

**ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE
APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN UN SECTOR RESIDENCIAL
DE LA CABECERA MUNICIPAL DE MÁLAGA, SANTANDER.**

**FABIÁN LEONARDO ZABALA RODRÍGUEZ
GERMAN ALEXIS LARGO BARRERA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2018

**ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE
APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN UN SECTOR RESIDENCIAL
DE LA CABECERA MUNICIPAL DE MÁLAGA, SANTANDER.**

**FABIÁN LEONARDO ZABALA RODRÍGUEZ
GERMAN ALEXIS LARGO BARRERA**

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director

EDGAR RICARDO OVIEDO

Ing. Ph.D en Ingeniería Sanitaria y Ambiental

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2018

DEDICATORIA

Primero a Dios por sus infinitas bendiciones. A mi madre por su gran esfuerzo, amor y apoyo incondicional. A cada una de las personas que creyeron en mí y me brindaron una mano durante este proceso. A mi familia y a mis amigos por su lealtad para conmigo, y a todos los docentes que más que impartir conocimiento nos enseñan a mejorar como personas.

Fabián Leonardo Zabala Rodríguez

DEDICATORIA

Primero a Dios quien es el artífice de todos mis logros, a mis padres quien con su incansable esfuerzo y trabajo me brindan su apoyo e amor incondicional, a mi hermano, a mis Profesores por sus conocimientos, por esa preparación impartida no solo para afrontar problemas de ingeniería sino también para la vida, me hicieron más sabio, mejor persona.

A mis familiares y amigos los cuales me animaron durante este proceso, creyeron en mí. Espero retribuirles con buenas obras y buen ejemplo en el desarrollo de mi profesión.

German Alexis Largo Barrera.

AGRADECIMIENTOS

A Dios que nos bendice siempre, a nuestros padres por sus esfuerzos por su apoyo incondicional, a nuestros profesores quienes nos impartieron conocimientos necesarios para afrontar problemas de ingeniería y también de la vida, a nuestro director de proyecto quien con sus amplios conocimientos nos acompañó y nos orientó de la mejor manera durante la realización de este, a las empresas públicas de Málaga por su colaboración en los datos necesarios para la ejecución de este, a nuestros compañeros y futuros colegas quienes dieron algunos aportes en pro de la ejecución de este. A nuestros amigos y familiares quienes nos apoyaron y creyeron en nosotros, a nuestra grandiosa universidad por la oportunidad de hacer parte de su historia, esperamos retribuir con hechos y excelente imagen le nombre de la UIS.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. OBJETIVOS.....	19
1.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
2. ESTADO DEL ARTE.....	20
3. METODOLOGÍA	23
3.1. ZONA DE ESTUDIO	23
3.2 ACEPTACIÓN SOCIAL.....	24
3.3 DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO	25
3.3.1 Datos de precipitación	27
3.3.2 Área de captación	27
3.3.3 Tamaño del tanque de almacenamiento	28
3.4 RED DE DISTRIBUCIÓN.....	31
3.5 SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	32
3.6 ESTIMACIÓN DE AHORRO GENERALIZADO DE AGUA.....	34
3.7 VIABILIDAD FINANCIERA DEL SISTEMA.....	34
3.7.2 Factibilidad.....	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1 ACEPTACIÓN SOCIAL.....	37
4.2 POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE	37
4.3 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA.....	40
4.4 ANÁLISIS DE COSTOS.....	41
4.5 VIABILIDAD FINANCIERA.....	41
4.6 AHORRO GENERALIZADO DE AGUA	43
5. CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA.....	47

ANEXOS.....54

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Barrio vista Hermosa	24
Figura 2. Consumo de agua para diferentes usos, según encuesta y CRA 2001..	26
Figura 3. Plano vivienda tipo con área de cubierta, barrio Vista Hermosa.....	27
Figura 4. Precipitación promedio mensual para Málaga en el periodo 1958-2017	28
Figura 5. Modelo del sistema de captación de agua lluvia.....	31
Figura 6. Tratamiento, almacenamiento y bombeo	33
Figura 7. Proporción de usos a dar al agua captada por parte de los usuarios.	38
Figura 8. Potencial de ahorro para diferentes capacidades de almacenamiento...38	
Figura 9. Potencial de ahorro de agua potable a lo largo del año (tanque de 500 L).....	39
Figura 10. Estructura del sistema elegido	40

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos ingresados al software Neptuno.	30
Tabla 2. Comparación de contaminantes en el agua de lluvia antes y después de entrar en contacto con superficies de fibrocemento.....	32
Tabla 3. Resultados obtenidos con el software Neptuno.	39
Tabla 4. Valores utilizados en la estimación de costos.....	41
Tabla 5. Características y resultados de estudios similares	42

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Consumo mensual promedio de agua potable, barrio Vista Hermosa. ..	54
Anexo B. APU costo de inversión (materiales y mano de obra), Sistema de aprovechamiento de aguas lluvias.....	57
Anexo C. Análisis financiero (flujo de caja)	58
Anexo D. Analisis financiero (flujo de caja)con tarifa de Bucaramanga.	60

RESUMEN

TÍTULO: ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN UN SECTOR RESIDENCIAL DE LA CABECERA MUNICIPAL DE MÁLAGA, SANTANDER*.

AUTORES: FABIÁN LEONARDO ZABALA RODRÍGUEZ
GERMAN ALEXIS LARGO BARRERA**

PALABRAS CLAVES: Factibilidad, Aprovechamiento, Aguas Lluvias, Potencial de ahorro, Residencial.

DESCRIPCIÓN:

La implementación de sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia se está llevando a cabo en el mundo, debido a la búsqueda de ahorros de agua potable y como una posible fuente de suministro en áreas donde hay escasez del recurso. El objetivo principal de este estudio es evaluar la viabilidad financiera, social y técnica de la implementación de estos sistemas en un sector residencial (de interés social) de la cabecera municipal de Málaga Santander, con el fin de mitigar los problemas de escasez hídrica que se presentan en los periodos secos .Se dimensionó un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, a partir de la consulta de los usos aceptados por los usuarios; para la elección del tamaño de tanque se compararon los potenciales de ahorro de agua potable generados con diferentes capacidades. Dicho sistema genera un potencial de ahorro del 20% anual en cada hogar, lo que representa el 0.32% del consumo promedio por parte del municipio; con un periodo de retorno (PP) de 48 años, tasa interna de retorno (TIR) de 0.45% y relación costo beneficio (B/C) de 0.35; éste sistema no es viable financieramente debido a la pequeña área de recolección de los hogares y al bajo costo del servicio de acueducto en Málaga, sin embargo, representa una importante alternativa de ahorro de agua en los hogares que se implemente, con gran aceptación social.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánica. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Edgar Ricardo Oviedo

ABSTRACT

TITLE: STUDY OF THE FEASIBILITY OF IMPLEMENTATION OF WATER RAISING SYSTEMS IN A RESIDENTIAL SECTOR OF THE MUNICIPAL HEADQUARTERS OF MÁLAGA, SANTANDER.*

AUTHORS: FABIÁN LEONARDO ZABALA RODRÍGUEZ
GERMAN ALEXIS LARGO BARRERA**

KEYWORDS: Feasibility, Exploitation, Rainwater, Savings Potential, Residential.

DESCRIPTION:

The implementation of rainwater harvesting systems is taking place in the world, due to the search for savings in drinking water and as a possible source of supply in areas where there is a shortage of resources. The main objective of this study is to evaluate the financial, social and technical viability of the implementation of these systems in a residential sector (of social interest) in the municipal capital of Malaga Santander, in order to mitigate the problems of water scarcity that occur in dry periods. A rainwater harvesting system was designed, based on the consultation of the users accepted by the users; for the choice of tank size for the comparison of drinking water saving potentials generated with different capacities. The system generates a savings potential of 20% per year in each household, which represents 0.32% of the average consumption by the municipality; with a return period (PP) of 48 years, internal rate of return (IRR) of 0.45% and cost-benefit ratio (B/C) of 0.35, this system is not financially viable due to the small collection area of households and the low cost of the aqueduct service in Malaga, however, represents an important alternative to saving water in the homes that are implemented, with great social acceptance.

* Degree work.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánica. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Edgar Ricardo Oviedo

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los mayores desafíos en el tiempo actual; si no se toman medidas drásticas desde hoy, será más difícil y costoso adaptarse a los efectos que producirá en el futuro¹, tales como sequías más frecuentes, aumento de inundaciones y por ende escasez de agua, causando problemas de contaminación². El planeta tiene suficiente agua para abastecer a los 7 000 millones de personas que lo habitan, pero está distribuida de forma irregular, se desperdicia, está contaminada o se gestiona de forma insostenible³.

