo 90 bajante | 4.900 |
| | Pavco | Soporte canal raingo | 1.600 |
| | Pavco | Soporte bajante | 1.600 |
| Rejilla | Fabricante | Material | Precio unitario (\$) |
| | Silplas | Pc | 3.300 |
| | Colsifones | Aluminio | 5.450 |
| | Colsifones | Aluminio | 3.900 |
| Soldadura | Fabricante | Contenido ml | Precio unitario (\$) |
| | Durman | 59 | 10.900 |
| | Durman | 946 | 77.900 |
| Bidón | Fabricante | Volumen cm ³ | Precio unitario(\$) |
| | Midwest can | 3786 | 24.900 |
| | Midwest can | 18927 | 59.900 |
| Tubería sanitaria X 1m | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario(\$) |

| Listado de precio de los elementos | | | |
|------------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|
| Elemento | Descripción | | |
| | Pavco | 3 | 14.900 |
| Tubería sanitaria X 3m | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario(\$) |
| | Pavco | 3 | 30.900 |
| Tubería sanitaria X 6m | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario(\$) |
| | Pavco | 3 | 48.900 |
| Tubería presión X 1m | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario(\$) |
| | Pavco | 2 | 19.900 |
| Tubería sanitaria X 3m | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario(\$) |
| | Pavco | 2 | 34.900 |
| Tubería presión X 6m | Fabricante | Diámetro pulgadas | Precio unitario(\$) |
| | Pavco | 2 | 63.900 |

Costo de energía, servicio y alcantarillado

Servicio de energía

La tarifa del servicio de electricidad se obtuvo de la base de datos electrónica de uso público de la empresa de energía de Pereira, la cual genera una ficha con los rangos de consumo para los diferentes estratos socioeconómicos de la ciudad y el respectivo costo kilovatio por hora (\$ kw/h). Tarifa establecida por la comisión reguladora de energía y gas, CREG para el mes de junio del año 2016.

Tabla 8. Tarifas servicio de energía residencial ciudad de Pereira

| TARIFAS ENERGIAS RESIDENCIALES MONOMIAS-PEREIRA | | | | | | |
|---|---------------------|---------------|--------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| Resolución CREG No. 097/2008 | | | | | | |
| Res No. 058/08 - 151/2012 - Cargo por Uso y Opciones Tarifarias | | | | | | |
| ESTRATO | RANGOS DE CONSUMO | | | | | |
| | Nivel I EEP (0%) | | Nivel I Compartida (50%) | | Nivel I Particular (100%) | |
| | 0-130 kwh | > a 130 kwh | 0-130 kwh | > a 130 kwh | 0-130 kwh | > a 130 kwh |
| 1 (Bajo-Bajo) | 199.84 | 457.45 | 192.26 | 440.09 | 184.67 | 422.72 |
| 2 (Bajo) | 249.80 | 457.45 | 240.32 | 440.09 | 230.84 | 422.72 |
| 3 (Medio-Bajo) | 388.83 | 457.45 | 374.07 | 440.09 | 359.32 | 422.72 |
| 4 (Medio) | Todo consumo | 457.45 | Todo consumo | 440.09 | Todo consumo | 422.72 |
| 5 (Medio-Alto) | Todo consumo | 548.94 | Todo consumo | 528.10 | Todo consumo | 507.27 |
| 6 (Alto) | Todo consumo | 548.94 | Todo consumo | 528.10 | Todo consumo | 507.27 |

Acueducto y alcantarillado

La tarifa del servicio de acueducto y alcantarillado se obtuvo de la base de datos electrónica de uso público de la empresa de aguas y aguas de Pereira, la cual genera una ficha con los rangos de consumo para los diferentes estratos socioeconómicos de la ciudad y el respectivo costo de metro cúbico (\$ m³). Tarifa establecida teniendo en cuenta la aplicación de la Resolución CRA 750 de 2016, los rangos de consumo a partir del mes de junio de 2016.

Tabla 9. Tarifas servicio de acueducto residencial ciudad de Pereira

| Estrato/Sector | Cargo Fijo | Consumo Básico (0 - 18 m ³) | Consumo Complementario (19 - 36 m ³) | Consumo Suntuario > 36 m ³ |
|----------------|------------|--|--|--|
| Bajo-Bajo | 2.545 | 499 | 1.459 | 1.459 |
| Bajo | 5.091 | 898 | 1.459 | 1.459 |
| Medio-Bajo | 7.215 | 1.273 | 1.459 | 1.459 |
| Medio | 8.264 | 1.459 | 1.459 | 1.459 |
| Medio-Alto | 13.115 | 2.315 | 2.315 | 2.315 |
| Alto | 13.991 | 2.469 | 2.469 | 2.469 |
| Comercial | 13.115 | 2.315 | 2.315 | 2.315 |
| Industrial | 10.909 | 1.925 | 1.925 | 1.925 |
| Oficial | 8.264 | 1.459 | 1.459 | 1.459 |
| Especial | 8.264 | 1.459 | 1.459 | 1.459 |

Tabla 10. Tarifas servicios de alcantarillado residencial ciudad de Pereira

| Estrato/Sector | Cargo Fijo | Vertimiento Básico (0 - 18 m ³) | Vertimiento Complementario (19 - 36 m ³) | Vertimiento Suntuario > 36 m ³ |
|----------------|------------|--|--|--|
| Bajo-Bajo | 1.321 | 371 | 1.204 | 1.204 |
| Bajo | 2.642 | 741 | 1.204 | 1.204 |
| Medio-Bajo | 3.744 | 1.051 | 1.204 | 1.204 |
| Medio | 4.288 | 1.204 | 1.204 | 1.204 |
| Medio-Alto | 6.806 | 1.910 | 1.910 | 1.910 |
| Alto | 7.260 | 2.038 | 2.038 | 2.038 |
| Comercial | 6.806 | 1.910 | 1.910 | 1.910 |
| Industrial | 5.661 | 1.589 | 1.589 | 1.589 |
| Oficial | 4.288 | 1.204 | 1.204 | 1.204 |
| Especial | 4.288 | 1.204 | 1.204 | 1.204 |

Mano de obra, mantenimiento y transporte

Los precios de la mano de obra, transporte y mantenimiento se tomaron del análisis de precios unitarios de referencia, realizado por la gobernación de Risaralda, este listado representa una guía para la elaboración de proyectos, aunque no es de carácter obligatorio. Según el listado los precios tomados para esta investigación son:

- Transporte de materiales 26.000 \$.
- Oficial con experiencia 65.296 \$.
- Cuadrilla A con experiencia en plomería, la cuadrilla consta de 5 personas 210.400 \$.
- Oficial eléctrico 72.551 \$.
- Ayudante con experiencia en mantenimiento 36.276 \$.

Configuraciones

Para el presente trabajo se evaluarán 6 diferentes configuraciones de sistema de recolección de agua lluvia, desarrollados por Baena, (2016) en el trabajo evaluación del aprovechamiento de recursos hídricos no convencionales en la vivienda urbana. Estas 6 combinaciones diferentes como se explica en el trabajo ya nombrado obedecen a la razón que no hay un sistema general aplicable para todas las viviendas. Pues los sistemas cambian dependiendo de la forma de la vivienda, la ubicación, usos del agua, patrones de consumo, que complicarían el modelar un único sistema óptimo para todas; por lo tanto, las configuraciones siguen a patrones generales de tipos de sistemas de aprovechamiento y de patrones de consumo.

Tabla 11. Configuración de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias para vivienda urbana de Pereira

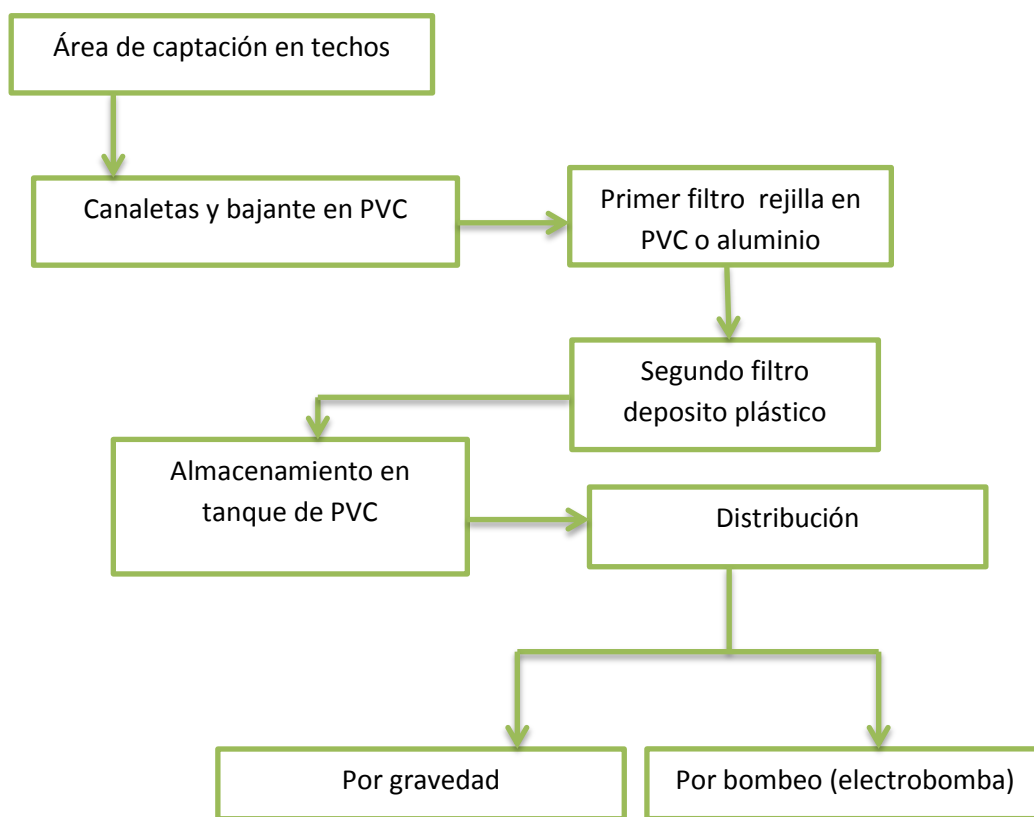
| Variable | Configuración 1 | Configuración 2 | Configuración 3 | Configuración 4 | Configuración 5 | Configuración 6 |
|--|---------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| Tipo De Sistema | Baja Densidad Unifamiliar | | Baja Densidad Bifamiliar | | Alta Densidad Multifamiliar | |
| Dotación De Agua Por Habitante (L/Hab*Día) | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 |
| Habitantes De La Vivienda | 4 | 4 | 8 | 8 | 80 | 80 |
| Consumo Total De Agua | 452 | 452 | 904 | 904 | 9040 | 9040 |
| Demanda Potencial De Agua Lluvia (%) | 37,0% | 37,0% | 37,0% | 37,0% | 37,0% | 37,0% |

| Variable | Configuración 1 | Configuración 2 | Configuración 3 | Configuración 4 | Configuración 5 | Configuración 6 |
|--|---|---|---|---|---|---|
| La Superficie De Captación De Agua Lluvia (M2) | 28 | 56 | 28 | 56 | 128 | 340 |
| Capacidad De Almacenamiento | 200 | 500 | 200 | 500 | 2000 | 5000 |
| Uso Del Agua Lluvia | Limpieza De Superficies, Lavandería Y Riego | Limpieza De Superficies, Lavandería Y Riego | Limpieza De Superficies, Lavandería Y Riego | Limpieza De Superficies, Lavandería Y Riego | Limpieza De Superficies, Lavandería Y Riego | Limpieza De Superficies, Lavandería Y Riego |

Fuente: modificado Baena 2016

El esquema sistema de aprovechamiento de agua lluvia para el presente trabajo es sencillo, esto obedece a que el agua recolectada no se utilizara para consumo humano, por lo tanto el tratamiento del líquido se concentrara en la separación de los sólidos. El sistema consta en primer lugar el área de captación que serán los techos de las viviendas, en segundo lugar las canaletas y bajantes en PVC, en este punto se encuentra el primer filtro que consta de una rejilla de PVC o aluminio para la separación de los sólidos de gran tamaño como hojas o rocas que se encuentren en los tejados, después se encuentra el segundo filtro que consiste en un bidón de plástico el cual cumple con la función de precipitar solidos por gravedad, posteriormente el agua es almacenada en un tanque de PVC con tapa y consecutivamente para su distribución por tuberías de PVC presión por gravedad o por bombeo por electrobomba figura 1.

Figura 1 Esquema de aprovechamiento agua lluvia



Fuente: modificado Baena 2016

Una vez terminada la recolección de la información, lo siguiente es realizar las configuraciones con el costo monetario de cada uno de sus elementos, y así determinar el valor de montaje de los sistemas. Para realizar las configuraciones se realizaron unos esquemas teniendo en cuenta el área de captación planteada por Baena, (2016) en su trabajo de pregrado, con estos valores se diseñó la primer parte de lo correspondiente al transporte del agua lluvia captada, la cual cuenta con un canaletas ubicadas en la parte delantera y posterior de la casa, conectadas entre sí por tubos de PVC sanitario.

Este diseño abarca desde la primera configuración hasta la número 4, con la diferencia que la configuración número 1 y 3 tienen una área de captación de 28 m², las medidas tomadas para este trabajo son de 5,6 m de largo por 5 m de ancho, y para las configuraciones 2 y 4 el área de captación es de 56 m² y las medidas tomadas son de 9,5 m de largo por 5,9 m de ancho. Para la segunda parte correspondiente al transporte se asumió que las casas son de dos pisos y cada piso tiene una altura de 2,30 metros, con estas medidas se puede realizar la cuantificación de la cantidad necesaria de cada elemento tablas 11 a 14.

A continuación se muestra en una figura el diseño que se plantea para para las configuraciones 1, 2, 3 y 4, se planteó un sistema sencillo vertical con distribución por gravedad.

Figura 2 diseño configuraciones 1, 2, 3, 4

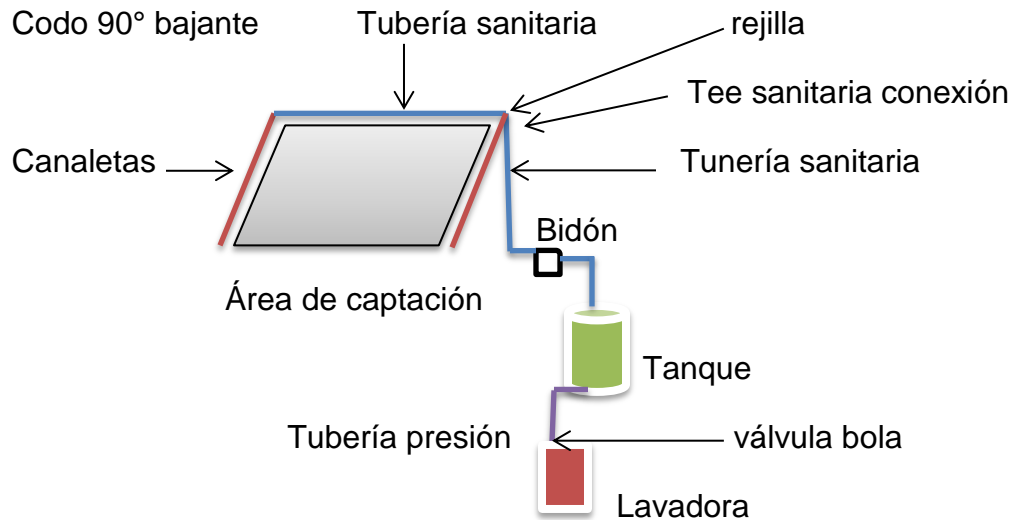


Tabla 12 configuración # 1

| Concepto | Cantidad | V/r Unit (\$) | Total (\$) |
|-----------------------------|----------|---------------|----------------|
| Deposito 0,2 m ³ | 1 | 90.000 | 90.000 |
| Tubo sanitario x 3m | 3 | 10.300 | 30.900 |
| Tubo sanitario x 6m | 6 | 8.150 | 48.900 |
| Codo 90° | 2 | 3.350 | 6.700 |
| Tee | 1 | 3.600 | 3.600 |
| Canal raingo m | 10 | 8.833 | 88.334 |
| Codo 90° bajante | 1 | 4.900 | 4.900 |
| Unión bajante raingo | 1 | 6.500 | 6.500 |
| Soporte canal raingo | 6 | 1.600 | 9.600 |
| Soporte bajante | 1 | 1.600 | 1.600 |
| Tubo presión m | 1 | 19.900 | 19.900 |
| Codo 90° presión | 2 | 5.900 | 11.800 |
| Válvula bola presión | 1 | 16.900 | 16.900 |
| Mano de obra | 1 | 65.296 | 65.296 |
| Transporte | 1 | 26.000 | 26.000 |
| Rejilla | 1 | 4.216 | 4.216 |
| Soldadura | 1 | 10.900 | 10.900 |
| Bidón | 1 | 24.900 | 24.900 |
| | | | |
| Total | | | 470.946 |

Tabla 13 configuración # 2

| Concepto | Cantidad | V/r Unit | Total |
|-----------------------------|----------|----------|---------|
| Deposito 0,5 m ³ | 1 | 186.400 | 186.400 |
| Tubo sanitario x 3m | 6 | 10.300 | 61.800 |
| Tubo sanitario x 3m | 6 | 8.150 | 48.900 |
| Codo 90° | 2 | 3.350 | 6.700 |
| Tee | 1 | 3.600 | 3.600 |
| Canal raingo m | 12 | 8.833 | 106.001 |
| Codo 90° bajante | 1 | 3.600 | 3.600 |
| Unión bajante raingo | 1 | 6.500 | 6.500 |
| Soporte canal raingo | 9 | 1.600 | 14.400 |
| Soporte bajante | 1 | 1.600 | 1.600 |
| Tubo presión m | 1 | 19.900 | 19.900 |
| Codo 90° presión | 2 | 5.900 | 11.800 |
| Válvula bola presión | 1 | 16.900 | 16.900 |
| Mano de obra | 1 | 65.296 | 65.296 |
| Transporte | 1 | 26.000 | 26.000 |
| Rejilla | 1 | 4.216 | 4.216 |
| Soldadura | 1 | 10.900 | 10.900 |
| Bidón | 1 | 24.900 | 24.900 |
| Unión sanitaria | 1 | 1.680 | 1.680 |
| | | | |
| Total | | | 621.093 |

La tercera y cuarta configuración cambian un poco, debido que es una casa familiar y se necesitan dos redes de distribución diferentes, las casa se encuentra dividida, una vivienda en el piso inferior y la otra en el piso superior, por lo tanto se extiende una red de distribución extra que consiste en tubería presión y válvula presión adicional.