El aumento de la presión sobre los recursos hídricos para satisfacer la demanda de poblaciones en crecimiento está impulsando los sistemas de suministro a sus límites⁴; a lo largo del último siglo, el uso y consumo de agua creció a un ritmo dos veces superior al de la tasa de crecimiento de la población⁵. El uso de agua residencial representa el sector con menor consumo de agua en todo el mundo (12%), en comparación con la agricultura (69%) y la industria (19%)⁶; sin embargo, este sector mediante la introducción de cambios en la gestión del agua, pueden contribuir a mejorar la eficiencia hídrica de las prácticas cotidianas que utilizan agua⁷.

¹ NACIONES UNIDAS, Cambio Climático. <http://www.un.org/es/sections/issuesdepth/climate-change/index.html>. [Citado 19 de Abril de 2017]

² NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL Agua potable en peligro: Los efectos del calentamiento global en el agua potable y saneamiento. Abril 2010

³ PROGRAMMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO Informe sobre Desarrollo Humano, Más allá de la escasez: Poder, pobreza y crisis mundial del agua. 2006

⁴ COUTO et al. Greywater treatment in airports using anaerobic filter followed by UV disinfection: an efficient and low cost alternative. J. Clean. Prod., Bridges for a more sustainable future: Joining Environmental Management for Sustainable Universities (EMSU) and the European Roundtable for Sustainable Consumption and Production (ERSCP) conferences 2015 106, 372–379

⁵ ONU-Agua, FAO., Combatir la escasez de agua. El desafío del Siglo XXI. 2000

⁶ FAO la base de datos AQUASTAT [Documento de WWW]. Agric Food. Organo. ONU FAO. URL http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm [Citado 19 de Abril de 2017].

⁷ HOOLOHAN C, BROWNE A Reframing water efficiency: determining collective approaches to change water use in the home. Br J Environ Clim Chang (In Press), currently available at:

El municipio de Málaga ha sido el más afectado por el fenómeno del niño en Santander, el racionamiento de agua ha obligado a que el municipio se divida en dos sectores para poder acceder, día de por medio, al suministro de agua⁸. Debido a la expansión urbanística, generada por el crecimiento poblacional, se presenta un déficit del recurso hídrico frente a la demanda requerida por los usuarios domésticos, institucionales, agrícolas, industriales y comerciales. La oferta de agua no alcanza a suplir las necesidades diarias, especialmente en épocas de sequía. Esta situación genera limitaciones en la prestación del servicio de acueducto en épocas de estiaje, pues los principales afluentes del embalse no aportan el caudal necesario. Por lo tanto resulta necesario la evaluación de mecanismos alternativos de abastecimiento y aprovechamiento que contribuyan a solucionar esta situación⁹.

Una alternativa que se considera cada vez más es la reutilización del agua a través de sistemas descentralizados ¹⁰. Esta alternativa implica captar agua (por ejemplo aguas pluviales) de sitios de generación (desde techos) y luego tratarla y distribuirla para usos no potables en el hogar (por ejemplo, lavado general y jardinería o lavado de inodoros) ¹¹. En Colombia, la cantidad de agua para uso residencial que no requiere calidad de agua potable podría ser de aproximadamente el 71%. Esto indica que una gran proporción de los usos de agua residenciales no requieren una calidad estrictamente de agua potable¹². Particularmente, el aprovechamiento de las aguas lluvias, ha venido presentando un mayor auge por ser una práctica muy

https://www.academia.edu/8360427/Reframing_intervention_what_does_a_collective_approach_to_behaviour_change_look_like

⁸ RCN RADIO, En aprietos municipio de Málaga por falta de agua. <http://www.rcnradio.com/locales/en-aprietos-municipio-de-malaga-por-falta-de-agua/>. [Citado 19 de Abril de 2017]

⁹ MONTERROSO Elda, La Gestión de Abastecimiento. Agosto 2002

¹⁰ MATOS C, PEREIRA S, AMORIM EV, BENTES I, BRIGA-SÁ A Wastewater and greywater reuse on irrigation in centralized and decentralized systems—an integrated approach on water quality, energy consumption and CO₂ emissions. *Sci Total Environ* 2014 493:463–471

¹¹ KUJAWA K, ZEEMAN G Anaerobic treatment in decentralised and source-separation-based sanitation concepts. *Rev Environ Sci Biotechnol* 2006 5:115–139

¹² SUÁREZ, J.A.B., GARCÍA, M.Á.G., MOSQUERA, R.O.O. Sistemas de aprovechamiento de agua lluvia para vivienda urbana. VI sereaseminario iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua (brasil). 2006

interesante desde el punto de vista económico y ambiental¹³. De hecho, se puede adoptar como medida complementaria para reducir la frecuencia, picos y volúmenes de esorrentía urbanos, si los sistemas están diseñados de manera apropiada¹⁴.

En este estudio, se realizó un análisis de factibilidad social, técnica y financiera de implementar el aprovechamiento de aguas lluvias en un sector residencial del municipio de Málaga, Santander, en el cual se evalúa indicadores como la tasa interna de retorno, el valor actual neto y periodo de retorno de un diseño adecuado y económico de captación de aguas lluvias; se pretende cuantificar la disminución en el consumo de agua potable suministrada por el sistema de abastecimiento de la localidad, identificar las tecnologías apropiadas a utilizar y el grado de aceptación por parte de la comunidad.

¹³ ESTUPIÑAN J L & ZAPATA H O. Trabajo de Grado, Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del

¹⁴ BRODIE, I.M., Hydrological analysis of single and dual storage systems for stormwater harvesting. Water Sci. Technol. 2008.58, 1039-1046

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la factibilidad financiera, social y técnica de la implementación del aprovechamiento del agua lluvia en un sector urbano de la cabecera municipal de Málaga.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular una alternativa técnica para el aprovechamiento de aguas lluvias, mediante sistemas individuales en un sector residencial de la cabecera municipal de Málaga (Santander), acorde con las condiciones sociales.
- Desarrollar el dimensionamiento hidráulico del sistema de tratamiento de la alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias propuesta.
- Determinar los costos de inversión, operación y mantenimiento de la alternativa de aprovechamiento de aguas lluvias.
- Identificar el impacto de la implementación de la alternativa propuesta sobre los requerimientos de agua del sistema de abastecimiento.

2. ESTADO DEL ARTE

Alrededor del mundo se han implementado sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, en diferentes condiciones climáticas, geográficas y sociales las cuales se puede tomar como referencia para tener una mejor visualización y utilizar los métodos y tecnología adecuada de acuerdo a las experiencias que se han observado. Algunos ejemplos de estas prácticas se pueden observar en Australia, donde cerca de un millón de australianos usan la captación de aguas pluviales como su única fuente de agua potable¹⁵; en Francia, donde el 15% de la población tiene un sistema de recolección de agua de lluvia¹⁶; y en otros lugares, incluyendo partes de la India, África y Estados Unidos, donde la captación de aguas pluviales es popular en las zonas rurales¹⁷.

Para hacer frente a los problemas de escasez hídrica, se ha tenido en cuenta la simplicidad de instalación y los bajos costos de energía y mantenimiento de los sistemas de captación de aguas lluvia, lo que la hacen una práctica atractiva para su adopción en las regiones urbanas y rurales¹⁸. El gobierno tailandés en su programa nacional para el aprovechamiento de agua de lluvia, utilizó sistemas de tanques de varias capacidades (de 0.1 a 3 m³), instalados en muchas aldeas para propósitos de agua potable, demostrando que proporcionan suficiente agua de lluvia captada para uso doméstico durante la estación seca¹⁹. Un estudio realizado para

¹⁵ COOMBES, P., Integrated water cycle management in Australia. In: Rainwater Harvesting Workshop, Vancouver, Canada. 2005.

¹⁶ CENTRE D'INFORMATION SUR L'EAU, Les Français et L'eau, fourteenth ed. 'Principaux résultats', Centre d'Information sur l'Eau, Paris, France. 2009.

¹⁷ MILAGROS, J., Rainwater Harvesting Systems for Communities in Developing Countries. Michigan Technological University. 2007.

¹⁸ MAHMOUD, W.H., ELAGIB, N.A., GAESE, H., HEINRICH, J., Rainfall conditions and rainwater harvesting potential in the urban area of Khartoum. Resour. Conserv. Recycl. 2014. 91, 89-99

¹⁹ WIROJANAGUD, P., VANVAROTHORN, V., Jars and tanks for rainwater storage in rural Thailand. Waterlines 1990. 8 (3), 29-32.

cuantificar la reducción de la demanda de agua potable, en los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias implementados en los hogares de Australia, mostró reducciones en el rango de 10-100%²⁰. No es de sorprender que las reducciones más grandes estuvieran asociadas a hogares con tanques conectados a múltiples demandas de interior (e j. lavado de inodoros, lavado de ropa y uso de agua caliente)²¹.

A pesar de los beneficios de estas alternativas, también presentan limitaciones técnicas, económicas y geográficas para ser explotadas de manera sistemática en los países en desarrollo²². Estudios muestran cómo la cantidad de agua de lluvia cosechada depende del clima geográfico y del tamaño del tanque de almacenamiento²³, siendo las variables más sensibles la lluvia y la demanda de agua de lluvia²⁴. En Brasil, se instalaron más de 350 000 cisternas en asentamientos rurales semiáridos, en donde los principales problemas que impidieron el funcionamiento adecuado de las unidades de aprovechamiento de aguas lluvias fueron, la mala calidad del techo, la pequeña capacidad de almacenamiento de las cisternas y la ausencia de dispositivos automáticos para la desviación de la primera descarga²⁵.

²⁰ BURNS, M.J., FLETCHER, T.D., DUNCAN, H.P., HATT, B.E., LADSON, A.R., WALSH, C.J.,. The performance of rainwater tanks for stormwater retention and water supply at the household scale: an empirical study. *Hydrol. Process.* 2015 29 (1), 152-160

²¹ ESTUPIÑAN J L & ZAPATA H O. Op. Cit.

²² CAMPISANO A, BUTLER D, WARD S, BURNS M.J, FRIEDLER E, DEBUSK K, FISHER-JEFFES, GHISI E, RAHMAN A, FURUMAI H, HAN M., Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. 2015

²³ CAMPISANO, A., GNECCO, I., MODICA, C., PALLA, A., Designing domestic rainwater harvesting systems under different climatic regimes in Italy. *Water Sci. Technol.* 2013. 67 (11), 2511-2518

²⁴ MORALES-PINZON, T., RIERADEVALL, J., GASOL, C.M., GABARRELL, X., Modelling for economic cost and environmental analysis of rainwater harvesting systems. *J. Clean. Prod.* 87 2015, 613-626.

²⁵ FISHER-JEFFES, L.N., The Viability of Rainwater and Stormwater Harvesting in the Residential Areas of the Liesbeek River Catchment, Cape Town (PhD Thesis). University of Cape Town, South Africa.

Available, at:
http://open.uct.ac.za/discover?filtertype¼type&filter_relational_operator¼equals&query¼fisher-Jeffes&filter¼.

Para incrementar la aceptación social, es importante mejorar tanto la eficiencia del sistema de captación como la participación de la comunidad²⁶. Los incentivos, junto con estrategias complementarias ayudan a estimular la instalación²⁷; la «regulación inteligente» ha sido probada mediante regímenes de incentivos (tasas de extracción de agua, suministro de agua y tasas de efluentes y subsidios), en lugar de su aplicación aislada²⁸. En Japón durante las últimas cuatro décadas, el número de sistemas de RWH ha aumentado significativamente después de la introducción del apoyo financiero gubernamental, con 10 veces más instalaciones registradas a finales de 2012 en comparación con 1990²⁹.

La implementación de sistemas automatizados de captación de aguas lluvias en zonas residenciales de Colombia como alternativa de ahorro en los hogares no se presenta en gran cantidad debido a que su práctica es empírica y no muy difundida entre sus habitantes³⁰; los resultados presentados en este estudio pueden convertirse en un referente para sistemas de abastecimiento no convencionales en zonas donde se cuenta con la disponibilidad del recurso, sin embargo el acceso al mismo es limitado por problemas de suministro.

²⁶ BROWN, R., KEATH, N., Drawing on social theory for transitioning to sustainable urban water management: turning the institutional super-tanker. *Aust. J. Water Resour.* 2008. 12 (2), 1-12.

²⁷ DOMENECH, L., SAURÍ, D., A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. *J. Clean. Prod.* 2011. 19 (6e7), 598-608

²⁸ PARTZSCH, L., Smart regulation for water innovation e the case of decentralized rainwater technology. *J. Clean. Prod.* 17, 2009. 985-991.

²⁹ MLIT, Water Resources in Japan 2014 (in Japanese). http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizsei/mizukokudo_mizsei_fr2_000012.html

³⁰ PALACIO, CASTAÑEDA, N., Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa Maria Auxiliadora de Caldas, Antioquia. 2010.

3. METODOLOGÍA

El objetivo de este proyecto fue evaluar la factibilidad de implementar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias y el impacto en el sistema de abastecimiento colectivo de la cabecera municipal de Málaga. Para esto se seleccionó una zona de estudio con características adecuadas para facilitar el estudio; se contó con la participación de la comunidad, de tal manera que se pudiera identificar los posibles limitantes sociales, técnicos y económicos de la implementación de este tipo de alternativa. Posteriormente, se realizó el dimensionamiento de la alternativa propuesta y la estimación de los costos de inversión, operación y mantenimiento, para finalmente efectuar un análisis financiero de dicha implementación.

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El sector seleccionado para este estudio es el barrio Vista Hermosa, ubicado en la parte nor-oriental del municipio de Málaga (Santander). Este barrio, clasificado como estrato socioeconómico 1 (representa el nivel socioeconómico más bajo) consta de 61 viviendas de dos pisos con características arquitectónicas y estructurales semejantes. Cada hogar cuenta con un área construida de 52 m² en planta, de la cual 44 m² son del tejado de fibro-cemento y los 8 m² restantes pertenecen al patio de ropas, el cual está cubierto tan solo en algunas viviendas.

Figura 1. Barrio vista Hermosa



3.2 ACEPTACIÓN SOCIAL

Para determinar la aceptación de la propuesta propuesta, se realizó una encuesta a los habitantes del respectivo barrio; además se indagaron datos pertinentes para identificar los posibles limitantes técnicos y económicos y con esto realizar el diseño del sistema, según las características encontradas. Se preguntó acerca de los aspectos generales del hogar (número de habitantes, consumo promedio de agua, usos más frecuentes del agua), prácticas de aprovechamiento de agua realizadas, percepción y aceptación del aprovechamiento de aguas lluvias y disposición de los usuarios para invertir en el sistema propuesto.

De las 61 casas del barrio, fue posible encuestar 30 (51%) por razones de ausencia o indisposición por parte de las personas. Con estos hogares encuestados se logró identificar la proporción de agua utilizada en cada actividad, valores con tendencia similar a los estimados por la CRA (2001)³¹, con algunas variaciones debido al tipo

³¹ CRA - Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento. (2001) Estimación del consumo básico de agua potable en Colombia. Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, Bogotá D.C

de vivienda y a las apreciaciones de las personas encuestadas. Debido a la poca información sobre los consumos suministrada por los usuarios, estos valores se obtuvieron de la base de datos de la entidad prestadora del servicio (EPM), obteniéndose un consumo promedio de 96 L/hab/día, ± 11 L/hab/día (Anexo 1). Cabe resaltar que debido a problemas de micro medición existentes en el barrio, los valores suministrados corresponden al promedio de los registros históricos de consumo en cada vivienda.

Acercas de la disposición a utilizar un sistema de captación de aguas lluvias en sus hogares, el 84% de los encuestados respondió positivamente, debido a la necesidad de encontrar soluciones prácticas a los problemas de escasez, donde los usos más aceptados para estas aguas son descarga de inodoros (22%), aseo del hogar (21%) y lavado de ropas (18%). Los demás usuarios se mostraron escépticos, debido a que esto no garantiza evitar el pago del servicio público.