Tabla 14 configuración # 3

| Concepto | Cantidad | V/r Unit | Total |
|-----------------------------|----------|----------|--------|
| Deposito 0,2 m ³ | 1 | 90.000 | 90.000 |
| Tubo sanitario x 3m | 3 | 10.300 | 30.900 |
| Tubo sanitario x 6m | 6 | 8.150 | 48.900 |
| Codo 90° | 2 | 3.350 | 6.700 |
| Tee | 1 | 3.600 | 3.600 |
| Canal raingo m | 10 | 8.833 | 88.334 |
| Codo 90° bajante | 1 | 4.900 | 4.900 |
| Unión bajante raingo | 1 | 6.500 | 6.500 |
| Soporte canal raingo | 9 | 1.600 | 14.400 |

| Concepto | Cantidad | V/r Unit | Total |
|----------------------|----------|----------|---------|
| Soporte bajante | 1 | 1.600 | 1.600 |
| Tubo presión x 3m | 3 | 11.634 | 34.901 |
| Codo 90° presión | 1 | 5.900 | 5.900 |
| Tee presión | 1 | 11.900 | 11.900 |
| Válvula bola presión | 2 | 16.900 | 33.800 |
| Mano de obra | 1 | 65.296 | 65.296 |
| Transporte | 1 | 26.000 | 26.000 |
| Rejilla | 1 | 4.216 | 4.216 |
| Soldadura | 1 | 10.900 | 10.900 |
| Bidón | 1 | 24.900 | 24.900 |
| | | | |
| Total | | | 513.647 |

Tabla 15 configuración # 4

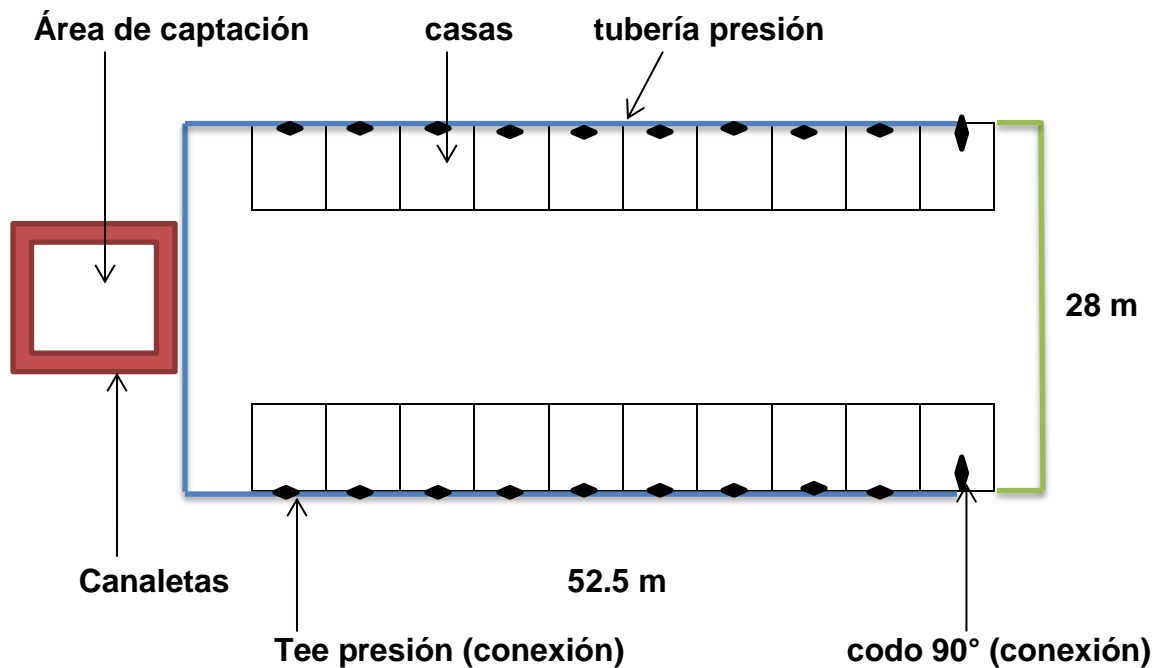
| Concepto | Cantidad | V/r Unit | Total |
|-----------------------------|----------|----------|---------|
| Deposito 0,5 m ³ | 1 | 186.400 | 186.400 |
| Tubo sanitario x 3m | 6 | 10.300 | 61.800 |
| Tubo sanitario x6m | 6 | 8.150 | 48.900 |
| Codo 90° | 1 | 3.350 | 3.350 |
| Tee | 1 | 3.600 | 3.600 |
| Canal raingo | 12 | 8.833 | 106.001 |
| Codo 90° bajante | 1 | 4.900 | 4.900 |
| Unión bajante raingo | 1 | 6.500 | 6.500 |
| Soporte canal raingo | 9 | 1.600 | 14.400 |
| Soporte bajante | 1 | 1.600 | 1.600 |
| Tubo presión x 3m | 3 | 11.634 | 34.901 |
| Codo 90° presión | 1 | 5.900 | 5.900 |
| Tee presión | 1 | 11.900 | 11.900 |
| Válvula bola presión | 2 | 16.900 | 33.800 |
| Mano de obra | 1 | 65.296 | 65.296 |
| Transporte | 1 | 26.000 | 26.000 |
| Rejilla | 1 | 4.216 | 4.216 |
| Soldadura | 1 | 10.900 | 10.900 |
| Bidón | 1 | 24.900 | 24.900 |
| Unión tubo sanitario | 1 | 1.680 | 1.680 |
| | | | |
| Total | | | 656.943 |

Por último, la quinta y sexta configuración son los sistemas más grandes, es un sistema multifamiliar con 20 casas (resultado de dividir el número total de

personas, 80, por el número de personas por casa 4) el cual necesita un sistema de bombeo por electrobomba y una red de distribución para las 20 casas, el cálculo para esta dos configuraciones se realizó, en primer lugar teniendo en cuenta una área de captación para la configuración 5 de 128 m², tomando como medidas 8 m de largo por 16 m de ancho y para la configuración 6 una área de 340m², tomando medidas de 20 m de largo por 17 de ancho. Las áreas de captación para estas dos configuraciones se asumieron como las zonas sociales de conjuntos residenciales.

Estas dos últimas configuraciones tienen el mismo diseño explicado en la figura 2, sin embargo, tienen ciertos cambios en el complemento de conducción y en la red de distribución, cambios explicados en la figura 3.

Figura 3 Diseño distribución configuraciones 5 y 6



Con las medidas anteriormente explicadas y con el diseño de distribución se realizó la cuantificación de los elementos de los sistemas (tablas 16-17).

Tabla 16 configuración # 5

| Concepto | Cantidad | V/r Unit | Total |
|---------------------------|----------|----------|---------|
| Deposito 2 m ³ | 1 | 516.069 | 516.069 |
| Tubo sanitario | 3 | 10.300 | 30.900 |
| Codo 90° | 1 | 3.350 | 3.350 |

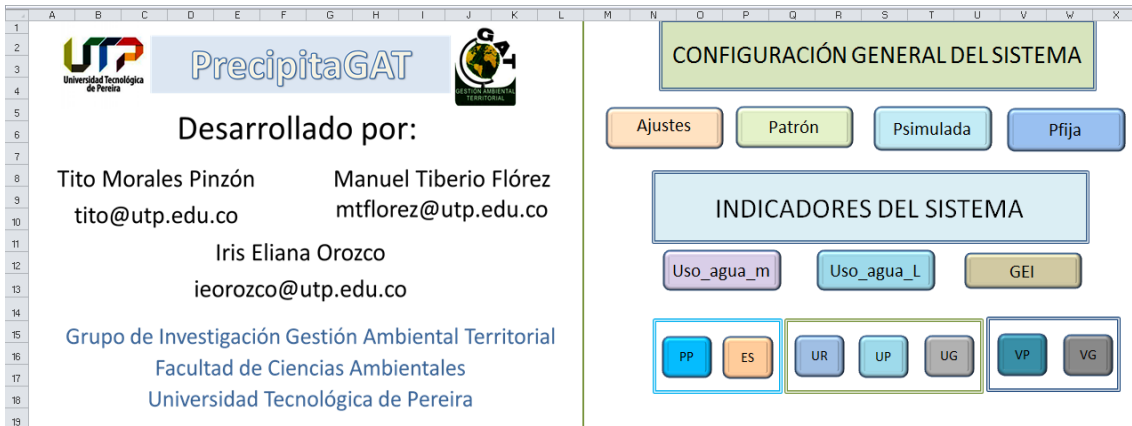
| | | | |
|--------------------------------|-----|-----------|-----------|
| Canal raingo 3m | 48 | 8.833 | 424.003 |
| Unión bajante raingo | 1 | 6.500 | 6.500 |
| Soporte canal raingo | 36 | 1.600 | 57.600 |
| Soporte bajante | 1 | 1.600 | 1.600 |
| Tubo presión | 134 | 11.634 | 1.558.889 |
| Tee presión | 20 | 11.900 | 238.000 |
| Codo 90° presión | 7 | 5.900 | 41.300 |
| Válvula bola presión | 20 | 16.900 | 338.000 |
| Mano de obra | 5 | 42.080 | 210.400 |
| Mano de obra técnico eléctrico | 1 | 72.551 | 72.551 |
| Transporte | 1 | 26.000 | 26.000 |
| Bomba lapi pozo 4sr45g/50m | 1 | 5.736.900 | 5.736.900 |
| Rejilla | 1 | 4.216 | 4.216 |
| Soldadura | 1 | 77.900 | 77.900 |
| Bidón | 1 | 59.900 | 59.900 |
| | | | |
| Total | | | 9.404.078 |

Tabla 17 configuración # 6

| Concepto | Cantidad | V/r Unit | Total |
|--------------------------------|----------|-----------|------------|
| Deposito | 1 | 1.898.000 | 1.898.000 |
| Tubo sanitario | 3 | 10.300 | 30.900 |
| Codo 90° | 1 | 3.350 | 3.350 |
| Canal raingo m | 74 | 8.833 | 653.672 |
| Unión bajante raingo | 1 | 6.500 | 6.500 |
| Soporte canal raingo | 54 | 1.600 | 86.400 |
| Soporte bajante | 1 | 1.600 | 1.600 |
| Tubo presión | 134 | 11.634 | 1.558.889 |
| Tee presión | 20 | 11.900 | 238.000 |
| Codo 90° presión | 7 | 5.900 | 41.300 |
| Válvula bola presión | 20 | 16.900 | 338.000 |
| Mano de obra | 5 | 42.080 | 210.400 |
| Mano de obra técnico eléctrico | 1 | 72.551 | 72.551 |
| Transporte | 1 | 26.000 | 26.000 |
| Bomba lapi pozo 4sr45g/50m | 1 | 5.736.900 | 5.736.900 |
| Rejilla | 1 | 4.216 | 4.216 |
| Soldadura | 1 | 77.900 | 77.900 |
| Bidón | 1 | 59.900 | 59.900 |
| | | | |
| Total | | | 11.044.478 |

El cálculo de consumo y ahorro de agua basada en la información de las configuraciones desarrolladas por Baena, (2016) se realizarán utilizando el software precipitaGAT desarrollado por Morales-Pinzón, T; Flórez, M T; Orozco, I E. (2016). En primer lugar se accede a la ventana principal donde se encuentra el menú con la configuración general del sistema (figura 4).

Figura 4. Menú de configuración



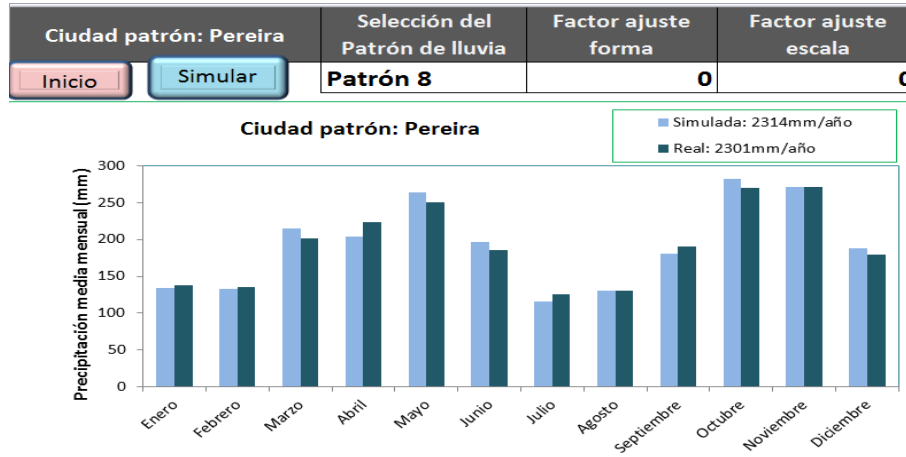
Posteriormente se realizan los ajustes con los datos de la configuración que se va a trabajar, en este caso se mostrará el proceso que se requiere para el sistema número 1 planteado por Baena, (2016).

Figura 5. Ajustes del sistema

| Inicio | Variable | Unidades | Parámetros del sistema |
|--------|---|----------------|------------------------|
| | Demanda doméstica de agua | L/día | 452 |
| | Demanda de agua de lluvia (usos no potables) | L/día | 167,24 |
| | Lavado de ropa | L/día | 167,24 |
| | Frecuencia de lavado de ropa | días | 1 |
| | Inodoros | L/día | 0 |
| | Otros usos | L/día | 0 |
| | Demanda doméstica de agua gris (usos no potables) | L/día | 0 |
| | Inodoros | L/día | 0 |
| | Otros usos no potables | L/día | 0 |
| | Demanda de agua potable | L/día | 284,76 |
| | Superficie de captación | m ² | 28 |
| | Usuarios (personas/día) | personas/día | 4 |
| | Coefficiente de escorrentía (0-1) | adimensional | 0,9 |
| | Escorrentía superficial inicial (mm) | mm | 1 |
| | Coefficiente de filtración (0-1) | adimensional | 0,9 |
| | Capacidad de almacenamiento agua de lluvia | L | 200 |
| | Capacidad de almacenamiento agua gris | L | 0 |
| | Escala del sistema | adimensional | 1 |
| | Sistema de bombeo | adimensional | 1 |

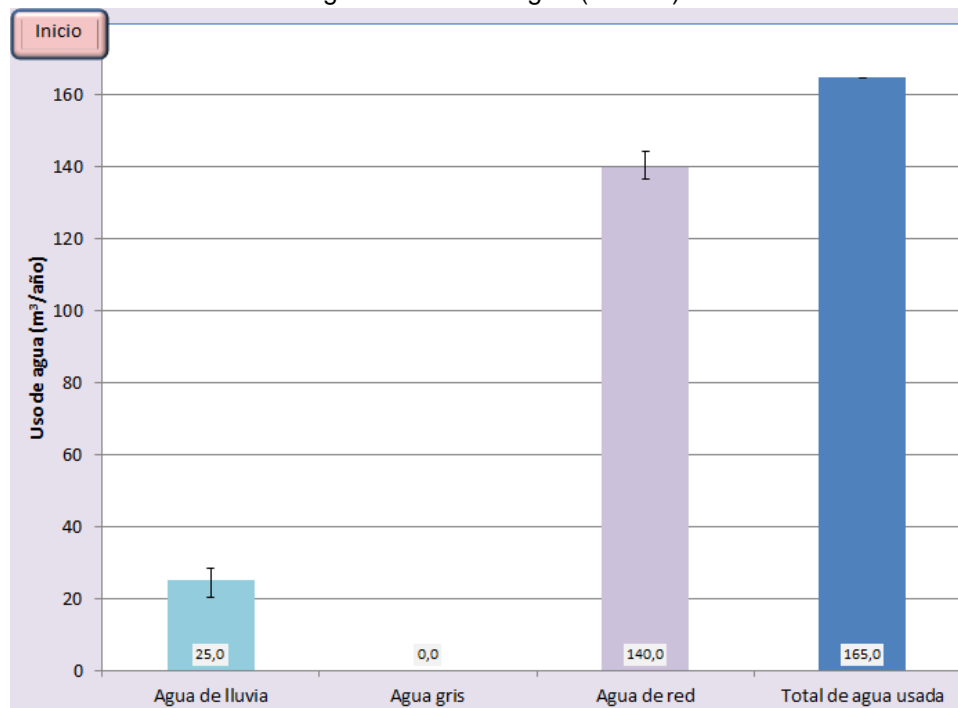
A continuación se confirma que el patrón pluviométrico corresponda a la ciudad de Pereira.

Figura 6. Patrón pluviométrico ciudad de Pereira



Por último se da en la opción simular, se vuelve al menú de configuración, entramos en uso agua m³ y se constatan los resultados.

Figura 7. Uso de agua (m³/año)



Finalizada la simulación con el programa se obtienen los resultados de las 6 configuraciones, las cuales están registradas en la tabla 18. En esta se muestra el

porcentaje de ahorro de las 6 configuraciones con la implementación del sistema de aprovechamiento de agua lluvia.