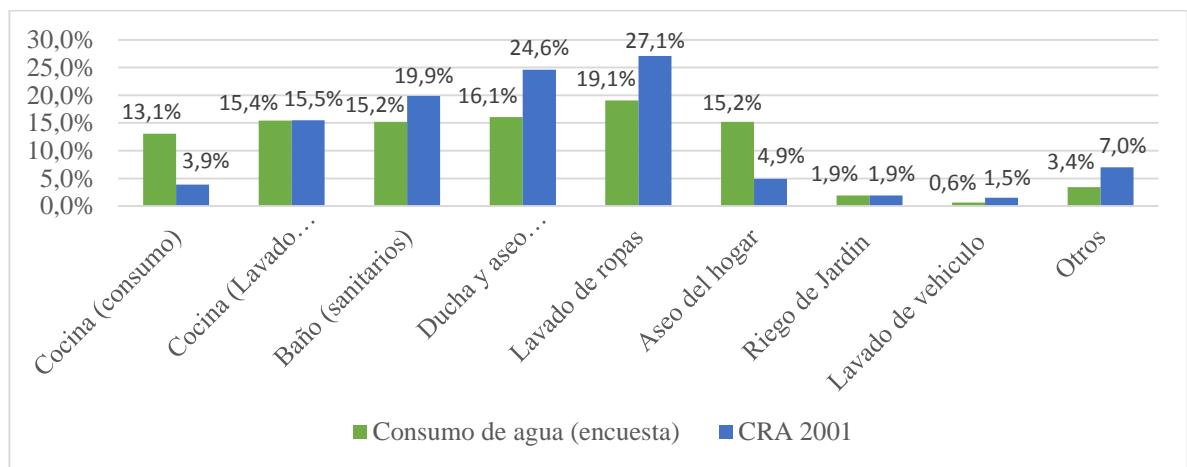
Para un óptimo funcionamiento del sistema, los habitantes de los hogares afirmaron tener disponibilidad de tiempo para realizar actividades de operación dos veces por semana en un 42%, semanalmente un 19%, quincenalmente el 13% y de nunca poder realizarlo el 26%. Acerca de la frecuencia de realización del mantenimiento preventivo necesario, se obtuvo que en el 52% de los hogares se podría realizar mensualmente, en el 29% trimestral, 3% semanal y 16% anualmente. En cuanto a la disposición de inversión para implementar el mencionado sistema, el 94% eligió un rango de inversión mínimo de hasta 2 smmlv, 3% entre 2 y 4 smmlv y finalmente 3% entre 4 y 6 smmlv.

3.3 DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

En el dimensionamiento del tanque se tuvo en cuenta el potencial de ahorro de agua potable al ser sustituida por agua lluvia, esto dependiendo de los usos a darse por

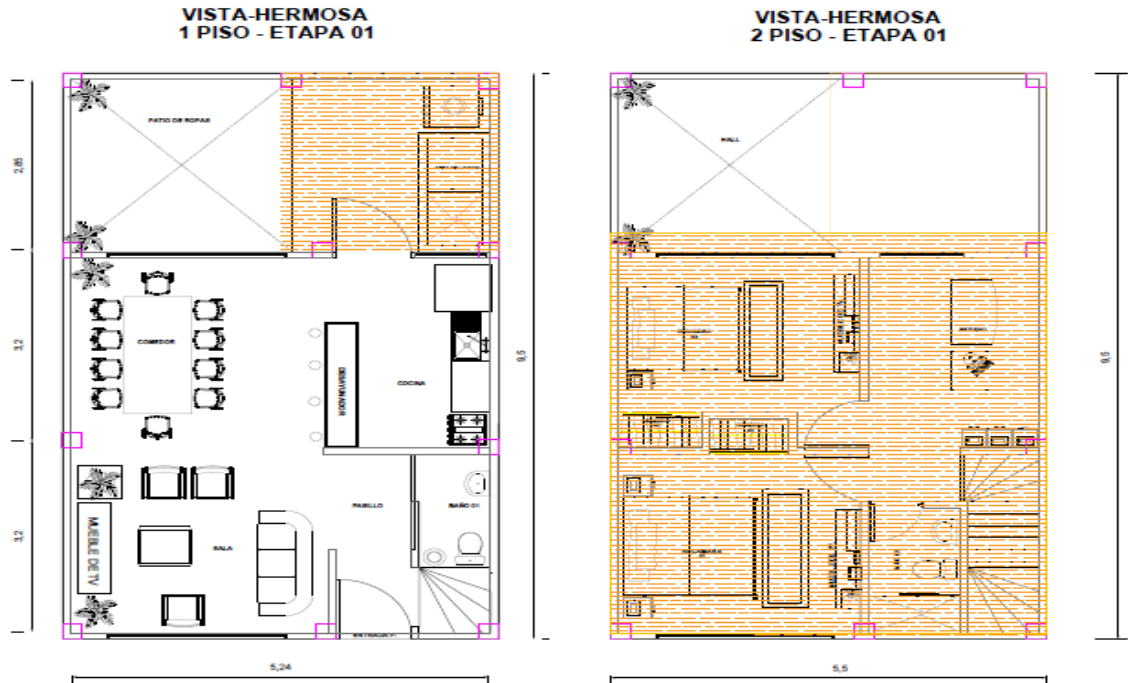
parte de los usuarios, los cuales son descarga de sanitarios y aseo del hogar, representando un 30% y 4% del consumo en el hogar respectivamente. Dicho porcentaje de descarga de sanitario se estimó de acuerdo a la frecuencia promedio de descargas y su volumen (usando técnicas de reducción como introducir una botella con arena en la cisterna del inodoro) en un hogar típico³²; el porcentaje de uso en el aseo se tomó del valor estimado por la CRA (2001) el cual concuerda con el obtenido de las encuestas.

Figura 2. Consumo de agua para diferentes usos, según encuesta y CRA 2001.



³² VILLA, José., Optimización del sistema de descarga del inodoro para economizar agua. 2015.

Figura 3. Plano vivienda tipo con área de cubierta, barrio Vista Hermosa

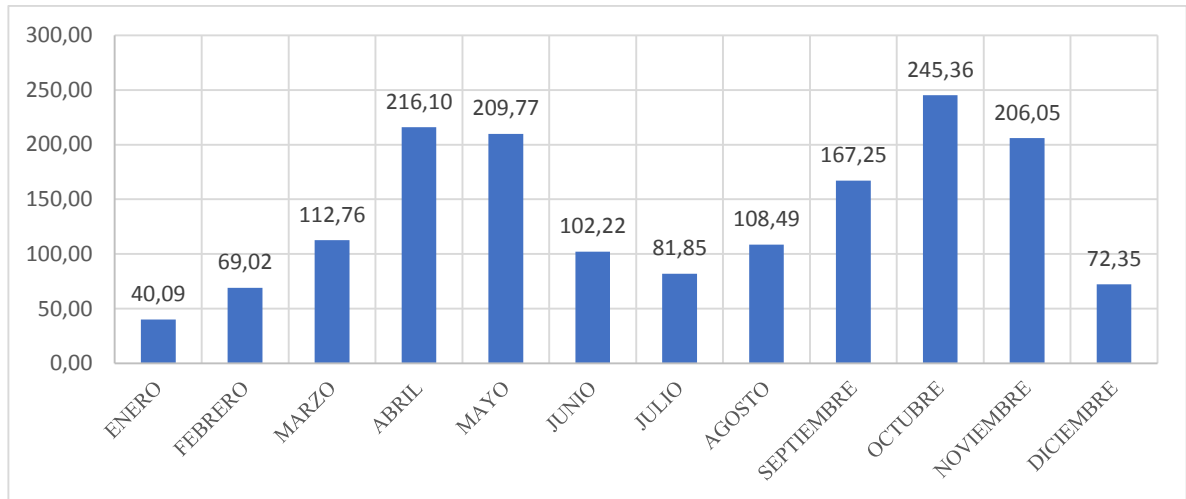


3.3.1 Datos de precipitación Se contó con los datos diarios de precipitación desde el año 1958 hasta 2017, suministrados por el IDEAM³³, tomados de la estación meteorológica del municipio de Málaga, la cual se encuentra aproximadamente a 500m de la zona de estudio. La precipitación media anual obtenida durante este periodo es 1 631 mm/año.

3.3.2 Área de captación El área seleccionada fue la proyección del techo de las casas, la cual se obtuvo haciendo mediciones in situ durante una visita; para lo cual se aprovechó la cubierta del segundo y primer piso.

³³ IDEAM Precipitation Data: Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies (IDEAM) [WWW Document]. Precip. Data Hydrol. Stn. URL <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/precipitacion-en-el-contexto-historico>

Figura 4. Precipitación promedio mensual para Málaga en el periodo 1958-2017



3.3.3 Tamaño del tanque de almacenamiento Para el cálculo del tamaño del tanque de almacenamiento de las aguas lluvias, se utilizó un programa informático llamado Neptuno³⁴, para el cual es necesario ingresar datos de área de captación, datos de precipitaciones diarios, precipitación a descartar como primeras aguas, consumo de agua potable por habitante diario, número de ocupantes del hogar, porcentaje de agua a sustituir por agua lluvia y coeficiente de escorrentía. Se comparó el potencial de ahorro para varios tamaños de tanque; para esto se calcula:

- Demanda de agua potable per cápita: se calculó dividiendo el consumo de agua promedio de los hogares en el número de personas promedio obtenido en las encuestas.

$$DAp = \frac{DA}{n} \quad (1)$$

³⁴ GHISI E, TRE´ s ACR, Kotani M. Netuno — aproveitamento de a´guas pluviais no setor residencial; 2004 [Neptune — a computer programme to evaluate potable water savings and rainwater tank capacity in the residential sector] [in Portuguese].