Tabla 18 Porcentajes de ahorro de agua

| Variable | Configuración | Configuración | Configuración | Configuración | Configuración | Configuración |
|------------------------|---------------------------|---------------|--------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Tipo de sistema | Baja densidad unifamiliar | | Baja densidad bifamiliar | | Alta densidad multifamiliar | |
| Porcentaje de ahorro % | 15,30 | 27,57 | 8,00 | 17,09 | 5,34 | 13,50 |

Fuente: Elaboración propia

Vida útil

La vida útil de los elementos del sistema se determinó en base a la información suministrada de las mismas empresas donde se realizó la búsqueda de los precios de los materiales para el montaje del sistema dando como resultado la tabla 19.

Tabla 19 Vida útil de los elementos del sistema

| Vida útil de los elementos | | Periodo de análisis (años) | Numero de renovaciones por periodo de análisis |
|----------------------------|----|----------------------------|--|
| DEPOSTIO | 25 | 50 | 1 |
| BOMBA | 15 | | 3 |
| ACCESORIOS | 25 | | 1 |
| TUBERIAS | 25 | | 1 |

6.3. EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA A TRAVÉS DE INDICADORES FINANCIEROS.

Para efectos del presente trabajo se evaluarán seis diferentes configuraciones, utilizando tres indicadores financieros, estos indicadores son el valor presente neto, la tasa interna de retorno y la relación-costo beneficio. En consecuencia, se determinaron los aspectos necesarios para la elaboración de los cálculos.

Inversión inicial: La inversión inicial es aquella donde se contempla el valor de todos los elementos, materiales e insumos que son requeridos para la implementación del sistema de aprovechamiento de agua lluvia, asimismo se

tienen en cuenta el valor de la mano de obra y transporte de los elementos (tabla 20).

Tabla 20 Inversión inicial de las diferentes configuraciones

| Variable | Tipo de sistema | Inversión inicial total \$ |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|
| Configuración 1 | Baja densidad unifamiliar | 470.946 |
| Configuración 2 | | 621.093 |
| Configuración 3 | Baja densidad bifamiliar | 513.647 |
| Configuración 4 | | 656.943 |
| Configuración 5 | Alta densidad multifamiliar | 9.404.078 |
| Configuración 6 | | 11.044.478 |

Ingresos: Estos valores corresponden al ahorro de agua y alcantarillo que se deja de pagar a la empresa prestadora de estos servicios. El valor del ahorro fue calculado anualmente para cada una de las configuraciones.

Egresos: Conciernen a los gastos relacionados con los costos de operación y mantenimiento del sistema de aprovechamiento de agua. Los valores se calcularon anualmente para cada una de las configuraciones.

Tasas: Para el desarrollo del presente trabajo se realizaron los cálculos con dos tasas, la primera es la inflación con un valor de 7,93% y la Tasa de interés de los certificados de depósito a término 360 días (CDT360) con un valor de 8,53%, esta última también conocida como la tasa de oportunidad.

Teniendo en cuenta cuales son los ingresos, los egresos y la inflación, se procede a determinar el valor futuro para un periodo de cincuenta años, se empleó un incremento anual lineal utilizando la tasa de inflación del 7,93%, dando como resultado los costos de operación, beneficios anuales y el flujo neto para cada una de las configuraciones propuestas. Todo este proceso se realizó teniendo en cuenta la vida útil de los elementos del sistema y su respectiva renovación en diferentes años del periodo de análisis.

Una vez teniendo todos los datos necesarios, se realiza el cálculo del Valor Presente Neto, VPN, la Tasa Interna de Retorno, TIR, y la relación Beneficio-Costo del proyecto, para cada una de las configuraciones propuestas para un periodo de cincuenta años. A continuación se muestran los resultados de la evaluación financiera para cada una de las configuraciones.

Tabla 21 Indicadores financieros

| Variable | Configuración 1 | Configuración 2 | Configuración 3 | Configuración 4 | Configuración 5 | Configuración 6 |
|----------|---------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| Sistema | Baja densidad unifamiliar | | Baja densidad bifamiliar | | Alta densidad multifamiliar | |
| Vpn | \$ 178.171 | \$ 1.956.522 | \$ 218.110 | \$ 2.995.703 | \$ (32.943.502) | \$ (8.672.152) |
| Tir | 10,11% | 19,15% | 10,30% | 23,03% | X-x-x-x | 5% |
| Rb/c | 1,07 | 1,74 | 1,09 | 2,10 | 0,35 | 0.84 |

Todo el proceso para la evaluación de las configuraciones por medio de indicadores financieros se encuentra en el anexo 11 hasta el anexo 16.

Para el análisis de la viabilidad de las configuraciones, hay que comparar el resultado presentado en la tabla 20 con los criterios de decisión de cada uno de los indicadores, estos parámetros se muestran a continuación.

- Valor presente neto, el valor debe ser positivo para que el proyecto sea viable.
- Tasa interna de retorno, el valor debe ser positivo y debe superar la tasa mínima de rentabilidad requerida o la tasa de oportunidad, la cual es del 8,53%.
- Relación beneficio-costos, debe ser mayor a uno para la viabilidad del proyecto.

La comparación arroja como resultado que 4 de las 6 configuraciones planteadas son viables, cumplen con los criterios de decisión de cada uno de los indicadores, pero por el contrario las otras 2 configuraciones no cumplen con ninguno de los parámetros establecidos. Las configuraciones que cumplieron con los criterios son las primeras 4 configuraciones que representan dos tipos diferentes de sistema, el de baja densidad unifamiliar y baja densidad bifamiliar, y las configuraciones inviables son las dos últimas que representan el tipo de sistema de alta densidad multifamiliar.

Las dos primeras configuraciones pertenecen al tipo de sistema de baja densidad unifamiliar, pero tienen diferencias en el diseño, referente al tamaño del área de captación y la capacidad de almacenamiento, lo demás es igual, sin embargo estas dos diferencias marcan una distancia enorme entre ambos, en la evaluación se hace evidente que estos dos aspectos son claves para la viabilidad de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, la relación área de captación y capacidad de almacenamiento de la segunda configuración es mayor y directamente proporcional al ahorro de agua-ahorro económico. Aunque sea evidente que a mayor área de captación y mayor capacidad de almacenamiento el

benéfico ahorro agua-económico serán mayores, es importante resaltarlo, para comprender que esta relación es uno de los factores claves en la viabilidad económica de los sistemas de captación pluvial. Estos dos aspectos también están presentes en las otras 4 configuraciones que representan los sistemas de baja densidad bifamiliar y alta densidad multifamiliar, dando siempre el mismo resultado.

La viabilidad de los 4 primeros sistemas corresponde a la superioridad de los beneficios económicos frente a los costos de operación de los sistemas, esto quiere decir que el dinero ahorrado por la disminución del consumo de agua fue mayor a todos los costos de operación, incluyendo la renovación de los equipos del sistema de captación pluvial, sin embargo, las últimas dos configuraciones, los costos de operación superaron los beneficios, además estos tuvieron las inversiones iniciales más altas a comparación del resto de configuraciones, debido a la complejidad del sistema que requirió un gasto mayor de materiales y mano de obra.

En resultado, la evaluación financiera determinó que los sistemas de aprovechamiento de agua son viables en la ciudad de Pereira, la mayoría de las configuraciones cumplen con los parámetros establecidos para los indicadores utilizados, aunque dos de las configuraciones no cumplen los parámetros se puede buscar la manera de disminuir la inversión, o aumentar los ingresos modificando los elementos o planteando diseños que permitan la viabilidad de estos (Ballen et al, 2006).

6.4. PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA LLUVIA EN LA CIUDAD DE PEREIRA.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación financiera para la implementación de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias en la ciudad de Pereira, es preciso afirmar que las configuraciones de baja densidad son viables financieramente, puesto que los indicadores aplicados en este estudio demuestran su rentabilidad en un periodo de 50 años; por otro lado las configuraciones de alta densidad son inviables económicamente, debido a que los costos de inversión y operación son muy altos y superan los beneficios obtenidos en 50 años de funcionamiento .

Las diferentes configuraciones de los sistemas de captación pluvial consideradas en el presente trabajo de investigación, evidencian una clara relación entre la viabilidad financiera y las especificaciones técnicas de los componentes de almacenamiento y captación. Por ello, se recomienda tener en cuenta la viabilidad

técnica, de tal forma que los tanques de almacenamiento no sean tan pequeños que generen rebose o tan grandes que supongan grandes inversiones.

Los sistemas multifamiliares de alta densidad, que por lo general hacen uso de maquinaria de bombeo para la distribución de agua, no resultan viables debido al aumento de los costos de inversión y operación; se recomienda entonces la instalación de sistemas individuales en unidades de vivienda como conjuntos residenciales u otros aprovechamientos colectivos. Sin embargo, si desde el diseño y construcción de estas unidades es considerado el aprovechamiento pluvial, el sistema podría ser conveniente, como lo plantea (Cook et al, 2013) si se cuenta con grandes superficies de captación, un tanque de almacenamiento de alta capacidad y el aprovechamiento del agua recolectada se extiende a todos los usos no potables de las viviendas (lavado de ropas, baterías sanitarias, riego y aseo de superficies).

Para solventar la mayor desventaja de este tipo de sistemas, que está asociado a los altos requerimientos de inversión inicial, se sugiere usar materiales disponibles en centro de distribución locales, para evitar gastos adicionales de transporte y embalaje. Los sistemas muy elaborados o de alta tecnología representan gastos mucho mayores e injustificados para cubrir demandas de usos no potables. Se debe garantizar la simpleza del sistema, para ello es indispensable recibir asesoría especializada y oportuna.

Los instrumentos de planificación municipal como el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan de Desarrollo Municipal deben fomentar el uso de sistemas de aprovechamiento pluvial. Impulsar la implementación de los mismos en nuevas construcciones y su adaptación en viviendas antiguas, generaría una mejora en el ciclo de agua urbana, debido a que disminuye los volúmenes de agua de escorrentía que van al sistema de alcantarillado y que a su vez aumentan los costos de la recolección y tratamiento de aguas residuales. Además, se disminuyen las descargas directas de agua lluvia a fuentes de agua superficiales.

La implementación de estos sistemas se constituye como una alternativa a la adaptación al cambio climático, pues se constituye como una fuente de captación de agua no convencional, que supone nuevas formas de suministro de agua y da respuesta a las emergencias de abastecimiento que se presentan en eventuales reducciones de la oferta hídrica.

7. CONCLUSIONES

- Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia representan una alternativa no convencional para el suministro de agua a nivel mundial. El cambio en las condiciones climáticas y la disminución de la oferta hídrica, han impulsado significativamente la implementación de esta tecnología, su simplicidad y la eficiencia de estos sistemas la han candidateado como el posible reemplazo de sistemas tradicionales de abastecimiento de agua, como los embalses y la desalinización del agua marina.

Sin embargo la implementación de estos sistemas tiene aplicaciones diferentes a la del suministro de agua para satisfacer las necesidades de la población. Implementarla como una herramienta para la prevención de desastres es una de esas aplicaciones, la instalación de estos sistemas para la disminución del escurrimiento pluvial urbano, reducir el agua que escurre contribuiría a prevenir inundaciones, movimientos en masa por la erosión, reducción de caudales, entre otros.

En ese sentido estos sistemas facilitan una serie de beneficios ambientales urbanos, que la consolidan como una alternativa viable para implementación como herramienta para lograr el desarrollo de ciudades sostenibles, así mismo es una buena opción para ayudar a la adaptación de las ciudades a inminentes cambios en la disponibilidad del recurso hídrico.

- El análisis financiero determino que los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son viables económicamente para la ciudad de Pereira, no obstante, no todos los diseños son apropiados para su implementación, los sistemas de alta densidad y comunitarios no son viables. Sus altos costos de inversión inicial y sus costos de operación imposibilitan que se obtengan beneficios.

Los sistemas de alta densidad requieren un mayor volumen de materiales, demanda sistema de bombeo, y mayor fuerza de trabajo, en comparación con los sistemas de baja densidad. Por esta razón estos sistemas no son viables para la ciudad de Pereira, sin embargo, los diseños siempre se pueden mejorar, se pueden buscar alternativas que aumenten la eficacia y acrecienten los beneficios obtenidos, se llega a esta conclusión cuando se confrontan los resultados arrojados en esta investigación, la configuración # 6 de tipo multifamiliar de alta densidad, tuvo pérdidas muchos menores que la configuración # 5 de características similares. Las pérdidas fueron menores en la configuración # 6 por que está planteada de forma que el aprovechamiento de agua lluvia es mayor, generando más ahorro de agua.

En contraste con los sistemas de alta densidad, los sistemas de baja densidad, arrojaron resultados positivos en el análisis financiero, sin

necesidad de contemplar mejoras en las configuraciones planteadas en el presente trabajo, la implementación de estos sistemas individuales permite tener beneficios económicos para el usuario, al mismo tiempo que se generan beneficios ambientales por la disminución del consumo de agua.

En general la implementación de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son una alternativa viable en términos económicos y ambientales, aunque en esta última dimensión es necesario realizar estudios que confronten los beneficios vs impactos ambientales generados por este.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, L. B. (12 de enero de 2016). ¿Qué hace tan vulnerable al país frente al fenómeno de El Niño? Recuperado el 6 de mayo de 2016, de el tiempo: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/sequia-en-colombia-mas-de-120-municipios-no-tienen-agua/16476976>
- Aguas y aguas de Pereira. (s.f.). Recuperado el 3 de julio de 2016, de tarifas vigentes junio 2016: http://www.aguasyaguas.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=35&Itemid=209
- Banco de la republica banco central de Colombia. (s.f.). Recuperado el 2 de julio de 2016, de <http://www.banrep.gov.co/>
- Castañeda, C. A. (1990). Administracion financiera. Bogotá, Colombia: Escuela superior de administracion publica.
- Christian Amos, C., Rahman, A., & Mwangi Gathenya, J. (2016). Economic Analysis and Feasibility of Rainwater Harvesting Systems in Urban and Peri-Urban Environments: A Review of the Global Situation with a Special Focus on Australia and Kenya. *Water*, 8(4), 149.
- Cook, S., Sharma, A., & Chong, M. (2013). Performance analysis of a communal residential rainwater system for potable supply: a case study in Brisbane, Australia. *Water resources management*, 27(14), 4865-4876.
- Decreto número 1575 de 2007 por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.
- EEP. (s.f.). Energia de Pereira. Recuperado el 3 de julio de 2016, de tarifas servicio de energia junio 2016: <http://www.eep.com.co/informacion-al-ciudadano/factura/tarifas-y-costos>.
- Ley 99 del 93 por la cual se crea el ministerio del medio ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
- Ley 373 de 1997 por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

- Ley 1286 de 2009 por la cual se modifica la ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en departamento administrativo, se fortalece el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones.
- Estupiñán Perdomo, J. L., & Zapata García, H. O. (2010). Requerimientos de infraestructura para el aprovechamiento sostenible del agua lluvia en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá.
- Gaviria, C. E. (2016). Evaluación del aprovechamiento de recursos hídricos no convencionales en la vivienda urbana.
- García, O. L. (1999). Administración financiera: fundamentos y aplicaciones. Cali: Prensa moderna impresores S.A.
- García, J. H. (2012). Sistema de captación y aprovechamiento pluvial para un ecobarrio de la CD de México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Herrera, L. A. (2010). Estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua lluvia. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- José Alejandro Ballén Suárez, M. Á. (2006). Sistemas de aprovechamiento de agua lluvia para vivienda urbana. VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua João Pessoa (Brasil), 5 a 7 de junio de 2006.
- Listado de precios oficiales de obra. (2015). Gobernación de Risaralda.
- Montes, M. P. (2008). Avances de la gestión integral del agua lluvia (GIALL): Contribuciones al uso sostenible del agua, el caso de Luvianos en México. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, 39-57.
- Morales-Pinzón, T; Flórez, M T; Orozco, I E. (2016). PrecipitaGAT v1.0. Patrones simulados de precipitación diaria y modelación básica de sistemas de aprovechamiento de agua no convencional (pluviales y grises) para uso doméstico. Grupo de Investigación Gestión Ambiental Territorial (GAT), Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia).
- ONU-HABITAT, N. U. (2014). La situación de demográfica en el mundo. New York: Naciones Unidas.
- Palacio, N. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa de ahorro de agua potable, en la institución

educativa maria auxiliadora de Caldas, Antioquia. Colombia: Universidad de Antioquia.

- Serrano, S. (junio de 2014). Aprovechar el agua lluvia doble solucion. Divulgación de la Red del Agua UNAM: Sistemas de captacion de agua lluvia, págs. 23-27.
- Sistema de informacion ambiental colombiano SIAC. (s.f.). Recuperado el 5 de mayo de 2016, de sistema de informacion ambiental colombiano SIAC: <http://181.225.72.78/Portal-SIAC-web/faces/Dashboard/Agua/Oferta/ofertaAgua.xhtml>
- Steffen, J., Jensen, M., Pomeroy, C. A., & Burian, S. J. (2013). Water supply and stormwater management benefits of residential rainwater harvesting in US cities. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 49(4), 810-824.
- Suarez, B., García, M. Á. G., & Mosquera, R. O. O. (2006). Sistema de aprovechamiento de agua lluvia para vivienda urbana. VI serea-seminario iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua (brasil).
- Ulacia, R. (junio de 2014). Infraestructura verde como sistema de captacion de agua lluvia. Divulgación de la Red del Agua UNAM:Sistemas de captacion de agua lluvia, págs. 17-22.

9. ANEXOS

ANEXO 1 RESUMEN METODOLOGÍA

| Objetivo | Fase | Instrumento | Resultado |
|--|--------------|---|---|
| Identificar los potenciales beneficios ambientales de sistemas de aprovechamiento de agua no convencional para entornos urbanos. | Exploratoria | <ul style="list-style-type: none">• Formato de revisión documental• Matriz multicriterio | Identificación de los potenciales beneficios ambientales de asociados a la implementación de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia |
| Elaborar el inventario de materiales, insumos y costos incurridos en la implementación de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia | Exploratoria | <ul style="list-style-type: none">• Matriz de costos• Software precipitaGAT | Determinar el costo de la inversión inicial de la implementación de los sistemas de aprovechamiento pluviales. |
| Evaluar la viabilidad de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia a través de indicadores financieros. | Evaluativa | <ul style="list-style-type: none">• Valor Neto Real (VAN)• Tasa Interna de Retorno (TIR)• Relación beneficio costo (RB/C) | Determinar la viabilidad económica de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia |
| Proponer estrategias para la implementación de estos sistemas en la ciudad de Pereira. | Propositiva | | Propuesta para la implementación de estos sistemas en la ciudad de Pereira. |

ANEXO 2

FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL N°1

| FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL | | |
|--------------------------------------|---|--|
| N° 1 | | |
| Fecha de diligenciamiento | Junio 6 de 2016 | |
| Datos descriptivos de la publicación | | |
| Título de la publicación | Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá | |
| lugar de elaboración | Bogotá | |
| Año de publicación | 2010 | |
| Autor/es | Jorge Luis Estupiñán Perdomo, Héctor Ovidio Zapata García | |
| Palabras clave | Aprovechamiento de agua lluvia, diseño, análisis financiero | |
| Tópicos relevantes de la publicación | | |
| Descripción general | RESUMEN | El documento hace referencia el estudio llevado a cabo en la universidad javeriana sede Bogotá, donde se realizaron los cálculos para el diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias para el campus, el diseño tuvo en cuenta criterios técnicos, financieros y de sostenibilidad ambiental. Con la elaboración del estudio se determinó que pese a los altos volúmenes de precipitación, el balance hídrico demostró que por razones físicas del campus el sistema no es suficiente para satisfacer la demanda total de agua. Se llegó a la conclusión que solo pude suplir el 14% de la demanda total. |
| | RESULTADOS | La implementación de tecnologías no convencionales como los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias podría traer múltiples beneficios, “debido a que puede reducir la sobrepresión de los hidrosistemas superficiales, intentando conservar este valioso recurso, al tiempo de disminuir los impactos de los contaminantes y las cargas de nutrientes en los ríos. En efecto, se piensa que esta práctica permite la restauración hidrológica de cuencas y genera beneficios ambientales, energéticos y económicos, puesto que se ha demostrado que los costos de recolección y tratamiento suelen ser inversamente proporcionales a la escala de la recolección. Así mismo, disminuye parte de la escorrentía en zonas impermeables, reduciendo a su vez el volumen pico de lluvia aguas abajo de la zona de captación, y con ello la presión sobre la infraestructura de desagüe. Una ventaja adicional es la reducción de la demanda de agua potable, de acuerdo a las condiciones de infraestructura, calidad de las aguas, y precipitación en cada experiencia.” |

ANEXO 3
FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL N°2

| FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL | | |
|--------------------------------------|---|--|
| N° 2 | | |
| Fecha de diligenciamiento | Junio 6 de 2016 | |
| Datos descriptivos de la publicación | | |
| Título de la publicación | Sistemas de captación de agua lluvia- La infraestructura verde como sistema de captación de agua lluvia | |
| lugar de elaboración | México | |
| Fecha de la publicación | Abril de 2014 | |
| Autor/es | Ramón Ulacia Balmaseda | |
| Palabras clave | Infraestructura verde, sistemas de captación | |
| Tópicos relevantes de la publicación | | |
| Descripción general | RESUMEN | <p>Actualmente una de las mayores fuente de contaminación del agua son las ciudades, no solo por las actividades económicas y domiciliarias realizadas diariamente, los escurrimientos torrenciales causados por las lluvias son unos de las factores más contaminantes, debido que el agua entra en contacto con gran cantidad de elementos nocivos y en algunos ocasiones también con las aguas negras, además los escurrimientos torrenciales incrementan la erosión y las inundaciones urbanas; en el proceso se dañan hábitats naturales, se ocasionan pérdidas materiales y la salud de individuos y comunidades se ven afectadas. así pues, es necesario plantear estrategias que mitiguen los impactos negativos generados por esta problemática, es aquí donde los sistemas de captación de agua lluvia brindan alternativas sostenibles económica, social y ambientalmente; sistemas que tienen como fin el desarrollo de infraestructura verde urbana, la cual consiste en la integración de organismos vivos para la captación y depuración del agua, sistemas que diseñados con rigurosidad pueden alcanzar niveles altos de efectividad.</p> |
| | RESULTADOS | <p>Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia representan grandes beneficios para los entornos urbanos, entre los cuales se destaca la disminución del volumen de agua que entran a los sistemas de drenaje artificial y los procesos erosivos, además de mejorar la calidad del agua de los cuerpos hídricos cercanos si se toma en cuenta, que se disminuirá el volumen de agua contaminada vertida, reduciendo la presión causada por agentes contaminantes.</p> <p>Estos sistemas pueden ser diseñados para las diferentes formas, dependiendo del uso y el volumen de agua a manejar, la infraestructura verde como mecanismo de captación es una buena opción, sin embargo requiere de inversiones muy altas al igual que los costos de operación.</p> |

ANEXO 4
FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL N°3

| FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL | | |
|--------------------------------------|---|---|
| N° 3 | | |
| Fecha de diligenciamiento | Junio 7 de 2016 | |
| Datos descriptivos de la publicación | | |
| Título de la publicación | Sistemas de captación de agua lluvia - aprovechar el agua de lluvia. Doble solución | |
| lugar de elaboración | México | |
| Fecha de la publicación | Abril de 2014 | |
| Autor/es | Sebastián Serrano | |
| Palabras clave | Escurrimientos pluviales, salud publica | |
| Tópicos relevantes de la publicación | | |
| Descripción general | RESUMEN | <p>El agua lluvia en su origen es limpia, pero se contamina en su paso por la ciudad, al entrar en contacto con los residuos sólidos y patógenos presentes en los techos y calles, además se mezcla con las aguas residuales en el alcantarillado. Los escurrimientos pluviales pueden causar inundaciones, afectaciones en la salud pública y ambiental por la contaminación de cauces cercanos; sin embargo, cambiar la forma de hacer las cosas y aprovechar el agua lluvia puede traer muchos beneficios para el desarrollo de ciudades sostenibles.</p> |
| | RESULTADOS | <p>"Reutilizar el recurso pluvial, ofrece una doble solución, por un lado se evitan inundaciones y por el otro se ahorra agua y proporciona un aumento en las reservas de este líquido vital. Aprovechar los escurrimientos pluviales permite tener líquido de calidad para diferentes usos no potables y mitigar los efectos de inundaciones. De igual forma, al evitar que escurra por superficies contaminadas y que arrastre la basura que se encuentra en las zonas impermeables, previene el deterioro de cauces naturales y también cuida de las reservas de agua subterránea."</p> <p>La implementación de estos sistemas proporcionaría como el autor lo propone, la solución de más de un problema a la vez, Poder implementar este tipo de tecnologías contribuiría al desarrollo de ciudades limpias, seguras, sostenibles y preparadas para eventuales problemas de abastecimiento del preciado líquido.</p> |

ANEXO 5
FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL N°4

| FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL | | |
|--------------------------------------|--|---|
| Nº 4 | | |
| Fecha de diligenciamiento | Junio 7 de 2016 | |
| Datos descriptivos de la publicación | | |
| Título de la publicación | Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de "Lluviatl" en México | |
| lugar de elaboración | México | |
| Fecha de la publicación | Junio de 2005 | |
| Autor/es | Margarita Pacheco Montes | |
| Palabras clave | Gestión integral, sostenibilidad urbana, valores culturales. | |
| Tópicos relevantes de la publicación | | |
| Descripción general | RESUMEN | La gestión integral del agua lluvia contribuye al desarrollo sostenible urbano, el uso consiente de este recurso representa grandes beneficios para la ciudades y para los ecosistemas que la rodean. "El artículo busca destacar algunas buenas prácticas tales como las realizadas en el Colegio de Posgraduados con el consumo de "Lluviatl" en México, el rol de la cultura raizal y de género en el uso del "Acueducto Celestial" en las islas de San Andrés y Providencia en el Caribe Colombiano y otras prácticas ancestrales y modernas en muchas regiones de la India. Se concluye con la necesidad de abrir espacios políticos a la GIALL, con el fin de que esta se incluya en el marco de políticas y operaciones que contribuyen a la sostenibilidad urbana". |
| | RESULTADOS | La implementación de tecnologías de aprovechamiento de agua lluvia acompañadas de una buena gestión integral, constituyen un eje para el desarrollo urbano sostenible, pues trae consigo un buen número de beneficios, entre los cuales se encuentran : la conservación de bosques, humedales, ríos, lagos y en general ecosistemas estratégicos, disminuye la presión sobre acuíferos y proyectos de construcción de nuevas presas para el abastecimiento urbano, la reducción de desastres y además, beneficios económicos. La gestión integral del agua lluvia tiene debe tener como objetivo generar un cambio en el pensamiento individual y colectivo acerca del desarrollo sostenible y sus ventajas en la comunidad, además de generar nuevas políticas que promuevan su adopción responsable. |

ANEXO 6
FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL N°5

| FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL | | |
|--------------------------------------|--|--|
| N° 5 | | |
| Fecha de diligenciamiento | Junio 8 2016 | |
| Datos descriptivos de la publicación | | |
| Título de la publicación | PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA, COMO ALTERNATIVA PARA EL AHORRO DE AGUA POTABLE, EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARÍA AUXILIADORA DE CALDAS, ANTIOQUIA | |
| Lugar de elaboración | Colombia | |
| Fecha de la publicación | año 2010 | |
| Autor/es | Natalia Palacio Castañeda | |
| Palabras clave | Captación de agua lluvia, componentes, educación. | |
| Tópicos relevantes de la publicación | | |
| Descripción general | RESUMEN | <p>"El aprovechamiento del agua lluvia es una práctica interesante, tanto ambiental como económicamente, si se tiene en cuenta la gran demanda del recurso sobre las cuencas hidrográficas, el alto grado de contaminación de las fuentes superficiales y los elevados costos por el consumo de agua potable en una institución educativa.</p> <p>Éste proyecto presenta la ingeniería conceptual de una propuesta de diseño de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable en usos tales como la descarga de sanitarios, el lavado de zonas comunes, entre otros. Además se presenta un análisis de la viabilidad técnica y económica de dicho aprovechamiento, en una institución educativa del municipio de Caldas, Antioquia."</p> |
| | RESULTADOS | <p>la implementación de un sistema de captación de agua lluvias, en una institución educativa, donde la demanda de agua es elevada, tendría grandes beneficios, en primer lugar ahorro de agua y ahorro económico, asimismo una serie de beneficios indirectos, como la reducción de inundaciones y erosión por excedentes de agua, disminución de los vertimientos a las fuentes de agua. No obstante esta tecnología representa tres desventajas, la primera es la dependencia al clima para la recolección, la segunda la capacidad de almacenamiento y por último los altos costos iniciales, por esta razón es necesario siempre realizar un análisis que permita conocer la viabilidad del sistema en el territorio donde se planea instalarlo.</p> |

ANEXO 7
FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL N°6

| FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL | | |
|--------------------------------------|--|---|
| N° 6 | | |
| Fecha de diligenciamiento | Junio 9 2016 | |
| Datos descriptivos de la publicación | | |
| Título de la publicación | estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua de lluvia | |
| Lugar de elaboración | México | |
| Fecha de la publicación | año 2010 | |
| Autor/es | Luis Alberto Herrera Monroy | |
| Palabras clave | Calidad del agua, desarrollo sostenible, sistemas de captación, usos del agua. | |
| Tópicos relevantes de la publicación | | |
| Descripción general | RESUMEN | <p>En los últimos años el crecimiento poblacional e industrial desmedido ha causado daños severos al planeta, daños que han cambiado de manera significativa las dinámicas naturales, repercutiendo en la disponibilidad de los recursos como el agua. Cada día las fuentes de agua desaparecen o son contaminadas, imposibilitando el acceso de la población al recurso, es por esto que surge la necesidad de buscar nuevas formas de abastecimiento sostenible. Una de estas nuevas formas es la recolección de agua lluvia, sistemas que permite el almacenamiento del agua lluvia para luego ser utilizada en diversos usos. Sin embargo estos sistemas requieren de la optimización y evaluación continua en diferentes dimensiones, con el fin de tener una tecnología confiable para suministro de agua potable.</p> |
| | RESULTADOS | <p>los sistemas de recolección de aguas lluvias están acompañados por dos tipos de beneficios, en primer lugar los beneficios directos, como el ahorro de agua y por ende el ahorro económico, en segundo lugar los beneficios indirectos, como la protección de sistemas naturales, reducción de los volúmenes de escurrimiento y caudales, reducción del costo en la plantas depuradoras de aguas negras, aliviar la congestión en la red de colectores de las ciudades y en general contribuir a mejorar el ciclo de la agua en entornos urbanos. Estos sistemas no solo se perciben como una solución para el suministro de agua, también representa una oportunidad para la solución de problemas en las áreas urbanas, asimismo una oportunidad para demostrar que el desarrollo sostenible de las ciudades es posible.</p> |

ANEXO 8
FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL N°7

| FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL | | |
|--------------------------------------|---|--|
| N° 7 | | |
| Fecha de diligenciamiento | Junio 9 de 2016 | |
| Datos descriptivos de la publicación | | |
| Título de la publicación | Análisis económico y de viabilidad de sistemas de captación de agua lluvia en Entornos Urbanos y Peri-Urbanos: Una revisión de la situación global con un enfoque especial en Australia y Kenia | |
| Lugar de elaboración | Australia - Kenia | |
| Fecha de la publicación | 2016 | |
| Autor/es | Caleb Christian Amos , Aatur Rahman, and John Mwangi Gathenya | |
| Palabras clave | Análisis económico urbano y peri urbano, Captación pluvia, depósito de agua pluvial | |
| Tópicos relevantes de la publicación | | |
| Descripción general | RESUMEN | Hoy en día uno de los temas más importante es la seguridad hídrica, con el pasar de los años es cada vez más evidente que la oferta del recurso hídrico ha disminuido considerablemente, llegando al punto que en algunas zonas del planeta han desaparecido grandes masas de agua y los sistemas climáticos están cambiando. Es necesario plantear nuevas formas de aprovechamiento de los recursos hídricos, formas que alivien la presión ejercida sobre el preciado líquido, una de estas nuevas formas es el aprovechamiento del agua lluvia, sistemas que permitan captar el agua para su posterior almacenamiento y aprovechamiento para el consumo humano. Sin embargo la implementación de estos sistemas no es común, uno de los mayores problemas es la viabilidad en términos económicos, es por eso que el artículo centra sus esfuerzos en los aspectos económicos de la captación de aguas pluviales domésticas en entornos urbanos y peri-urbanas. En este sentido, clave Se identifican los problemas y discutido incluyendo la calidad y cantidad de agua recolectada, el agua perfil de la demanda, la escala de la instalación, las tasas de interés, el período de análisis, el valor de los bienes raíces y el nexo entre la energía de la comida del agua. Kenia y Australia se utilizan como puntos de referencia que tienen diferentes economías y políticas opuestas captación de aguas pluviales. |
| | RESULTADOS | El beneficio más evidente que se obtiene de la implementación de los sistemas de captación de agua lluvia esta dado en la función ahorro de agua ahorro económico, esto quiere decir que entra más agua se ahorre más dinero ahorrado, no obstante estos sistemas tienen otros beneficios económicos que muchas veces no son tomados en cuenta, el ahorro en la infraestructura público es un beneficio potencial de esta tecnología. La implementación de estos sistemas a escalas mayores reduciría la captación de agua cruda, su posterior tratamiento y bombeo, lo cual reduciría los costos del m3 de agua, asimismo el ahorro en el tratamiento del agua residual, debido a la disminución del volumen de agua lluvia que se contamina por el escurrimiento urbano. |

ANEXO 9
FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL N°8

| FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL | | |
|--------------------------------------|--|---|
| N° 8 | | |
| Fecha de diligenciamiento | Junio 10 de 2016 | |
| Datos descriptivos de la publicación | | |
| Título de la publicación | Análisis de rendimiento de un sistema de agua de lluvia para el Abastecimiento de Residencial comunitario: Un estudio de caso en Brisbane, Australia | |
| Lugar de elaboración | Australia | |
| Fecha de la publicación | 2013 | |
| Autor/es | Stephen Cook & Ashok Sharma & Chong Meng | |
| Palabras clave | Sistemas descentralizados recogida de aguas pluviales gestión integrada del agua nexa energía-agua urbana | |
| Tópicos relevantes de la publicación | | |
| Descripción general | RESUMEN | <p>Con la creciente necesidad de encontrar nuevas fuentes de abastecimiento de agua potable, los países desarrollados están adoptando cada vez los sistemas de captación de agua lluvia, con la intención de reducir la demanda del servicio de agua centralizada, disminuir la presión de las fuentes hídricas, es de vital importancia para la adaptación de las ciudades al cambio climático. Así pues la investigación a niveles altos de complejidad es necesaria para confirmar la viabilidad de estos sistemas. Capodi monte es una pequeña urbanización de 46 casas que se encuentra en la periferia urbana del área metropolitana de Brisbane, Australia, la cual se abastece de agua lluvia para los consumos de sus habitantes, contemplando todos los parámetros de ley establecidos para la desinfección del agua, esta comunidad es objetivo de un estudio el cual busca obtener datos concretos sobre los pros y contras de este tipo de los sistemas de abastecimiento comunales.</p> |
| | RESULTADOS | <p>la captación de agua pluvial es una estrategia viable para la adaptación al cambio climático, teniendo en cuenta que la descentralización de las fuentes tradicionales de abastecimiento, disminuirán la presión sobre las fuentes hídricas, asimismo contribuye a la restauración de los ecosistemas, la reducción de la escorrentía de aguas pluviales y reducción de la descarga de nutrientes a las fuentes receptoras. Sin embargo, estos sistemas de captación están a prueba en temas energéticos, el consumo de energía para transportar el agua recolectada no es más efectivo que el de los sistemas tradicionales, sobre todo en las zonas donde el terreno es elevado o escarpado. Aunque la eficiencia energética de estos sistemas no es la óptima, es un tópico que puede mejorar si se hace la elección correcta de la tecnología de bombeo y hay que tener en cuenta que el desarrollo científico y tecnológico contribuirán a la solución de las fallas de estos sistemas</p> |