Dónde DAp es la demanda de agua potable per cápita (L/hab/día), DA es la demanda de agua en el hogar (L/día/vivienda) y n es el número de habitantes en el hogar.

- Demanda de agua lluvia en cada hogar: Se calculó a partir del porcentaje de agua potable a ser sustituido por agua lluvia.

$$DAI = P * DAp * n \quad (2)$$

Dónde: DAI es la demanda de agua lluvia per cápita (L), P es el porcentaje de agua potable a sustituir por agua lluvia, DAp es la demanda de agua potable en el hogar (L/hab/día) y n es el número de personas que habitan el hogar.

- Volumen de agua lluvia que puede ser recolectado diariamente en cada casa:

$$VAC = PPd * AC * Ce \quad (3)$$

Dónde: VAC es el volumen diario de agua que podría ser cosechado en cada casa (L/día/vivienda), PPd es la precipitación diaria (mm/día), AC es el área de captación (m²) y Ce es el coeficiente de escorrentía (adimensional).

- Volumen de agua lluvia disponible en el tanque de almacenamiento al final del día: se calcula restando del valor disponible en el recipiente, la demanda de agua de lluvia diaria.

$$VAD = \min \left\{ \frac{VADda + VAC - DAI}{VT - DAI} \right\} \quad (4)$$

Dónde: VAD es el volumen de agua lluvia disponible en el tanque de almacenamiento (L), $VADda$ es el volumen de agua lluvia disponible en el tanque de almacenamiento del día anterior (litros), VAC es el volumen diario de agua que

podría ser cosechado en cada casa (L/día/vivienda), DAI es la demanda de agua lluvia en el hogar (L) y VT es el volumen del tanque evaluado (L).

- Potencial de ahorro de agua potable para cada capacidad de tanque de almacenamiento: se calcula el porcentaje de agua potable sustituida por agua de lluvia.

$$PAA= 100 * \frac{\sum ACI}{DAP*d} \quad (5)$$

Dónde: PAA es el potencial de ahorro de agua potable durante el periodo de tiempo analizado (%), ACI es el agua de lluvia consumido diariamente en el hogar (L), DAP es la demanda de agua potable diaria en el hogar (litros/día por casa) y d es el número de días en el periodo analizado.

Los tamaños de tanque evaluados variaron desde 250 a 2000 litros, con diferencias de 250 litros. Para elegir la capacidad del tanque se tomó en cuenta el tamaño del recipiente en el cual el incremento del potencial de ahorro es mínimo con respecto al anterior, un tamaño de tanque comercial, económico y que no ocupe demasiado espacio.

Tabla 1. Datos ingresados al software Neptuno.

Datos de entrada	Valor	Unids
Precipitación	Archivo	.csv
Fecha inicio de eventos	04/03/1958	
Descarte de precipitación inicial	1	mm
Área de captación	44	m ²
Demanda total de agua	96	lpcd
Número de habitantes	4	
Porcentaje de agua a sustituir por agua de lluvia	34	%

Datos de entrada	Valor	Unids
Coefficiente de escorrentía superficial	0.8	

3.4 RED DE DISTRIBUCIÓN

Teniendo en cuenta la distribución del hogar, se realizó un modelo de una casa tipo en Autodesk Revit®, incluyendo los puntos hidráulicos a los cuales se conducirá el agua recolectada; se eligió la ubicación del tanque de almacenamiento, teniendo en cuenta el espacio disponible y facilidad de conectar con el bajante. Posteriormente, se realizó la distribución de la tubería, de tal manera que no obstaculice en las labores diarias y que pueda suministrarse nuevamente agua potable cuando sea necesario mediante la manipulación de válvulas ubicadas junto a los dispositivos conectados. Además se tuvo en cuenta la Norma Técnica Colombiana – NTC 1500³⁵.

Figura 5. Modelo del sistema de captación de agua lluvia



³⁵ ICONTEC Norma Técnica Colombiana - NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería. República de Colombia. 2004 82p.

3.5 SISTEMA DE TRATAMIENTO

Un estudio Realizado en sectores residenciales de la ciudad de Bogotá D.C (Colombia) muestra que los contaminantes de la lluvia, presentan un incremento considerable al entrar en contacto con las cubiertas en material de Fibrocemento, estos valores finales reflejan la necesidad de un tipo de tratamiento que se le debe hacer al líquido dependiendo de los usos demandados³⁶.

Tabla 2. Comparación de contaminantes en el agua de lluvia antes y después de entrar en contacto con superficies de fibrocemento.

Contaminante	Sin Alterar	Sin	Después de
	Alterar	Kennedy	pasar
	Soacha		Fibrocemento
Color (UPC)	39	NA	95
pH	7.4	8	8.3
Turbiedad (NTU)	17	21	24
SST (mg/L)	149	124	104
DBO5 (mg/L)	NA	20	21
Cd (mg/L)	0.3835	0.1725	0.1892
Cu (mg/L)	0.0589	0.0349	0.0409
Pb (mg/L)	0.3106	0.2273	0.2458
Zn (mg/L)	2.088	2.465	1.186

Fuente: TORRES, A., MÉNDEZ FAJARDO, S., LÓPEZ-KLEINE, L., MARÍN, V., GONZÁLEZ, J.A., SUÁREZ, J.C., PINZÓN, J.D., RUIZ, A., Calidad de aguas lluvias sobre tejados. 2011

El sistema de captación de agua potable incluye un filtro de hojas auto limpiante artesanal, ubicado en el bajante que conduce las aguas recolectadas por las canaletas. Tenido en cuenta para el dimensionamiento del tanque, un dispositivo de desviación de primera descarga, el cual ayuda a retardar la acumulación de partículas y sedimentos dentro de los tanques de almacenamiento, prevenir olores

³⁶ TORRES, A., MÉNDEZ FAJARDO, S., LÓPEZ-KLEINE, L., MARÍN, V., GONZÁLEZ, J.A., SUÁREZ, J.C., PINZÓN, J.D., RUIZ, A., Calidad de aguas lluvias sobre tejados. 2011

y coloración³⁷, debido a que la mayor parte de materia recolectada sobre la superficie del tejado se lava durante el comienzo de un evento de precipitación³⁸. Para evitar el paso de partículas más pequeñas al tanque almacenador, se propone un filtro de malla de limpieza manual ubicado justo antes de la entrada del mismo. Además el agua almacenada puede ser desinfectada por cloración³⁹. Al no necesitar potabilización el agua de lluvia para los usos elegidos, este tratamiento es adecuado para ser distribuido⁴⁰.

Figura 6. Tratamiento, almacenamiento y bombeo



³⁷ LEE, J.Y., YANG, J.S., HAN, M., CHOI, J., Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources. *Sci. Total Environ.* 2010. 408, 896-905

³⁸ KUS, B., KANDASAMY, J., VIGNESWARAN, S., SHON, H.K. Analysis of first flush to improve the water quality in rainwater tanks. *Water Sci. Technol.* 61, ., 2010a 421-42

³⁹ NAWAZ, M., HAN, M., KIM, T.-I., MANZOOR, U., AMIN, M., Silver disinfection of *Pseudomonas aeruginosa* and *E. coli* in rooftop harvested rainwater for potable purposes. *Sci. Total Environ.* 2012. 431, 20-25

⁴⁰ SANCHES FERNANDES LF, TERCENIO DPS, PACHECO FAL Rainwater harvesting systems for low demanding applications. *Sci Total Environ* 2015 529:91–100. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.05.061

3.6 ESTIMACIÓN DE AHORRO GENERALIZADO DE AGUA

Teniendo una apreciación del volumen de agua que se puede ahorrar en cada hogar, se proyectó dicho ahorro para el barrio compuesto por las 61 casas; esto debido a que los cálculos obtenidos fueron de datos promediados. Para esto se utilizó la siguiente ecuación:

$$AAG = \sum ACI * N \quad (6)$$

Dónde AAG es el volumen de agua ahorrada en general del barrio (litros/año), ACI es el agua de lluvia consumida en cada hogar (L/año) y N es el número de casas del barrio.

3.7 VIABILIDAD FINANCIERA DEL SISTEMA

Para evaluar la viabilidad financiera, se tuvo en cuenta el método utilizado por Oviedo-Ocaña et al. (2017), descrito a continuación.

3.7.1 Costos

- Materiales y construcción

El costo de construcción del sistema de captación se tomó de las cantidades de obra calculadas en el modelo Autodesk Revit®, los precios de los materiales se costearon de distribuidores locales, los costos de instalación se obtuvieron de la base de datos actual de ConstruData®⁴¹

⁴¹ CONSTRUADATA Software, revistas e información especializada para construcción, arquitectura e ingeniería [WWW Document]. URL <http://www.construdata.com/>.