ANEXO 10
FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL N°9

| FORMATO DE REVISIÓN DOCUMENTAL | | |
|--------------------------------------|---|---|
| N° 9 | | |
| Fecha de diligenciamiento | Junio 10 de 2016 | |
| Datos descriptivos de la publicación | | |
| Título de la publicación | Suministro de agua y manejo de aguas pluviales, beneficios de la captación de aguas pluviales residencial en ciudades de los Estados Unidos | |
| Lugar de elaboración | Estados Unidos de América | |
| Fecha de la publicación | 2013 | |
| Autor/es | Jennifer Steffen, Mark Jensen, Christine A. Pomeroy, and Steven J. Burian | |
| Palabras clave | Captación de agua lluvia, las mejores prácticas de gestión, suministro de agua, gestión de aguas pluviales, sostenibilidad | |
| Tópicos relevantes de la publicación | | |
| Descripción general | RESUMEN | <p>El artículo presenta una investigación realizada en 23 ciudades con 7 diferentes sistemas climáticos en estados unidos, con el objetivo de analizar los beneficios de ahorro de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia en residencias urbanas, en cada una de las áreas de estudio se cuantificaron primero el agua lluvia captada por área residencial, segundo la reducción de la escorrentía de agua pluvial en el drenaje residencial y por ultimo por el método de balance hídrico determinar la eficiencia de este sistemas en los diferentes escenarios. Este análisis es impulsado por la necesidad del país de generar nuevas formas de suministro de agua potable para satisfacer la creciente demanda urbana.</p> |
| | RESULTADOS | <p>Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son un enfoque alternativo al soporte tradicional de abastecimiento de agua potable, representan una respuesta para el desarrollo sostenible de las ciudades y la descentralización del suministro de agua. La eficiencia de los sistemas es evidente en todas las zonas de estudio, sin embargo el ahorro de agua varia según el área, revelando que estos sistemas son muy dependientes del sistema climático y de la capacidad de almacenamiento, pero sin lugar a dudas el ahorro de agua y el inherente ahorro económico demuestran que es una tecnología viable para la implementación en ciudades.</p> |

ANEXO 11
ANALISIS FINANCIERO CONFIGURACION # 1

Costo servicio de alcantarillado para 4 persona. Estrato 3

| Costo del agua y alcantarillado grupo de 4 personas. Estrato 3. | | | | | | | | | |
|---|----------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------|------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Agua | V/r m3 factura \$ | Cantidad consumo m3. Mensual | V/r consumo. Mensual \$ | Ahorro | Consumo con el sistema | V/ r a pagar con el sistema. Mensual \$ | V/r ahorrado. Mensual. \$ | Ahorro anual con el sistema \$ | |
| | | | | 15,30% | | | | | |
| | 1.273,00 | 13,75 | 17.503,75 | 2,10 | 11,65 | 14.825,68 | 2.678,07 | 32.136,89 | |
| | 1.051,00 | 13,75 | 14.451,25 | 2,10 | 11,65 | 12.240,21 | 2.211,04 | 26.532,50 | |
| Total | | | | | | | | 58.669,38 | |

Renovación de los elementos del sistema a 25 años

| Año | Incremento anual | Año | Incremento anual |
|-----|------------------|-----------|------------------------|
| 0 | \$ 470.946,00 | 13 | \$ 1.270.045,89 |
| 1 | \$ 508.292,02 | 14 | \$ 1.370.760,53 |
| 2 | \$ 548.599,57 | 15 | \$ 1.479.461,84 |
| 3 | \$ 592.103,52 | 16 | \$ 1.596.783,17 |
| 4 | \$ 639.057,33 | 17 | \$ 1.723.408,07 |
| 5 | \$ 689.734,58 | 18 | \$ 1.860.074,33 |
| 6 | \$ 744.430,53 | 19 | \$ 2.007.578,23 |
| 7 | \$ 803.463,87 | 20 | \$ 2.166.779,18 |
| 8 | \$ 867.178,55 | 21 | \$ 2.338.604,77 |
| 9 | \$ 935.945,81 | 22 | \$ 2.524.056,13 |
| 10 | \$ 1.010.166,32 | 23 | \$ 2.724.213,78 |
| 11 | \$ 1.090.272,51 | 24 | \$ 2.940.243,93 |
| 12 | \$ 1.176.731,12 | 25 | \$ 3.173.405,27 |

Costos

| | |
|---------------------------------------|-----------------|
| Inversión inicial | \$ 470.946,00 |
| Costos de mantenimiento anual inicial | \$ 36.276,00 |
| Costos de renovación. 25 años | \$ 3.173.405,27 |

Flujo de la configuración # 1

| Año | Flujo costos de operación | Beneficios anuales | Flujo neto | Flujo de caja operativo |
|-----|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| 0 | \$ 470.946,00 | | \$ (470.946,00) | \$ (470.946,00) |
| 1 | \$ 39.152,69 | \$ 63.321,86 | \$ 24.169,18 | \$ 24.169,18 |
| 2 | \$ 42.257,49 | \$ 68.343,29 | \$ 26.085,79 | \$ 26.085,79 |
| 3 | \$ 45.608,51 | \$ 73.762,91 | \$ 28.154,39 | \$ 28.154,39 |
| 4 | \$ 49.225,27 | \$ 79.612,31 | \$ 30.387,04 | \$ 30.387,04 |
| 5 | \$ 53.128,83 | \$ 85.925,56 | \$ 32.796,73 | \$ 32.796,73 |
| 6 | \$ 57.341,95 | \$ 92.739,46 | \$ 35.397,51 | \$ 35.397,51 |
| 7 | \$ 61.889,17 | \$ 100.093,70 | \$ 38.204,53 | \$ 38.204,53 |
| 8 | \$ 66.796,98 | \$ 108.031,13 | \$ 41.234,15 | \$ 41.234,15 |
| 9 | \$ 72.093,98 | \$ 116.598,00 | \$ 44.504,02 | \$ 44.504,02 |
| 10 | \$ 77.811,03 | \$ 125.844,22 | \$ 48.033,19 | \$ 48.033,19 |
| 11 | \$ 83.981,44 | \$ 135.823,67 | \$ 51.842,22 | \$ 51.842,22 |
| 12 | \$ 90.641,17 | \$ 146.594,48 | \$ 55.953,31 | \$ 55.953,31 |
| 13 | \$ 97.829,02 | \$ 158.219,42 | \$ 60.390,41 | \$ 60.390,41 |
| 14 | \$ 105.586,86 | \$ 170.766,22 | \$ 65.179,37 | \$ 65.179,37 |
| 15 | \$ 113.959,90 | \$ 184.307,99 | \$ 70.348,09 | \$ 70.348,09 |
| 16 | \$ 122.996,92 | \$ 198.923,61 | \$ 75.926,69 | \$ 75.926,69 |
| 17 | \$ 132.750,57 | \$ 214.698,25 | \$ 81.947,68 | \$ 81.947,68 |
| 18 | \$ 143.277,69 | \$ 231.723,82 | \$ 88.446,13 | \$ 88.446,13 |
| 19 | \$ 154.639,61 | \$ 250.099,52 | \$ 95.459,91 | \$ 95.459,91 |
| 20 | \$ 166.902,54 | \$ 269.932,41 | \$ 103.029,88 | \$ 103.029,88 |
| 21 | \$ 180.137,91 | \$ 291.338,06 | \$ 111.200,15 | \$ 111.200,15 |
| 22 | \$ 194.422,84 | \$ 314.441,16 | \$ 120.018,32 | \$ 120.018,32 |
| 23 | \$ 209.840,57 | \$ 339.376,35 | \$ 129.535,77 | \$ 129.535,77 |
| 24 | \$ 226.480,93 | \$ 366.288,89 | \$ 139.807,96 | \$ 139.807,96 |
| 25 | \$ 244.440,87 | \$ 395.335,60 | \$ 150.894,73 | \$ 150.894,73 |
| 26 | \$ 3.437.230,30 | \$ 426.685,71 | \$ (3.010.544,59) | \$ (3.010.544,59) |
| 27 | \$ 263.825,03 | \$ 460.521,89 | \$ 196.696,86 | \$ 196.696,86 |
| 28 | \$ 284.746,36 | \$ 497.041,28 | \$ 212.294,92 | \$ 212.294,92 |
| 29 | \$ 307.326,74 | \$ 536.456,65 | \$ 229.129,91 | \$ 229.129,91 |
| 30 | \$ 331.697,75 | \$ 578.997,66 | \$ 247.299,91 | \$ 247.299,91 |
| 31 | \$ 358.001,38 | \$ 624.912,18 | \$ 266.910,79 | \$ 266.910,79 |
| 32 | \$ 386.390,89 | \$ 674.467,71 | \$ 288.076,82 | \$ 288.076,82 |
| 33 | \$ 417.031,69 | \$ 727.953,00 | \$ 310.921,31 | \$ 310.921,31 |
| 34 | \$ 450.102,30 | \$ 785.679,68 | \$ 335.577,37 | \$ 335.577,37 |
| 35 | \$ 485.795,42 | \$ 847.984,07 | \$ 362.188,66 | \$ 362.188,66 |
| 36 | \$ 524.318,99 | \$ 915.229,21 | \$ 390.910,22 | \$ 390.910,22 |
| 37 | \$ 565.897,49 | \$ 987.806,89 | \$ 421.909,40 | \$ 421.909,40 |

| Año | Flujo costos de operación | Beneficios anuales | Flujo neto | Flujo de caja operativo |
|-----|---------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|
| 38 | \$ 610.773,16 | \$ 1.066.139,97 | \$ 455.366,81 | \$ 455.366,81 |
| 39 | \$ 659.207,47 | \$ 1.150.684,87 | \$ 491.477,40 | \$ 491.477,40 |
| 40 | \$ 711.482,62 | \$ 1.241.934,18 | \$ 530.451,56 | \$ 530.451,56 |
| 41 | \$ 767.903,20 | \$ 1.340.419,56 | \$ 572.516,37 | \$ 572.516,37 |
| 42 | \$ 828.797,92 | \$ 1.446.714,84 | \$ 617.916,92 | \$ 617.916,92 |
| 43 | \$ 894.521,60 | \$ 1.561.439,32 | \$ 666.917,73 | \$ 666.917,73 |
| 44 | \$ 965.457,16 | \$ 1.685.261,46 | \$ 719.804,30 | \$ 719.804,30 |
| 45 | \$ 1.042.017,91 | \$ 1.818.902,70 | \$ 776.884,78 | \$ 776.884,78 |
| 46 | \$ 1.124.649,93 | \$ 1.963.141,68 | \$ 838.491,75 | \$ 838.491,75 |
| 47 | \$ 1.213.834,67 | \$ 2.118.818,81 | \$ 904.984,14 | \$ 904.984,14 |
| 48 | \$ 1.310.091,76 | \$ 2.286.841,15 | \$ 976.749,39 | \$ 976.749,39 |
| 49 | \$ 1.413.982,04 | \$ 2.468.187,65 | \$ 1.054.205,61 | \$ 1.054.205,61 |
| 50 | \$ 1.526.110,81 | \$ 2.663.914,93 | \$ 1.137.804,12 | \$ 1.137.804,12 |

ANEXO 12
ANALISIS FINANCIERO CONFIGURACION # 2

Costo servicio de alcantarillado para 4 persona. Estrato 3

| Costo del agua y alcantarillado grupo de 4 personas. Estrato 3. | | | | | | | | |
|---|----------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------|---------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| | V/r m3 factura \$ | Cantidad consumo m3. Mensual | V/r consumo. Mensual \$ | Ahorro | Consumo con el sistema | V/ r a pagar con el sistema. Mensual \$ | V/r ahorrado. Mensual. \$ | Ahorro anual con el sistema \$ |
| | | | | 27,57% | | | | |
| Agua | 1.273,00 | 13,75 | 17.503,75 | 3,79 | 9,96 | 12.677,97 | 4.825,78 | 57.909,41 |
| | 1.051,00 | 13,75 | 14.451,25 | 3,79 | 9,96 | 10.467,04 | 3.984,21 | 47.810,52 |
| Total | | | | | | | | 105.719,92 |

Renovación de los elementos del sistema a 25 años

| Año | Incremento anual | Año | Incremento anual |
|-----|------------------|-----|------------------|
| 0 | \$ 621.092,80 | 13 | \$ 1.674.961,37 |
| 1 | \$ 670.345,46 | 14 | \$ 1.807.785,81 |
| 2 | \$ 723.503,85 | 15 | \$ 1.951.143,23 |
| 3 | \$ 780.877,71 | 16 | \$ 2.105.868,88 |
| 4 | \$ 842.801,31 | 17 | \$ 2.272.864,29 |
| 5 | \$ 909.635,46 | 18 | \$ 2.453.102,43 |
| 6 | \$ 981.769,55 | 19 | \$ 2.647.633,45 |
| 7 | \$ 1.059.623,87 | 20 | \$ 2.857.590,78 |
| 8 | \$ 1.143.652,05 | 21 | \$ 3.084.197,73 |
| 9 | \$ 1.234.343,65 | 22 | \$ 3.328.774,61 |
| 10 | \$ 1.332.227,10 | 23 | \$ 3.592.746,44 |
| 11 | \$ 1.437.872,71 | 24 | \$ 3.877.651,23 |
| 12 | \$ 1.551.896,02 | 25 | \$ 4.185.148,97 |

Costos

| | |
|--|-----------------|
| Inversión inicial | \$ 621.092,80 |
| Costos de mantenimiento. Anual inicial | \$ 36.276,00 |
| Costos de renovación. 25 años | \$ 4.185.148,97 |

Flujo de la configuración # 2

| Año | Flujo costos de operación | Beneficios anuales | Flujo neto | Flujo de caja operativo |
|-----|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| 0 | \$ 621.092,80 | | \$ (621.092,80) | \$ (621.092,80) |
| 1 | \$ 39.152,69 | \$ 114.103,51 | \$ 74.950,83 | \$ 74.950,83 |
| 2 | \$ 42.257,49 | \$ 123.151,92 | \$ 80.894,43 | \$ 80.894,43 |
| 3 | \$ 45.608,51 | \$ 132.917,87 | \$ 87.309,35 | \$ 87.309,35 |
| 4 | \$ 49.225,27 | \$ 143.458,25 | \$ 94.232,99 | \$ 94.232,99 |
| 5 | \$ 53.128,83 | \$ 154.834,49 | \$ 101.705,66 | \$ 101.705,66 |
| 6 | \$ 57.341,95 | \$ 167.112,87 | \$ 109.770,92 | \$ 109.770,92 |
| 7 | \$ 61.889,17 | \$ 180.364,92 | \$ 118.475,75 | \$ 118.475,75 |
| 8 | \$ 66.796,98 | \$ 194.667,86 | \$ 127.870,88 | \$ 127.870,88 |
| 9 | \$ 72.093,98 | \$ 210.105,02 | \$ 138.011,04 | \$ 138.011,04 |
| 10 | \$ 77.811,03 | \$ 226.766,35 | \$ 148.955,32 | \$ 148.955,32 |
| 11 | \$ 83.981,44 | \$ 244.748,92 | \$ 160.767,47 | \$ 160.767,47 |
| 12 | \$ 90.641,17 | \$ 264.157,51 | \$ 173.516,33 | \$ 173.516,33 |
| 13 | \$ 97.829,02 | \$ 285.105,20 | \$ 187.276,18 | \$ 187.276,18 |
| 14 | \$ 105.586,86 | \$ 307.714,04 | \$ 202.127,18 | \$ 202.127,18 |
| 15 | \$ 113.959,90 | \$ 332.115,76 | \$ 218.155,87 | \$ 218.155,87 |
| 16 | \$ 122.996,92 | \$ 358.452,54 | \$ 235.455,63 | \$ 235.455,63 |
| 17 | \$ 132.750,57 | \$ 386.877,83 | \$ 254.127,26 | \$ 254.127,26 |
| 18 | \$ 143.277,69 | \$ 417.557,24 | \$ 274.279,55 | \$ 274.279,55 |
| 19 | \$ 154.639,61 | \$ 450.669,53 | \$ 296.029,92 | \$ 296.029,92 |
| 20 | \$ 166.902,54 | \$ 486.407,63 | \$ 319.505,09 | \$ 319.505,09 |
| 21 | \$ 180.137,91 | \$ 524.979,75 | \$ 344.841,84 | \$ 344.841,84 |
| 22 | \$ 194.422,84 | \$ 566.610,64 | \$ 372.187,80 | \$ 372.187,80 |
| 23 | \$ 209.840,57 | \$ 611.542,87 | \$ 401.702,30 | \$ 401.702,30 |
| 24 | \$ 226.480,93 | \$ 660.038,22 | \$ 433.557,29 | \$ 433.557,29 |
| 25 | \$ 244.440,87 | \$ 712.379,25 | \$ 467.938,38 | \$ 467.938,38 |
| 26 | \$ 4.448.974,00 | \$ 768.870,92 | \$ (3.680.103,08) | \$ (3.680.103,08) |
| 27 | \$ 263.825,03 | \$ 829.842,39 | \$ 566.017,36 | \$ 566.017,36 |
| 28 | \$ 284.746,36 | \$ 895.648,89 | \$ 610.902,53 | \$ 610.902,53 |
| 29 | \$ 307.326,74 | \$ 966.673,85 | \$ 659.347,11 | \$ 659.347,11 |
| 30 | \$ 331.697,75 | \$ 1.043.331,08 | \$ 711.633,33 | \$ 711.633,33 |
| 31 | \$ 358.001,38 | \$ 1.126.067,24 | \$ 768.065,85 | \$ 768.065,85 |
| 32 | \$ 386.390,89 | \$ 1.215.364,37 | \$ 828.973,48 | \$ 828.973,48 |
| 33 | \$ 417.031,69 | \$ 1.311.742,76 | \$ 894.711,07 | \$ 894.711,07 |
| 34 | \$ 450.102,30 | \$ 1.415.763,96 | \$ 965.661,66 | \$ 965.661,66 |
| 35 | \$ 485.795,42 | \$ 1.528.034,05 | \$ 1.042.238,63 | \$ 1.042.238,63 |
| 36 | \$ 524.318,99 | \$ 1.649.207,15 | \$ 1.124.888,15 | \$ 1.124.888,15 |
| 37 | \$ 565.897,49 | \$ 1.779.989,27 | \$ 1.214.091,78 | \$ 1.214.091,78 |