- Equipo electro mecánico

El equipo de bombeo, al ser un elemento que tendrá que sustituirse cada cierto tiempo, su valor se dividió en el tiempo de vida útil.

- Consumo de energía

Los costos de electricidad se debieron al bombeo del agua de lluvia almacenada hasta los puntos hidráulicos elegidos. Este consumo se estableció estimando la potencia de la bomba y el tiempo de operación, el cual depende del volumen de agua a bombear y del caudal de la bomba (mayor al flujo necesario). Para ello se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$t = \frac{Vol}{Qb} \quad (7)$$

Dónde: t es el tiempo de operación de la bomba (h), Vol es el volumen a conducir (m³) y Qb es el caudal de la bomba (m³/hora).

$$EC = P_b * 0.746 * t \quad (8)$$

Dónde: EC es el consumo de energía de la bomba (KWh), P_b es la potencia de la bomba y t es el tiempo de operación de la bomba (h).

3.7.2 Factibilidad Los indicadores utilizados para en el análisis de viabilidad del sistema propuesto son el periodo de retorno (PP), pues el tiempo que se demore en recuperar el dinero invertido se vuelve muy importante, ya que de esto dependerá cuan rentable es, y qué tan riesgoso será llevar a cabo el proyecto⁴²; el valor actual neto (VAN); y la tasa interna de retorno (TIR); valores estimados del flujo de caja

⁴² INCP, Calculo del periodo de recuperación de la inversión o payback. <https://www.incp.org.co/calculo-del-periodo-de-recuperacion-de-la-inversion-o-payback>

obtenido según la inversión inicial (materiales e instalación del sistema), los gastos (depreciación y costo de energía) y los ingresos (ahorro generado en el pago del servicio de agua potable y alcantarillado). Según los cálculos de APU (Anexo 2) se estimó el valor de la inversión inicial; se tomó un valor de tasa de descuento de 4.12%, de acuerdo a la variación anual del Índice de precios al consumidor (IPC) de los últimos 10 años⁴³. Al no tener conocimiento acerca de variaciones futuras de la tarifa de agua, se tomó el valor de la tasa efectiva anual como 4.12%. La depreciación del equipo de bombeo se realizó dividiendo el valor de compra del mismo, en los años de vida útil (10 años).

⁴³ IPC. Índice de precios al consumidor URL <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc>

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ACEPTACIÓN SOCIAL

El grado de disposición de utilizar sistemas de captación de agua lluvias en los hogares encuestados (84%), es más bajo que el 97% obtenido en una zona residencial de Bucaramanga (Colombia) por Oviedo-Ocaña et al. (2017), entre otros.

La descarga de sanitarios es el uso más aceptado, y más utilizado en estudios de diferentes lugares del mundo, pues representa una alta demanda en los hogares y no requiere alta calidad de agua; lo cual concuerda con lo obtenido en el presente estudio.

4.2 POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE

El tamaño ideal del depósito obtenido fue de 11 000 litros, asumido como aquel en el que el potencial de ahorro aumentó menos de 1%⁴⁴. Se compararon los valores de tanques comerciales de 250 a 2 000 litros y se eligió el que mejor se ajustó a los parámetros sociales, técnicos y económicos (500 litros).

⁴⁴ GHISI, E., MENGOTTI, S., Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. 2006

Figura 7. Proporción de usos a dar al agua captada por parte de los usuarios.

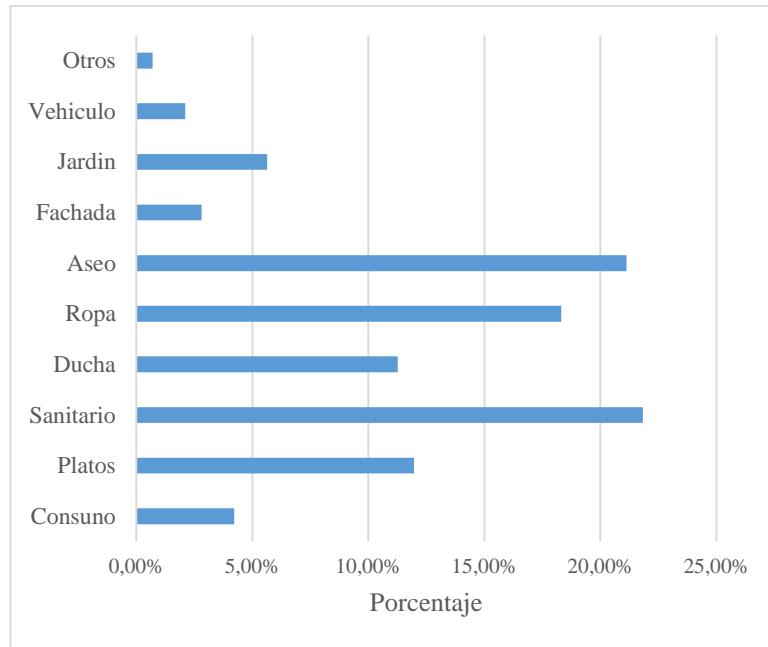


Figura 8. Potencial de ahorro para diferentes capacidades de almacenamiento.

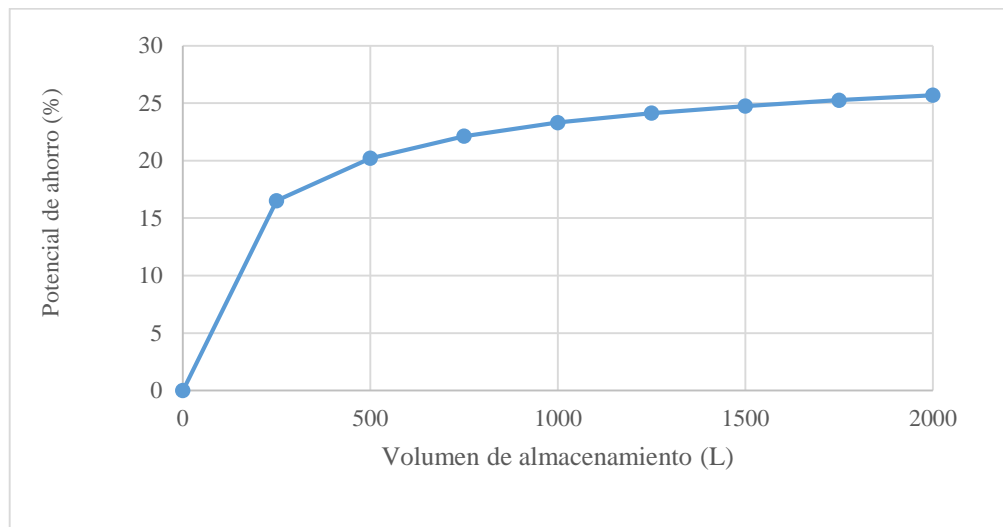


Figura 9. Potencial de ahorro de agua potable a lo largo del año (tanque de 500 L)

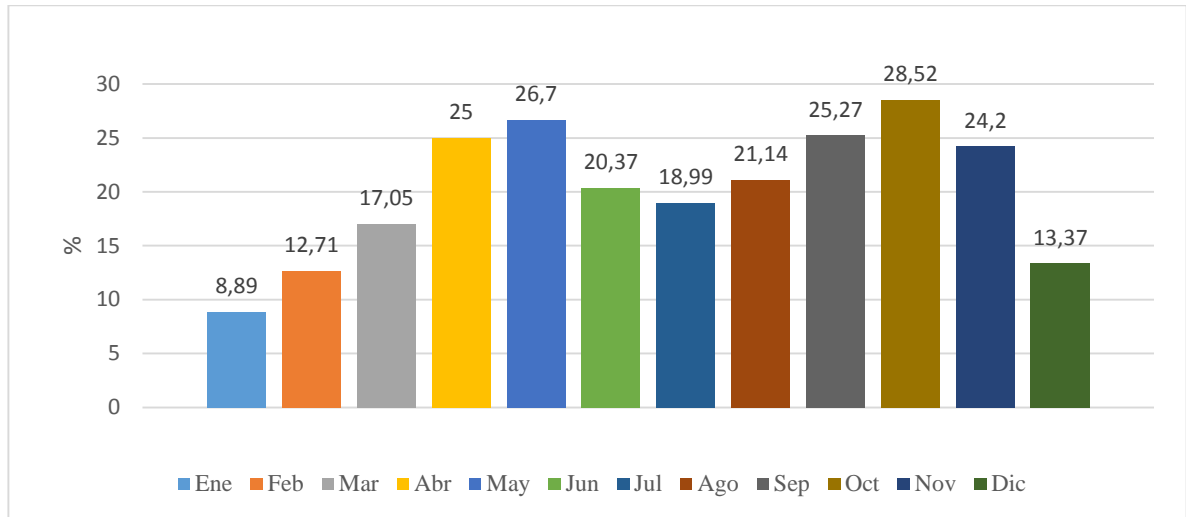


Tabla 3. Resultados obtenidos con el software Neptuno.