| | | | | |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 38 | \$ 610.773,16 | \$ 1.921.142,42 | \$ 1.310.369,26 | \$ 1.310.369,26 |
| 39 | \$ 659.207,47 | \$ 2.073.489,02 | \$ 1.414.281,55 | \$ 1.414.281,55 |
| 40 | \$ 711.482,62 | \$ 2.237.916,70 | \$ 1.526.434,07 | \$ 1.526.434,07 |
| 41 | \$ 767.903,20 | \$ 2.415.383,49 | \$ 1.647.480,29 | \$ 1.647.480,29 |
| 42 | \$ 828.797,92 | \$ 2.606.923,40 | \$ 1.778.125,48 | \$ 1.778.125,48 |
| 43 | \$ 894.521,60 | \$ 2.813.652,43 | \$ 1.919.130,83 | \$ 1.919.130,83 |
| 44 | \$ 965.457,16 | \$ 3.036.775,06 | \$ 2.071.317,91 | \$ 2.071.317,91 |
| 45 | \$ 1.042.017,91 | \$ 3.277.591,33 | \$ 2.235.573,42 | \$ 2.235.573,42 |
| 46 | \$ 1.124.649,93 | \$ 3.537.504,32 | \$ 2.412.854,39 | \$ 2.412.854,39 |
| 47 | \$ 1.213.834,67 | \$ 3.818.028,41 | \$ 2.604.193,74 | \$ 2.604.193,74 |
| 48 | \$ 1.310.091,76 | \$ 4.120.798,07 | \$ 2.810.706,31 | \$ 2.810.706,31 |
| 49 | \$ 1.413.982,04 | \$ 4.447.577,35 | \$ 3.033.595,32 | \$ 3.033.595,32 |
| 50 | \$ 1.526.110,81 | \$ 4.800.270,24 | \$ 3.274.159,42 | \$ 3.274.159,42 |

ANEXO 13
ANALISIS FINANCIERO CONFIGURACION # 3

Costo servicio de alcantarillado para 8 personas. Estrato 3

| Costo del agua y alcantarillado grupo de 8 personas. Estrato 3. | | | | | | | | |
|---|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|--------|------------------------------|---|------------------------------|-----------------------------------|
| | V/r m3 factura \$ | Cantidad consumo m3. Mensual | V/r consumo. Mensual \$ | Ahorro | Consumo con el sistema | V/r a pagar con el sistema. Mensual \$ | V/r ahorrado. Mensual. \$ | Ahorro anual con el sistema \$ |
| | | | | 8,00% | | | | |
| Agua | 1.273,00 | 27,50 | 35.007,50 | 2,20 | 25,30 | 32.206,90 | 2.800,60 | 33.607,20 |
| | 1.051,00 | 27,50 | 28.902,50 | 2,20 | 25,30 | 26.590,30 | 2.312,20 | 27.746,40 |
| Total | | | | | | | | 61.353,60 |

Renovación de los elementos del sistema a 25 años

| Año | Incremento anual | Año | Incremento anual |
|-----|------------------|-----|------------------|
| 0 | \$ 513.646,50 | 13 | \$ 1.385.200,49 |
| 1 | \$ 554.378,67 | 14 | \$ 1.495.046,88 |
| 2 | \$ 598.340,90 | 15 | \$ 1.613.604,10 |
| 3 | \$ 645.789,33 | 16 | \$ 1.741.562,91 |
| 4 | \$ 697.000,42 | 17 | \$ 1.879.668,85 |
| 5 | \$ 752.272,56 | 18 | \$ 2.028.726,58 |
| 6 | \$ 811.927,77 | 19 | \$ 2.189.604,60 |
| 7 | \$ 876.313,64 | 20 | \$ 2.363.240,25 |
| 8 | \$ 945.805,31 | 21 | \$ 2.550.645,20 |
| 9 | \$ 1.020.807,68 | 22 | \$ 2.752.911,36 |
| 10 | \$ 1.101.757,72 | 23 | \$ 2.971.217,23 |
| 11 | \$ 1.189.127,11 | 24 | \$ 3.206.834,76 |
| 12 | \$ 1.283.424,89 | 25 | \$ 3.461.136,76 |

Costos

| | |
|--|-----------------|
| Inversión inicial | \$ 513.646,50 |
| Costos de mantenimiento. Anual inicial | \$ 36.276,00 |
| Costos de mantenimiento. 25 años | \$ 3.461.136,76 |

Flujo de la configuración #3

| Año | Flujo costos de operación | Beneficios anuales | Flujo neto | Flujo de caja operativo |
|-----|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| 0 | \$ 513.646,50 | | \$ (513.646,50) | \$ (513.646,50) |
| 1 | \$ 39.152,69 | \$ 66.218,94 | \$ 27.066,25 | \$ 27.066,25 |
| 2 | \$ 42.257,49 | \$ 71.470,10 | \$ 29.212,61 | \$ 29.212,61 |
| 3 | \$ 45.608,51 | \$ 77.137,68 | \$ 31.529,17 | \$ 31.529,17 |
| 4 | \$ 49.225,27 | \$ 83.254,70 | \$ 34.029,43 | \$ 34.029,43 |
| 5 | \$ 53.128,83 | \$ 89.856,80 | \$ 36.727,96 | \$ 36.727,96 |
| 6 | \$ 57.341,95 | \$ 96.982,44 | \$ 39.640,49 | \$ 39.640,49 |
| 7 | \$ 61.889,17 | \$ 104.673,15 | \$ 42.783,98 | \$ 42.783,98 |
| 8 | \$ 66.796,98 | \$ 112.973,73 | \$ 46.176,75 | \$ 46.176,75 |
| 9 | \$ 72.093,98 | \$ 121.932,55 | \$ 49.838,57 | \$ 49.838,57 |
| 10 | \$ 77.811,03 | \$ 131.601,80 | \$ 53.790,77 | \$ 53.790,77 |
| 11 | \$ 83.981,44 | \$ 142.037,82 | \$ 58.056,38 | \$ 58.056,38 |
| 12 | \$ 90.641,17 | \$ 153.301,42 | \$ 62.660,25 | \$ 62.660,25 |
| 13 | \$ 97.829,02 | \$ 165.458,22 | \$ 67.629,20 | \$ 67.629,20 |
| 14 | \$ 105.586,86 | \$ 178.579,06 | \$ 72.992,20 | \$ 72.992,20 |
| 15 | \$ 113.959,90 | \$ 192.740,38 | \$ 78.780,48 | \$ 78.780,48 |
| 16 | \$ 122.996,92 | \$ 208.024,69 | \$ 85.027,77 | \$ 85.027,77 |
| 17 | \$ 132.750,57 | \$ 224.521,05 | \$ 91.770,48 | \$ 91.770,48 |
| 18 | \$ 143.277,69 | \$ 242.325,57 | \$ 99.047,87 | \$ 99.047,87 |
| 19 | \$ 154.639,61 | \$ 261.541,98 | \$ 106.902,37 | \$ 106.902,37 |
| 20 | \$ 166.902,54 | \$ 282.282,26 | \$ 115.379,73 | \$ 115.379,73 |
| 21 | \$ 180.137,91 | \$ 304.667,25 | \$ 124.529,34 | \$ 124.529,34 |
| 22 | \$ 194.422,84 | \$ 328.827,36 | \$ 134.404,52 | \$ 134.404,52 |
| 23 | \$ 209.840,57 | \$ 354.903,37 | \$ 145.062,80 | \$ 145.062,80 |
| 24 | \$ 226.480,93 | \$ 383.047,21 | \$ 156.566,28 | \$ 156.566,28 |
| 25 | \$ 244.440,87 | \$ 413.422,85 | \$ 168.981,98 | \$ 168.981,98 |
| 26 | \$ 3.724.961,79 | \$ 446.207,28 | \$ (3.278.754,51) | \$ (3.278.754,51) |
| 27 | \$ 263.825,03 | \$ 481.591,52 | \$ 217.766,49 | \$ 217.766,49 |
| 28 | \$ 284.746,36 | \$ 519.781,73 | \$ 235.035,37 | \$ 235.035,37 |
| 29 | \$ 307.326,74 | \$ 561.000,42 | \$ 253.673,68 | \$ 253.673,68 |
| 30 | \$ 331.697,75 | \$ 605.487,75 | \$ 273.790,00 | \$ 273.790,00 |
| 31 | \$ 358.001,38 | \$ 653.502,93 | \$ 295.501,55 | \$ 295.501,55 |
| 32 | \$ 386.390,89 | \$ 705.325,71 | \$ 318.934,82 | \$ 318.934,82 |
| 33 | \$ 417.031,69 | \$ 761.258,04 | \$ 344.226,35 | \$ 344.226,35 |
| 34 | \$ 450.102,30 | \$ 821.625,80 | \$ 371.523,50 | \$ 371.523,50 |
| 35 | \$ 485.795,42 | \$ 886.780,73 | \$ 400.985,31 | \$ 400.985,31 |
| 36 | \$ 524.318,99 | \$ 957.102,44 | \$ 432.783,45 | \$ 432.783,45 |
| 37 | \$ 565.897,49 | \$ 1.033.000,67 | \$ 467.103,18 | \$ 467.103,18 |

| Año | Flujo costos de operación | Beneficios anuales | Flujo neto | Flujo de caja operativo |
|-----|---------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|
| 38 | \$ 610.773,16 | \$ 1.114.917,62 | \$ 504.144,46 | \$ 504.144,46 |
| 39 | \$ 659.207,47 | \$ 1.203.330,59 | \$ 544.123,11 | \$ 544.123,11 |
| 40 | \$ 711.482,62 | \$ 1.298.754,70 | \$ 587.272,08 | \$ 587.272,08 |
| 41 | \$ 767.903,20 | \$ 1.401.745,95 | \$ 633.842,75 | \$ 633.842,75 |
| 42 | \$ 828.797,92 | \$ 1.512.904,40 | \$ 684.106,48 | \$ 684.106,48 |
| 43 | \$ 894.521,60 | \$ 1.632.877,72 | \$ 738.356,13 | \$ 738.356,13 |
| 44 | \$ 965.457,16 | \$ 1.762.364,93 | \$ 796.907,77 | \$ 796.907,77 |
| 45 | \$ 1.042.017,91 | \$ 1.902.120,47 | \$ 860.102,55 | \$ 860.102,55 |
| 46 | \$ 1.124.649,93 | \$ 2.052.958,62 | \$ 928.308,69 | \$ 928.308,69 |
| 47 | \$ 1.213.834,67 | \$ 2.215.758,24 | \$ 1.001.923,57 | \$ 1.001.923,57 |
| 48 | \$ 1.310.091,76 | \$ 2.391.467,87 | \$ 1.081.376,11 | \$ 1.081.376,11 |
| 49 | \$ 1.413.982,04 | \$ 2.581.111,27 | \$ 1.167.129,23 | \$ 1.167.129,23 |
| 50 | \$ 1.526.110,81 | \$ 2.785.793,39 | \$ 1.259.682,58 | \$ 1.259.682,58 |

ANEXO 14
ANALISIS FINANCIERO CONFIGURACION # 4

Costo servicio de alcantarillado para 8 personas. Estrato 3

| Costo del agua y alcantarillado grupo de 8 personas. Estrato 3. | | | | | | | | |
|---|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------|--------|------------------------------|--|------------------------------|-----------------------------------|
| | V/r m3 factura \$ | Cantidad consumo m3. Mensual | V/r consumo. Mensual \$ | Ahorro | Consumo con el sistema | V/ r a pagar con el sistema. Mensual \$ | V/r ahorrado. Mensual. \$ | Ahorro anual con el sistema \$ |
| | | | | 17,09% | | | | |
| Agua | 1.273,00 | 27,50 | 35.007,50 | 4,70 | 22,80 | 29.024,72 | 5.982,78 | 71.793,38 |
| | 1.051,00 | 27,50 | 28.902,50 | 4,70 | 22,80 | 23.963,06 | 4.939,44 | 59.273,25 |
| Total | | | | | | | | 131.066,63 |

Renovación de los elementos del sistema a 25 años

| Año | Incremento anual | Año | Incremento anual |
|-----|---------------------|-----|------------------|
| 0 | \$ 656.943,30 | 13 | \$ 1.771.642,91 |
| 1 | \$ 709.038,90 | 14 | \$ 1.912.134,19 |
| 2 | \$ 765.265,69 | 15 | \$ 2.063.766,43 |
| 3 | \$ 825.951,26 | 16 | \$ 2.227.423,11 |
| 4 | \$ 891.449,19 | 17 | \$ 2.404.057,76 |
| 5 | \$ 962.141,11 | 18 | \$ 2.594.699,54 |
| 6 | \$ 1.038.438,90 | 19 | \$ 2.800.459,21 |
| 7 | \$ 1.120.787,11 | 20 | \$ 3.022.535,63 |
| 8 | \$ 1.209.665,53 | 21 | \$ 3.262.222,70 |
| 9 | \$ 1.305.592,00 | 22 | \$ 3.520.916,96 |
| 10 | \$ 1.409.125,45 | 23 | \$ 3.800.125,68 |
| 11 | \$ 1.520.869,10 | 24 | \$ 4.101.475,65 |
| 12 | \$ 1.641.474,02 | 25 | \$ 4.426.722,67 |

Costos

| | |
|--|-----------------|
| Inversión inicial | \$ 656.943,30 |
| Costos de mantenimiento. Anual inicial | \$ 36.276,00 |
| Costos de renovación. 25 años | \$ 4.426.722,67 |

Flujo de la configuración # 4

| Año | Flujo costos de operación | Beneficios anuales | Flujo neto | Flujo de caja operativo |
|-----|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| 0 | \$ 656.943,30 | | \$ (656.943,30) | \$ (656.943,30) |
| 1 | \$ 39.152,69 | \$ 141.460,21 | \$ 102.307,52 | \$ 102.307,52 |
| 2 | \$ 42.257,49 | \$ 152.678,01 | \$ 110.420,51 | \$ 110.420,51 |
| 3 | \$ 45.608,51 | \$ 164.785,37 | \$ 119.176,86 | \$ 119.176,86 |
| 4 | \$ 49.225,27 | \$ 177.852,85 | \$ 128.627,58 | \$ 128.627,58 |
| 5 | \$ 53.128,83 | \$ 191.956,58 | \$ 138.827,75 | \$ 138.827,75 |
| 6 | \$ 57.341,95 | \$ 207.178,74 | \$ 149.836,79 | \$ 149.836,79 |
| 7 | \$ 61.889,17 | \$ 223.608,01 | \$ 161.718,85 | \$ 161.718,85 |
| 8 | \$ 66.796,98 | \$ 241.340,13 | \$ 174.543,15 | \$ 174.543,15 |
| 9 | \$ 72.093,98 | \$ 260.478,40 | \$ 188.384,43 | \$ 188.384,43 |
| 10 | \$ 77.811,03 | \$ 281.134,34 | \$ 203.323,31 | \$ 203.323,31 |
| 11 | \$ 83.981,44 | \$ 303.428,29 | \$ 219.446,85 | \$ 219.446,85 |
| 12 | \$ 90.641,17 | \$ 327.490,16 | \$ 236.848,98 | \$ 236.848,98 |
| 13 | \$ 97.829,02 | \$ 353.460,13 | \$ 255.631,11 | \$ 255.631,11 |
| 14 | \$ 105.586,86 | \$ 381.489,51 | \$ 275.902,65 | \$ 275.902,65 |
| 15 | \$ 113.959,90 | \$ 411.741,63 | \$ 297.781,74 | \$ 297.781,74 |
| 16 | \$ 122.996,92 | \$ 444.392,74 | \$ 321.395,83 | \$ 321.395,83 |
| 17 | \$ 132.750,57 | \$ 479.633,09 | \$ 346.882,52 | \$ 346.882,52 |
| 18 | \$ 143.277,69 | \$ 517.667,99 | \$ 374.390,30 | \$ 374.390,30 |
| 19 | \$ 154.639,61 | \$ 558.719,06 | \$ 404.079,45 | \$ 404.079,45 |
| 20 | \$ 166.902,54 | \$ 603.025,49 | \$ 436.122,95 | \$ 436.122,95 |
| 21 | \$ 180.137,91 | \$ 650.845,41 | \$ 470.707,50 | \$ 470.707,50 |
| 22 | \$ 194.422,84 | \$ 702.457,45 | \$ 508.034,61 | \$ 508.034,61 |
| 23 | \$ 209.840,57 | \$ 758.162,32 | \$ 548.321,75 | \$ 548.321,75 |
| 24 | \$ 226.480,93 | \$ 818.284,60 | \$ 591.803,66 | \$ 591.803,66 |
| 25 | \$ 244.440,87 | \$ 883.174,56 | \$ 638.733,70 | \$ 638.733,70 |
| 26 | \$ 4.690.547,70 | \$ 953.210,31 | \$ (3.737.337,39) | \$ (3.737.337,39) |
| 27 | \$ 263.825,03 | \$ 1.028.799,88 | \$ 764.974,85 | \$ 764.974,85 |
| 28 | \$ 284.746,36 | \$ 1.110.383,72 | \$ 825.637,36 | \$ 825.637,36 |
| 29 | \$ 307.326,74 | \$ 1.198.437,14 | \$ 891.110,40 | \$ 891.110,40 |
| 30 | \$ 331.697,75 | \$ 1.293.473,21 | \$ 961.775,46 | \$ 961.775,46 |
| 31 | \$ 358.001,38 | \$ 1.396.045,64 | \$ 1.038.044,25 | \$ 1.038.044,25 |
| 32 | \$ 386.390,89 | \$ 1.506.752,05 | \$ 1.120.361,16 | \$ 1.120.361,16 |
| 33 | \$ 417.031,69 | \$ 1.626.237,49 | \$ 1.209.205,80 | \$ 1.209.205,80 |
| 34 | \$ 450.102,30 | \$ 1.755.198,13 | \$ 1.305.095,82 | \$ 1.305.095,82 |
| 35 | \$ 485.795,42 | \$ 1.894.385,34 | \$ 1.408.589,92 | \$ 1.408.589,92 |
| 36 | \$ 524.318,99 | \$ 2.044.610,09 | \$ 1.520.291,10 | \$ 1.520.291,10 |
| 37 | \$ 565.897,49 | \$ 2.206.747,67 | \$ 1.640.850,18 | \$ 1.640.850,18 |