VT Com (lt)	PAA (%)	ACI (lt/día)	APC (lt/día)	VE (lt/día)	DAIA (%)
250	16.53	63.49	320.51	106.81	34.4
500	20.21	77.6	306.4	103.23	51.26
1000	23.32	89.54	294.46	94.74	63.22
2000	25.7	98.71	285.29	82.92	71.72

VT Com volumen de tanque comercial

PAA Potencial de ahorro de agua potable

ACI Volumen consumido de agua lluvia

APC Volumen de agua potable consumida

VE Volumen extravasado

DAIA Demanda de agua lluvia atendida

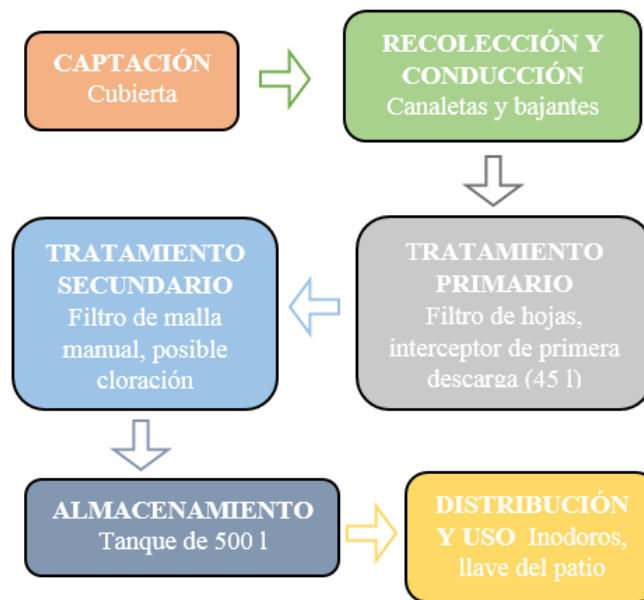
El potencial de ahorro durante cada año, obtenido al utilizar el tanque de 500 litros es de 20.21%, muy por debajo de valores hallados en otros estudios que utilizaron métodos similares; donde las principales variables que generan las diferencias son el área de captación, usos dados al agua de lluvia y tamaño del recipiente almacenador. En la Tabla 5 se muestran algunas características de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias en zonas residenciales de diferentes países y los

resultados obtenidos de la evaluación del potencial de ahorro de agua potable y el análisis financiero. Por lo cual se puede afirmar que es importante contar con una mayor área de captación, además del volumen del tanque de almacenamiento y de esta manera se puede aumentar el porcentaje de demanda de agua lluvia, aprovechándola para más usos en el hogar.

4.3 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

Se eligieron las tecnologías a utilizar de tal manera que se obtuviera un sistema funcional, de fácil manipulación y que cumpla con los requerimientos de demanda y calidad.

Figura 10. Estructura del sistema elegido



4.4 ANÁLISIS DE COSTOS

En la tabla 4 se muestra el costo de inversión, tarifas y porcentajes utilizados para el cálculo de los indicadores financieros. El costo de inversión es bajo debido a que los dispositivos se pueden adquirir a nivel local.

Tabla 4. Valores utilizados en la estimación de costos.

Descripción	Valor
Materiales e instalación del sistema	\$1 348 663
Cargo fijo adecuado	\$4 207
Cargo fijo alcantarillado	\$2 017
Tarifa por m3 de acueducto	\$510
Tarifa por m3 de alcantarillado	\$428
Inflación proyectada	4.12%
Tasa de incremento del costo del servicio de gua de agua (Acued y Alcant)	4.12%
Tasa de incremento del costo energético	4.12%

4.5 VIABILIDAD FINANCIERA

El periodo de retorno (PP) previsto es de 48 años en este sistema, dicho tiempo se debe al bajo costo que tiene el servicio por m3 de acueducto y alcantarillado. Sin embargo dicho periodo se podría ver rebajado en incentivos por parte de las EPM como periodos de gracias en cuanto al pago del servicio de Acueducto, por la Alcaldía municipal mediante subsidios para la adquisición de equipos o por Entes Gubernamentales con ayudas monetarias o donación de materiales.

La TIR del proyecto a implementar calculada es del 0.45%, con un VAN de \$28 772 y relación costo beneficio (B/C) de 0.35 evaluado para un ciclo de vida de 50 años, debido importancia ambiental considerando las recomendaciones de ISO 14040 2006⁴⁵, periodo semejante al PP. Además se realizó el cálculo suponiendo la misma tarifa de Bucaramanga y se obtuvo un PP de 23 años, una TIR del 5.69% y VAN de \$657 621 y relación B/C de 1.43.

Tabla 5. Características y resultados de estudios similares

País	Referencia	Descripción	Resultados
Brasil	Ghisi et al. 2006	Hogar, Área de captación 203.8 m ² Tamaño de tanque 5 000 lt Precipitación anual 1706 mm Residentes 3	PAA 35.5% PR 21 años
	Ghisi et al. 2006	Hogar, Área de captación 212.4 m ² Tamaño de tanque 3 000 lt Precipitación anual 1 706 mm Residentes 2	PAA 33.6% PR 67 años
España	Domènech and Saurí 2011	Hogar, Área de captación 80 m ² Tamaño de tanque 5 000 lt Residentes 4	PR 37 años
	Morales-Pinzón et al. 2014	Hogar, Área de captación 80 m ² Tamaño de tanque 3 000 lt	PR 44 años TIR (50) - 0.4%

⁴⁵ ISO- International Organization for Standardization. 14040 (2006). Environmental management–life cycle assessment–principles and framework. International

País	Referencia	Descripción	Resultados
		Residentes 4	
	Esta	Hogar, Área de	
Colombia	Investigación	captación 44 m ²	PAA 20.1%
		Tamaño de tanque	
		500 lt	PR 48 años
		Precipitación anual	TIR (50) -
		1 631 mm	0.45%
		Residentes 4	

Aunque desde el punto de vista financiero el proyecto no es viable, se debe hacer énfasis en los beneficios ambientales que se pueden generar. Acompañado de estrategias como el uso eficiente de agua en el hogar para su ahorro, contribuye a la reducción de aguas residuales; el bajo consumo de energía que se cuantificó para su funcionamiento, produce un bajo impacto ambiental debido a la menor energía incorporada durante el ciclo de vida⁴⁶.

4.6 AHORRO GENERALIZADO DE AGUA

Durante los meses de Octubre de 2016 a Marzo de 2017, la red de distribución del municipio, se facturó en promedio 44 443 m³/mes. Al implementarse los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias en todos los hogares del barrio Vista Hermosa, con las características propuestas, se estima un ahorro de agua potable de aproximadamente 1 728 m³/año; lo que significaría el 0.32% de ahorro de agua potable facturada en el municipio. Debido a que este barrio representa una mínima parte de zona urbana del municipio, el instalar estos sistemas solamente en las casas estudiadas no presentaría una disminución significativa en el suministro de agua por parte del embalse a la red principal. En el caso de poder aumentar el número de hogares que capten y aprovechen de manera efectiva el agua de lluvia

⁴⁶ MARINOSKI, AK., FORGIARINI, R., GHISI, E. Environmental benefit analysis of strategies for potable water savings in residential buildings. 2017

puede ayudar a reducir la presión en el sistema público⁴⁷; como el caso de Colombes (Francia) en el que se estimó un potencial de ahorro del 10% del consumo total de agua potable del municipio⁴⁸ y Curuaru (Brazil) con 31% en un año⁴⁹.

⁴⁷ Belmeziti, A., Coutard, O., Gouvello, B., A new methodology for evaluating Potential for PotableWater Savings (PPWS) by using rainwater harvesting at the urban level: the case of the Municipality of Colombes (Paris Region). *Water* 2013. 5, 312-326

⁴⁸ *Ibíd.*

⁴⁹ DOS SANTOS, SM., MARIAH, M., Potential for rainwater harvesting in a dry climate: Assessments in a semiarid region in northeast Brazil. 2017

5. CONCLUSIONES

Dentro de la ejecución de este proyecto se cuantificaron valores financieros y de potencial de ahorro; mediante el acercamiento que se tuvo con la comunidad y la empresa prestadora del servicio, se observó que en la zona de estudio, existen problemas de micro medición, por tanto el promedio de consumo estimado para cada hogar por parte de las EPM puede no ser el real. Aunque se estimó un potencial de ahorro de agua potable en el barrio Vista Hermosa de 20.1% anual; al evaluarse respecto con lo consumido en el municipio, representa el 0.32% anual.