| Año | Flujo costos de operación | Beneficios anuales | Flujo neto | Flujo de caja operativo |
|-----|---------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|
| 38 | \$ 610.773,16 | \$ 2.381.742,76 | \$ 1.770.969,60 | \$ 1.770.969,60 |
| 39 | \$ 659.207,47 | \$ 2.570.614,97 | \$ 1.911.407,49 | \$ 1.911.407,49 |
| 40 | \$ 711.482,62 | \$ 2.774.464,73 | \$ 2.062.982,11 | \$ 2.062.982,11 |
| 41 | \$ 767.903,20 | \$ 2.994.479,79 | \$ 2.226.576,59 | \$ 2.226.576,59 |
| 42 | \$ 828.797,92 | \$ 3.231.942,03 | \$ 2.403.144,11 | \$ 2.403.144,11 |
| 43 | \$ 894.521,60 | \$ 3.488.235,04 | \$ 2.593.713,44 | \$ 2.593.713,44 |
| 44 | \$ 965.457,16 | \$ 3.764.852,07 | \$ 2.799.394,92 | \$ 2.799.394,92 |
| 45 | \$ 1.042.017,91 | \$ 4.063.404,84 | \$ 3.021.386,93 | \$ 3.021.386,93 |
| 46 | \$ 1.124.649,93 | \$ 4.385.632,85 | \$ 3.260.982,92 | \$ 3.260.982,92 |
| 47 | \$ 1.213.834,67 | \$ 4.733.413,53 | \$ 3.519.578,86 | \$ 3.519.578,86 |
| 48 | \$ 1.310.091,76 | \$ 5.108.773,23 | \$ 3.798.681,47 | \$ 3.798.681,47 |
| 49 | \$ 1.413.982,04 | \$ 5.513.898,94 | \$ 4.099.916,91 | \$ 4.099.916,91 |
| 50 | \$ 1.526.110,81 | \$ 5.951.151,13 | \$ 4.425.040,32 | \$ 4.425.040,32 |

ANEXO 15
ANALISIS FINANCIERO CONFIGURACION # 5

Costo servicio de alcantarillado para 80 personas. Estrato 3

| Costo del agua y alcantarillado grupo de 80 personas. Estrato 3. | | | | | | | | |
|--|----------------------|------------------------------------|----------------------------|--------|---------------------------|---|------------------------------|--------------------------------------|
| | V/r m3 factura \$ | Cantidad consumo m3. mensual | V/r consumo. Mensual \$ | ahorro | Consumo con el sistema | V/ r a pagar con el sistema. Mensual \$ | V/r ahorrado. Mensual. \$ | Ahorro anual con el sistema \$ |
| | | | | 5,34% | | | | |
| Agua | 1.273,00 | 275,00 | 350.075,00 | 14,69 | 260,32 | 331.381,00 | 18.694,01 | 224.328,06 |
| | 1.051,00 | 275,00 | 289.025,00 | 14,69 | 260,32 | 273.591,07 | 15.433,94 | 185.207,22 |
| Total | | | | | | | | 409.535,28 |

Renovación de los elementos de sistema a 25 años

| año | incremento anual | año | incremento anual |
|-----|---------------------|-----------|-------------------------|
| 0 | \$ 3.636.278,20 | 13 | \$ 9.806.305,17 |
| 1 | \$ 3.924.635,06 | 14 | \$ 10.583.945,17 |
| 2 | \$ 4.235.858,62 | 15 | \$ 11.423.252,02 |
| 3 | \$ 4.571.762,21 | 16 | \$ 12.329.115,90 |
| 4 | \$ 4.934.302,95 | 17 | \$ 13.306.814,79 |
| 5 | \$ 5.325.593,18 | 18 | \$ 14.362.045,21 |
| 6 | \$ 5.747.912,72 | 19 | \$ 15.500.955,39 |
| 7 | \$ 6.203.722,20 | 20 | \$ 16.730.181,15 |
| 8 | \$ 6.695.677,37 | 21 | \$ 18.056.884,52 |
| 9 | \$ 7.226.644,58 | 22 | \$ 19.488.795,46 |
| 10 | \$ 7.799.717,50 | 23 | \$ 21.034.256,94 |
| 11 | \$ 8.418.235,09 | 24 | \$ 22.702.273,52 |
| 12 | \$ 9.085.801,14 | 25 | \$ 24.502.563,81 |

Renovación de la motobomba cada 15 años

| año | incremento anual | año | incremento anual |
|-----|------------------|-----------|-------------------------|
| 0 | \$ 5.736.900,00 | 26 | \$ 41.722.842,01 |
| 1 | \$ 6.191.836,17 | 27 | \$ 45.031.463,38 |
| 2 | \$ 6.682.848,78 | 28 | \$ 48.602.458,43 |
| 3 | \$ 7.212.798,69 | 29 | \$ 52.456.633,38 |
| 4 | \$ 7.784.773,62 | 30 | \$ 56.616.444,41 |

| año | incremento anual | año | incremento anual |
|-----|------------------|-----|-------------------|
| 5 | \$ 8.402.106,17 | 31 | \$ 61.106.128,45 |
| 6 | \$ 9.068.393,19 | 32 | \$ 65.951.844,43 |
| 7 | \$ 9.787.516,77 | 33 | \$ 71.181.825,70 |
| 8 | \$ 10.563.666,85 | 34 | \$ 76.826.544,48 |
| 9 | \$ 11.401.365,63 | 35 | \$ 82.918.889,45 |
| 10 | \$ 12.305.493,93 | 36 | \$ 89.494.357,39 |
| 11 | \$ 13.281.319,59 | 37 | \$ 96.591.259,93 |
| 12 | \$ 14.334.528,24 | 38 | \$ 104.250.946,84 |
| 13 | \$ 15.471.256,33 | 39 | \$ 112.518.046,92 |
| 14 | \$ 16.698.126,95 | 40 | \$ 121.440.728,04 |
| 15 | \$ 18.022.288,42 | 41 | \$ 131.070.977,78 |
| 16 | \$ 19.451.455,89 | 42 | \$ 141.464.906,32 |
| 17 | \$ 20.993.956,34 | 43 | \$ 152.683.073,39 |
| 18 | \$ 22.658.777,08 | 44 | \$ 164.790.841,11 |
| 19 | \$ 24.455.618,11 | 45 | \$ 177.858.754,81 |
| 20 | \$ 26.394.948,62 | 46 | \$ 191.962.954,06 |
| 21 | \$ 28.488.068,05 | 47 | \$ 207.185.616,32 |
| 22 | \$ 30.747.171,84 | 48 | \$ 223.615.435,69 |
| 23 | \$ 33.185.422,57 | 49 | \$ 241.348.139,74 |
| 24 | \$ 35.817.026,58 | 50 | \$ 260.487.047,23 |
| 25 | \$ 38.657.316,79 | | |

Costos

| | |
|--|-------------------|
| Inversión inicial | \$ 9.404.078,20 |
| Costos de mantenimiento. Anual inicial | \$ 36.276,00 |
| Costos de renovación. 25 años | \$ 24.502.563,81 |
| Costos de renovación. 25 años | \$ 18.022.288,42 |
| Costos de renovación. 25 años | \$ 56.616.444,41 |
| Costos de renovación. 25 años | \$ 177.858.754,81 |

Flujo de la configuración # 5

| Año | Flujo costos de operación | Flujo costos de operación electricidad | Total Costos de operación | Beneficios anuales | Flujo neto | FLUJO DE CAJA OPERATIVO |
|-----|---------------------------|--|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| 0 | \$ 9.404.078,20 | \$ 529.372,60 | \$ 9.933.450,80 | | \$ (9.933.450,80) | \$ (9.933.450,80) |
| 1 | \$ 39.152,69 | \$ 571.351,85 | \$ 610.504,54 | \$ 442.011,43 | \$ (168.493,11) | \$ (168.493,11) |
| 2 | \$ 42.257,49 | \$ 616.660,05 | \$ 658.917,55 | \$ 477.062,93 | \$ (181.854,61) | \$ (181.854,61) |
| 3 | \$ 45.608,51 | \$ 665.561,19 | \$ 711.169,71 | \$ 514.894,02 | \$ (196.275,68) | \$ (196.275,68) |

| Año | Flujo costos de operación | Flujo costos de operación electricidad | Total Costos de operación | Beneficios anuales | Flujo neto | FLUJO DE CAJA OPERATIVO |
|-----|---------------------------|--|---------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| 4 | \$ 49.225,27 | \$ 718.340,20 | \$ 767.565,47 | \$ 555.725,12 | \$ (211.840,35) | \$ (211.840,35) |
| 5 | \$ 53.128,83 | \$ 775.304,58 | \$ 828.433,41 | \$ 599.794,12 | \$ (228.639,29) | \$ (228.639,29) |
| 6 | \$ 57.341,95 | \$ 836.786,23 | \$ 894.128,18 | \$ 647.357,80 | \$ (246.770,38) | \$ (246.770,38) |
| 7 | \$ 61.889,17 | \$ 903.143,38 | \$ 965.032,54 | \$ 698.693,27 | \$ (266.339,27) | \$ (266.339,27) |
| 8 | \$ 66.796,98 | \$ 974.762,65 | \$ 1.041.559,62 | \$ 754.099,65 | \$ (287.459,98) | \$ (287.459,98) |
| 9 | \$ 72.093,98 | \$ 1.052.061,32 | \$ 1.124.155,30 | \$ 813.899,75 | \$ (310.255,55) | \$ (310.255,55) |
| 10 | \$ 77.811,03 | \$ 1.135.489,79 | \$ 1.213.300,82 | \$ 878.442,00 | \$ (334.858,82) | \$ (334.858,82) |
| 11 | \$ 83.981,44 | \$ 1.225.534,13 | \$ 1.309.515,57 | \$ 948.102,45 | \$ (361.413,12) | \$ (361.413,12) |
| 12 | \$ 90.641,17 | \$ 1.322.718,98 | \$ 1.413.360,16 | \$ 1.023.286,97 | \$ (390.073,18) | \$ (390.073,18) |
| 13 | \$ 97.829,02 | \$ 1.427.610,60 | \$ 1.525.439,62 | \$ 1.104.433,63 | \$ (421.005,99) | \$ (421.005,99) |
| 14 | \$ 105.586,86 | \$ 1.540.820,12 | \$ 1.646.406,98 | \$ 1.192.015,22 | \$ (454.391,76) | \$ (454.391,76) |
| 15 | \$ 113.959,90 | \$ 1.663.007,15 | \$ 1.776.967,05 | \$ 1.286.542,02 | \$ (490.425,03) | \$ (490.425,03) |
| 16 | \$ 18.145.285,34 | \$ 1.794.883,62 | \$ 19.940.168,96 | \$ 1.388.564,81 | \$ (18.551.604,15) | \$ (18.551.604,15) |
| 17 | \$ 122.996,92 | \$ 1.937.217,89 | \$ 2.060.214,81 | \$ 1.498.678,00 | \$ (561.536,81) | \$ (561.536,81) |
| 18 | \$ 132.750,57 | \$ 2.090.839,27 | \$ 2.223.589,84 | \$ 1.617.523,16 | \$ (606.066,68) | \$ (606.066,68) |
| 19 | \$ 143.277,69 | \$ 2.256.642,83 | \$ 2.399.920,52 | \$ 1.745.792,75 | \$ (654.127,77) | \$ (654.127,77) |
| 20 | \$ 154.639,61 | \$ 2.435.594,60 | \$ 2.590.234,22 | \$ 1.884.234,11 | \$ (706.000,10) | \$ (706.000,10) |
| 21 | \$ 166.902,54 | \$ 2.628.737,25 | \$ 2.795.639,79 | \$ 2.033.653,88 | \$ (761.985,91) | \$ (761.985,91) |
| 22 | \$ 180.137,91 | \$ 2.837.196,12 | \$ 3.017.334,02 | \$ 2.194.922,63 | \$ (822.411,40) | \$ (822.411,40) |
| 23 | \$ 194.422,84 | \$ 3.062.185,77 | \$ 3.256.608,61 | \$ 2.368.979,99 | \$ (887.628,62) | \$ (887.628,62) |
| 24 | \$ 209.840,57 | \$ 3.305.017,10 | \$ 3.514.857,68 | \$ 2.556.840,11 | \$ (958.017,57) | \$ (958.017,57) |
| 25 | \$ 226.480,93 | \$ 3.567.104,96 | \$ 3.793.585,89 | \$ 2.759.597,53 | \$ (1.033.988,36) | \$ (1.033.988,36) |
| 26 | \$ 24.747.004,68 | \$ 3.849.976,38 | \$ 28.596.981,06 | \$ 2.978.433,61 | \$ (25.618.547,45) | \$ (25.618.547,45) |
| 27 | \$ 244.440,87 | \$ 4.155.279,51 | \$ 4.399.720,38 | \$ 3.214.623,40 | \$ (1.185.096,98) | \$ (1.185.096,98) |
| 28 | \$ 263.825,03 | \$ 4.484.793,17 | \$ 4.748.618,20 | \$ 3.469.543,03 | \$ (1.279.075,17) | \$ (1.279.075,17) |
| 29 | \$ 284.746,36 | \$ 4.840.437,27 | \$ 5.125.183,63 | \$ 3.744.677,79 | \$ (1.380.505,83) | \$ (1.380.505,83) |
| 30 | \$ 307.326,74 | \$ 5.224.283,95 | \$ 5.531.610,69 | \$ 4.041.630,74 | \$ (1.489.979,94) | \$ (1.489.979,94) |
| 31 | \$ 56.948.142,16 | \$ 5.638.569,66 | \$ 62.586.711,82 | \$ 4.362.132,06 | \$ (58.224.579,76) | \$ (58.224.579,76) |
| 32 | \$ 331.697,75 | \$ 6.085.708,24 | \$ 6.417.405,99 | \$ 4.708.049,13 | \$ (1.709.356,86) | \$ (1.709.356,86) |
| 33 | \$ 358.001,38 | \$ 6.568.304,90 | \$ 6.926.306,29 | \$ 5.081.397,43 | \$ (1.844.908,86) | \$ (1.844.908,86) |
| 34 | \$ 386.390,89 | \$ 7.089.171,48 | \$ 7.475.562,37 | \$ 5.484.352,25 | \$ (1.991.210,13) | \$ (1.991.210,13) |
| 35 | \$ 417.031,69 | \$ 7.651.342,78 | \$ 8.068.374,47 | \$ 5.919.261,38 | \$ (2.149.113,09) | \$ (2.149.113,09) |
| 36 | \$ 450.102,30 | \$ 8.258.094,26 | \$ 8.708.196,57 | \$ 6.388.658,81 | \$ (2.319.537,76) | \$ (2.319.537,76) |
| 37 | \$ 485.795,42 | \$ 8.912.961,14 | \$ 9.398.756,55 | \$ 6.895.279,45 | \$ (2.503.477,10) | \$ (2.503.477,10) |
| 38 | \$ 524.318,99 | \$ 9.619.758,95 | \$ 10.144.077,95 | \$ 7.442.075,11 | \$ (2.702.002,84) | \$ (2.702.002,84) |
| 39 | \$ 565.897,49 | \$ 10.382.605,84 | \$ 10.948.503,33 | \$ 8.032.231,67 | \$ (2.916.271,66) | \$ (2.916.271,66) |
| 40 | \$ 610.773,16 | \$ 11.205.946,48 | \$ 11.816.719,64 | \$ 8.669.187,64 | \$ (3.147.532,00) | \$ (3.147.532,00) |
| 41 | \$ 659.207,47 | \$ 12.094.578,04 | \$ 12.753.785,51 | \$ 9.356.654,22 | \$ (3.397.131,29) | \$ (3.397.131,29) |
| 42 | \$ 711.482,62 | \$ 13.053.678,08 | \$ 13.765.160,70 | \$ 10.098.636,90 | \$ (3.666.523,80) | \$ (3.666.523,80) |

| Año | Flujo costos de operación | Flujo costos de operación electricidad | Total Costos de operación | Beneficios anuales | Flujo neto | FLUJO DE CAJA OPERATIVO |
|-----|---------------------------|--|---------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| 43 | \$ 767.903,20 | \$ 14.088.834,75 | \$ 14.856.737,95 | \$ 10.899.458,80 | \$ (3.957.279,14) | \$ (3.957.279,14) |
| 44 | \$ 828.797,92 | \$ 15.206.079,34 | \$ 16.034.877,26 | \$ 11.763.785,89 | \$ (4.271.091,38) | \$ (4.271.091,38) |
| 45 | \$ 894.521,60 | \$ 16.411.921,44 | \$ 17.306.443,03 | \$ 12.696.654,11 | \$ (4.609.788,92) | \$ (4.609.788,92) |
| 46 | \$ 178.824.211,96 | \$ 17.713.386,81 | \$ 196.537.598,77 | \$ 13.703.498,78 | \$ (182.834.099,99) | \$ (182.834.099,99) |
| 47 | \$ 965.457,16 | \$ 19.118.058,38 | \$ 20.083.515,54 | \$ 14.790.186,23 | \$ (5.293.329,31) | \$ (5.293.329,31) |
| 48 | \$ 1.042.017,91 | \$ 20.634.120,41 | \$ 21.676.138,32 | \$ 15.963.048,00 | \$ (5.713.090,32) | \$ (5.713.090,32) |
| 49 | \$ 1.124.649,93 | \$ 22.270.406,16 | \$ 23.395.056,09 | \$ 17.228.917,71 | \$ (6.166.138,38) | \$ (6.166.138,38) |
| 50 | \$ 1.213.834,67 | \$ 24.036.449,37 | \$ 25.250.284,04 | \$ 18.595.170,88 | \$ (6.655.113,16) | \$ (6.655.113,16) |

ANEXO 16
ANALISIS FINANCIERO CONFIGURACION # 6

Costo servicio de alcantarillado para 80 personas. Estrato 3

| Costo del agua y alcantarillado grupo de 80 personas. Estrato 3. | | | | | | | | |
|--|----------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------|---------------------------|---|---------------------------------|--------------------------------------|
| | V/r m3 factura \$ | Cantidad consumo m3. mensual | V/r consumo. Mensual \$ | ahorro | Consumo con el sistema | V/ r a pagar con el sistema. Mensual \$ | V/r ahorrado. Mensual. \$ | Ahorro anual con el sistema \$ |
| | | | | 13,50% | | | | |
| Agua | 1.273,00 | 275,00 | 350.075,00 | 37,13 | 237,88 | 302.814,88 | 47.260,13 | 567.121,50 |
| | 1.051,00 | 275,00 | 289.025,00 | 37,13 | 237,88 | 250.006,63 | 39.018,38 | 468.220,50 |
| Total | | | | | | | | 1.035.342,00 |

Renovación de los elementos del sistema a 25 años

| Año | Incremento anual | Año | Incremento anual |
|-----|---------------------|-----|---------------------|
| 0 | \$ 5.307.577,60 | 13 | \$ 14.313.460,85 |
| 1 | \$ 5.728.468,50 | 14 | \$ 15.448.518,29 |
| 2 | \$ 6.182.736,06 | 15 | \$ 16.673.585,79 |
| 3 | \$ 6.673.027,03 | 16 | \$ 17.995.801,14 |
| 4 | \$ 7.202.198,07 | 17 | \$ 19.422.868,17 |
| 5 | \$ 7.773.332,38 | 18 | \$ 20.963.101,62 |
| 6 | \$ 8.389.757,63 | 19 | \$ 22.625.475,58 |
| 7 | \$ 9.055.065,41 | 20 | \$ 24.419.675,79 |
| 8 | \$ 9.773.132,10 | 21 | \$ 26.356.156,08 |
| 9 | \$ 10.548.141,48 | 22 | \$ 28.446.199,26 |
| 10 | \$ 11.384.609,09 | 23 | \$ 30.701.982,86 |
| 11 | \$ 12.287.408,60 | 24 | \$ 33.136.650,10 |
| 12 | \$ 13.261.800,10 | 25 | \$ 35.764.386,46 |

Renovación de la motobomba cada 15 años

| Año | Incremento anual | Año | Incremento anual |
|-----|------------------|-----|------------------|
| 0 | \$ 5.736.900,00 | 26 | \$ 41.722.842,01 |
| 1 | \$ 6.191.836,17 | 27 | \$ 45.031.463,38 |
| 2 | \$ 6.682.848,78 | 28 | \$ 48.602.458,43 |
| 3 | \$ 7.212.798,69 | 29 | \$ 52.456.633,38 |
| 4 | \$ 7.784.773,62 | 30 | \$ 56.616.444,41 |
| 5 | \$ 8.402.106,17 | 31 | \$ 61.106.128,45 |

| Año | Incremento anual | Año | Incremento anual |
|-----|------------------|-----|-------------------|
| 6 | \$ 9.068.393,19 | 32 | \$ 65.951.844,43 |
| 7 | \$ 9.787.516,77 | 33 | \$ 71.181.825,70 |
| 8 | \$ 10.563.666,85 | 34 | \$ 76.826.544,48 |
| 9 | \$ 11.401.365,63 | 35 | \$ 82.918.889,45 |
| 10 | \$ 12.305.493,93 | 36 | \$ 89.494.357,39 |
| 11 | \$ 13.281.319,59 | 37 | \$ 96.591.259,93 |
| 12 | \$ 14.334.528,24 | 38 | \$ 104.250.946,84 |
| 13 | \$ 15.471.256,33 | 39 | \$ 112.518.046,92 |
| 14 | \$ 16.698.126,95 | 40 | \$ 121.440.728,04 |
| 15 | \$ 18.022.288,42 | 41 | \$ 131.070.977,78 |
| 16 | \$ 19.451.455,89 | 42 | \$ 141.464.906,32 |
| 17 | \$ 20.993.956,34 | 43 | \$ 152.683.073,39 |
| 18 | \$ 22.658.777,08 | 44 | \$ 164.790.841,11 |
| 19 | \$ 24.455.618,11 | 45 | \$ 177.858.754,81 |
| 20 | \$ 26.394.948,62 | 46 | \$ 191.962.954,06 |
| 21 | \$ 28.488.068,05 | 47 | \$ 207.185.616,32 |
| 22 | \$ 30.747.171,84 | 48 | \$ 223.615.435,69 |
| 23 | \$ 33.185.422,57 | 49 | \$ 241.348.139,74 |
| 24 | \$ 35.817.026,58 | 50 | \$ 260.487.047,23 |
| 25 | \$ 38.657.316,79 | | |

Costos

| | |
|---|-------------------|
| Inversión inicial | \$ 11.044.477,60 |
| Costos de mantenimiento. Anual inicial | \$ 36.276,00 |
| Costos de renovación elementos. 25 años | \$ 35.764.386,46 |
| Costo renovación motobomba. 15 años | \$ 18.022.288,42 |
| Costo renovación motobomba. 30 años | \$ 56.616.444,41 |
| Costo renovación motobomba. 45 años | \$ 177.858.754,81 |

Flujo de la configuración # 6

| Año | Flujo costos de operación | Flujo costos de operación electricidad | Total costo de operaciones | Beneficios anuales | Flujo neto | Flujo de caja operativo |
|-----|---------------------------|--|----------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| 0 | \$ 11.044.477,60 | \$ 529.372,60 | \$ 11.573.850,20 | | \$ (11.573.850,20) | \$ (11.573.850,20) |
| 1 | \$ 39.152,69 | \$ 571.351,85 | \$ 610.504,54 | \$ 1.117.444,62 | \$ 506.940,08 | \$ 506.940,08 |
| 2 | \$ 42.257,49 | \$ 616.660,05 | \$ 658.917,55 | \$ 1.206.057,98 | \$ 547.140,43 | \$ 547.140,43 |
| 3 | \$ 45.608,51 | \$ 665.561,19 | \$ 711.169,71 | \$ 1.301.698,38 | \$ 590.528,67 | \$ 590.528,67 |
| 4 | \$ 49.225,27 | \$ 718.340,20 | \$ 767.565,47 | \$ 1.404.923,06 | \$ 637.357,59 | \$ 637.357,59 |
| 5 | \$ 53.128,83 | \$ 775.304,58 | \$ 828.433,41 | \$ 1.516.333,46 | \$ 687.900,05 | \$ 687.900,05 |

| Año | Flujo costos de operación | Flujo costos de operación electricidad | Total costo de operaciones | Beneficios anuales | Flujo neto | Flujo de caja operativo |
|-----|---------------------------|--|----------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| 6 | \$ 57.341,95 | \$ 836.786,23 | \$ 894.128,18 | \$ 1.636.578,70 | \$ 742.450,52 | \$ 742.450,52 |
| 7 | \$ 61.889,17 | \$ 903.143,38 | \$ 965.032,54 | \$ 1.766.359,39 | \$ 801.326,85 | \$ 801.326,85 |
| 8 | \$ 66.796,98 | \$ 974.762,65 | \$ 1.041.559,62 | \$ 1.906.431,69 | \$ 864.872,07 | \$ 864.872,07 |
| 9 | \$ 72.093,98 | \$ 1.052.061,32 | \$ 1.124.155,30 | \$ 2.057.611,72 | \$ 933.456,42 | \$ 933.456,42 |
| 10 | \$ 77.811,03 | \$ 1.135.489,79 | \$ 1.213.300,82 | \$ 2.220.780,33 | \$ 1.007.479,52 | \$ 1.007.479,52 |
| 11 | \$ 83.981,44 | \$ 1.225.534,13 | \$ 1.309.515,57 | \$ 2.396.888,21 | \$ 1.087.372,64 | \$ 1.087.372,64 |
| 12 | \$ 90.641,17 | \$ 1.322.718,98 | \$ 1.413.360,16 | \$ 2.586.961,45 | \$ 1.173.601,29 | \$ 1.173.601,29 |
| 13 | \$ 97.829,02 | \$ 1.427.610,60 | \$ 1.525.439,62 | \$ 2.792.107,49 | \$ 1.266.667,88 | \$ 1.266.667,88 |
| 14 | \$ 105.586,86 | \$ 1.540.820,12 | \$ 1.646.406,98 | \$ 3.013.521,62 | \$ 1.367.114,64 | \$ 1.367.114,64 |
| 15 | \$ 113.959,90 | \$ 1.663.007,15 | \$ 1.776.967,05 | \$ 3.252.493,88 | \$ 1.475.526,83 | \$ 1.475.526,83 |
| 16 | \$ 18.145.285,34 | \$ 1.794.883,62 | \$ 19.940.168,96 | \$ 3.510.416,64 | \$ (16.429.752,31) | \$ (16.429.752,31) |
| 17 | \$ 122.996,92 | \$ 1.937.217,89 | \$ 2.060.214,81 | \$ 3.788.792,68 | \$ 1.728.577,87 | \$ 1.728.577,87 |
| 18 | \$ 132.750,57 | \$ 2.090.839,27 | \$ 2.223.589,84 | \$ 4.089.243,94 | \$ 1.865.654,10 | \$ 1.865.654,10 |
| 19 | \$ 143.277,69 | \$ 2.256.642,83 | \$ 2.399.920,52 | \$ 4.413.520,99 | \$ 2.013.600,47 | \$ 2.013.600,47 |
| 20 | \$ 154.639,61 | \$ 2.435.594,60 | \$ 2.590.234,22 | \$ 4.763.513,20 | \$ 2.173.278,99 | \$ 2.173.278,99 |
| 21 | \$ 166.902,54 | \$ 2.628.737,25 | \$ 2.795.639,79 | \$ 5.141.259,80 | \$ 2.345.620,01 | \$ 2.345.620,01 |
| 22 | \$ 180.137,91 | \$ 2.837.196,12 | \$ 3.017.334,02 | \$ 5.548.961,70 | \$ 2.531.627,68 | \$ 2.531.627,68 |
| 23 | \$ 194.422,84 | \$ 3.062.185,77 | \$ 3.256.608,61 | \$ 5.988.994,37 | \$ 2.732.385,75 | \$ 2.732.385,75 |
| 24 | \$ 209.840,57 | \$ 3.305.017,10 | \$ 3.514.857,68 | \$ 6.463.921,62 | \$ 2.949.063,94 | \$ 2.949.063,94 |
| 25 | \$ 226.480,93 | \$ 3.567.104,96 | \$ 3.793.585,89 | \$ 6.976.510,60 | \$ 3.182.924,71 | \$ 3.182.924,71 |
| 26 | \$ 36.008.827,33 | \$ 3.849.976,38 | \$ 39.858.803,71 | \$ 7.529.747,89 | \$ (32.329.055,81) | \$ (32.329.055,81) |
| 27 | \$ 244.440,87 | \$ 4.155.279,51 | \$ 4.399.720,38 | \$ 8.126.856,90 | \$ 3.727.136,52 | \$ 3.727.136,52 |
| 28 | \$ 263.825,03 | \$ 4.484.793,17 | \$ 4.748.618,20 | \$ 8.771.316,65 | \$ 4.022.698,45 | \$ 4.022.698,45 |
| 29 | \$ 284.746,36 | \$ 4.840.437,27 | \$ 5.125.183,63 | \$ 9.466.882,06 | \$ 4.341.698,44 | \$ 4.341.698,44 |
| 30 | \$ 307.326,74 | \$ 5.224.283,95 | \$ 5.531.610,69 | \$ 10.217.605,81 | \$ 4.685.995,12 | \$ 4.685.995,12 |
| 31 | \$ 56.948.142,16 | \$ 5.638.569,66 | \$ 62.586.711,82 | \$ 11.027.861,95 | \$ (51.558.849,87) | \$ (51.558.849,87) |
| 32 | \$ 331.697,75 | \$ 6.085.708,24 | \$ 6.417.405,99 | \$ 11.902.371,41 | \$ 5.484.965,42 | \$ 5.484.965,42 |
| 33 | \$ 358.001,38 | \$ 6.568.304,90 | \$ 6.926.306,29 | \$ 12.846.229,46 | \$ 5.919.923,17 | \$ 5.919.923,17 |
| 34 | \$ 386.390,89 | \$ 7.089.171,48 | \$ 7.475.562,37 | \$ 13.864.935,45 | \$ 6.389.373,08 | \$ 6.389.373,08 |
| 35 | \$ 417.031,69 | \$ 7.651.342,78 | \$ 8.068.374,47 | \$ 14.964.424,84 | \$ 6.896.050,37 | \$ 6.896.050,37 |
| 36 | \$ 450.102,30 | \$ 8.258.094,26 | \$ 8.708.196,57 | \$ 16.151.103,73 | \$ 7.442.907,16 | \$ 7.442.907,16 |
| 37 | \$ 485.795,42 | \$ 8.912.961,14 | \$ 9.398.756,55 | \$ 17.431.886,25 | \$ 8.033.129,70 | \$ 8.033.129,70 |
| 38 | \$ 524.318,99 | \$ 9.619.758,95 | \$ 10.144.077,95 | \$ 18.814.234,83 | \$ 8.670.156,88 | \$ 8.670.156,88 |
| 39 | \$ 565.897,49 | \$ 10.382.605,84 | \$ 10.948.503,33 | \$ 20.306.203,65 | \$ 9.357.700,32 | \$ 9.357.700,32 |
| 40 | \$ 610.773,16 | \$ 11.205.946,48 | \$ 11.816.719,64 | \$ 21.916.485,60 | \$ 10.099.765,96 | \$ 10.099.765,96 |
| 41 | \$ 659.207,47 | \$ 12.094.578,04 | \$ 12.753.785,51 | \$ 23.654.462,91 | \$ 10.900.677,40 | \$ 10.900.677,40 |
| 42 | \$ 711.482,62 | \$ 13.053.678,08 | \$ 13.765.160,70 | \$ 25.530.261,82 | \$ 11.765.101,12 | \$ 11.765.101,12 |
| 43 | \$ 767.903,20 | \$ 14.088.834,75 | \$ 14.856.737,95 | \$ 27.554.811,58 | \$ 12.698.073,64 | \$ 12.698.073,64 |
| 44 | \$ 828.797,92 | \$ 15.206.079,34 | \$ 16.034.877,26 | \$ 29.739.908,14 | \$ 13.705.030,88 | \$ 13.705.030,88 |
| 45 | \$ 894.521,60 | \$ 16.411.921,44 | \$ 17.306.443,03 | \$ 32.098.282,86 | \$ 14.791.839,82 | \$ 14.791.839,82 |

| Año | Flujo costos de operación | Flujo costos de operación electricidad | Total costo de operaciones | Beneficios anuales | Flujo neto | Flujo de caja operativo |
|-----|---------------------------|--|----------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|
| 46 | \$ 178.824.211,96 | \$ 17.713.386,81 | \$ 196.537.598,77 | \$ 34.643.676,69 | \$ (161.893.922,08) | \$ (161.893.922,08) |
| 47 | \$ 965.457,16 | \$ 19.118.058,38 | \$ 20.083.515,54 | \$ 37.390.920,25 | \$ 17.307.404,71 | \$ 17.307.404,71 |
| 48 | \$ 1.042.017,91 | \$ 20.634.120,41 | \$ 21.676.138,32 | \$ 40.356.020,22 | \$ 18.679.881,90 | \$ 18.679.881,90 |
| 49 | \$ 1.124.649,93 | \$ 22.270.406,16 | \$ 23.395.056,09 | \$ 43.556.252,63 | \$ 20.161.196,54 | \$ 20.161.196,54 |
| 50 | \$ 1.213.834,67 | \$ 24.036.449,37 | \$ 25.250.284,04 | \$ 47.010.263,46 | \$ 21.759.979,42 | \$ 21.759.979,42 |