En alusión a lo anteriormente dicho, también se cuantificó el gasto monetario que las personas realizan para contar con el recurso en épocas de sequía, obteniendo valores de gasto de hasta \$60 000 mensuales, inversión que sería rebajada mediante la adopción de este sistema, pues la comunidad no tendría que hacer uso del agua potable en sanitarios y para el aseo, permitiendo tener mayor oferta del recurso potabilizado en cada hogar.

El impacto generado por la adecuación de estos sistemas en las viviendas es muy positivo, los encuestados que aún no realizan prácticas para el ahorro del líquido, como reutilización de aguas grises, recolección de aguas lluvias a menor escala o disminución del volumen de descarga en sus inodoros, y aquellos que las realizan, ven la instalación de sistemas automatizados de captación, como opción viable, siendo estos últimos garantes del ahorro de agua potable generado por la utilización de dichas fuentes alternativas de suministro.

Todo esto permite dar la implementación de sistemas de captación de aguas lluvias como una alternativa significativa en cuanto al ahorro de agua se refiere, sin embargo estará limitada por factores técnicos y financieros, que el gobierno local

puede mejorar mediante subsidios, estos que la gente cree necesarios para poder adecuar sistemas que sean óptimos en calidad del agua y potencial de ahorro.

Sin embargo se debe explorar más, evaluar la calidad del agua precipitada en Málaga, cuantificar disminuciones en la oferta de agua lluvia debido al calentamiento global, todo esto con el fin de realizar diseños amigables con el ambiente, factibles socialmente y que permitan mitigar la escases especialmente en épocas de estiaje.

BIBLIOGRAFÍA

BELMEZITI, A., COUTARD, O., GOUELLO, B., A new methodology for evaluating Potential for Potable Water Savings (PPWS) by using rainwater harvesting at the urban level: the case of the Municipality of Colombes (Paris Region). *Water* 2013. 5, 312-326

BRODIE, I.M., Hydrological analysis of single and dual storage systems for stormwater harvesting. *Water Sci. Technol.* 2008.58, 1039-1046

BROWN, R., KEATH, N., Drawing on social theory for transitioning to sustainable urban water management: turning the institutional super-tanker. *Aust. J. Water Resour.* 2008. 12 (2), 1-12.

BURNS, M.J., FLETCHER, T.D., DUNCAN, H.P., HATT, B.E., LADSON, A.R., WALSH, C.J.,. The performance of rainwater tanks for stormwater retention and water supply at the household scale: an empirical study. *Hydrol. Process.* 2015 29 (1), 152-160

CAMPISANO A, BUTLER D, WARD S, BURNS M.J, FRIEDLER E, DEBUSK K, FISHER-JEFFES, GHISI E, RAHMAN A, FURUMAI H, HAN M., Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. 2015

CAMPISANO, A., GNECCO, I., MODICA, C., PALLA, A., Designing domestic rainwater harvesting systems under different climatic regimes in Italy. *Water Sci. Technol.* 2013. 67 (11), 2511-2518

CENTRE D'INFORMATION SUR L'EAU, Les Français et L'eau, fourteenth ed. 'Principaux résultats', Centre d'Information sur l'Eau, Paris, France. 2009.

CONSTRUDATA Software, revistas e información especializada para construcción, arquitectura e ingeniería [WWW Document]. URL <http://www.construdata.com/>.

COOMBES, P., Integrated water cycle management in Australia. In: Rainwater Harvesting Workshop, Vancouver, Canada. 2005.

COUTO et al. Greywater treatment in airports using anaerobic filter followed by UV disinfection: an efficient and low cost alternative. J. Clean. Prod., Bridges for a more sustainable future: Joining Environmental Management for Sustainable Universities (EMSU) and the European Roundtable for Sustainable Consumption and Production (ERSCP) conferences 2015 106, 372–379

CRA - Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento. (2001) Estimación del consumo básico de agua potable en Colombia. Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, Bogotá D.C

DOMENECH, L., SAURÍ, D., A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. J. Clean. Prod. 2011. 19 (6e7), 598-608

DOS SANTOS, SM., MARIAH, M., Potential for rainwater harvesting in a dry climate: Assessments in a semiarid region in northeast Brazil. 2017

ESTUPIÑAN J L & ZAPATA H O. Trabajo de Grado, Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del

FAO la base de datos AQUASTAT [Documento de WWW]. Agric Food. Organo. ONU FAO. URL http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm [Citado 19 de Abril de 2017].

FISHER-JEFFES, L.N., The Viability of Rainwater and Stormwater Harvesting in the Residential Areas of the Liesbeek River Catchment, Cape Town (PhD Thesis). University of Cape Town, South Africa. Available, at: http://open.uct.ac.za/discover?filtertype¼type&filter_relational_operator¼equals&query¼fisher-Jeffes&filter¼.

GHISI E, TRE´ s ACR, Kotani M. Netuno — aproveitamento de a´guas pluviais no setor residencial; 2004 [Neptune — a computer programme to evaluate potable water savings and rainwater tank capacity in the residential sector] [in Portuguese].

GHISI, E., MENGOTTI, S., Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. 2006

HOLOHAN C, BROWNE A Reframing water efficiency: determining collective approaches to change water use in the home. Br J Environ Clim Chang (In Press), currently available at: https://www.academia.edu/8360427/Reframing_intervention_what_does_a_collective_approach_to_behaviour_change_look_like

ICONTEC Norma Técnica Colombiana - NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería. República de Colombia. 2004 82p.

IDEAM Precipitation Data: Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies (IDEAM) [WWW Document]. Precip. Data Hydrol. Stn. URL <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-yclima/precipitacion-en-el-contexto-historico>

INCP, Calculo del periodo de recuperación de la inversión o payback.
<https://www.incp.org.co/calculo-del-periodo-de-recuperacion-de-la-inversion-o-payback>

IPC. Índice de precios al consumidor URL
<http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc>

ISO- International Organization for Standardization. 14040 (2006). Environmental management–life cycle assessment–principles and framework. International

KUJAWA K, ZEEMAN G Anaerobic treatment in decentralised and source-separation-based sanitation concepts. *Rev Environ Sci Biotechnol* 2006 5:115–139

KUS, B., KANDASAMY, J., VIGNESWARAN, S., SHON, H.K. Analysis of first flush to improve the water quality in rainwater tanks. *Water Sci. Technol.* 61, ., 2010a 421-42

LEE, J.Y., YANG, J.S., HAN, M., CHOI, J., Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources. *Sci. Total Environ.* 2010. 408, 896-905

MAHMOUD, W.H., ELAGIB, N.A., GAESE, H., HEINRICH, J., Rainfall conditions and rainwater harvesting potential in the urban area of Khartoum. *Resour. Conserv. Recycl.* 2014. 91, 89-99

MARINOSKI, AK., FORGIARINI, R., GHISI, E. Environmental benefit analysis of strategies for potable water savings in residential buildings. 2017

MATOS C, PEREIRA S, AMORIM EV, BENTES I, BRIGA-SÁ A Wastewater and greywater reuse on irrigation in centralized and decentralized systems—an integrated approach on water quality, energy consumption and CO2 emissions. *Sci Total Environ* 2014 493:463–471

MILAGROS, J., Rainwater Harvesting Systems for Communities in Developing Countries. Michigan Technological University. 2007.

MLIT, Water Resources in Japan 2014 (in Japanese). http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizsei/mizukokudo_mizsei_fr2_000012.html

MONTERROSO Eida, La Gestión de Abastecimiento. Agosto 2002

MORALES-PINZON, T., RIERADEVALL, J., GASOL, C.M., GABARRELL, X., Modelling for economic cost and environmental analysis of rainwater harvesting systems. *J. Clean. Prod.* 87 2015, 613-626.

NACIONES UNIDAS, Cambio Climático. <http://www.un.org/es/sections/issuesdepth/climate-change/index.html>. [Citado 19 de Abril de 2017]

NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL Agua potable en peligro: Los efectos del calentamiento global en el agua potable y saneamiento. Abril 2010

NAWAZ, M., HAN, M., KIM, T.-I., MANZOOR, U., AMIN, M., Silver disinfection of *Pseudomonas aeruginosa* and *E. coli* in rooftop harvested rainwater for potable purposes. *Sci. Total Environ.* 2012. 431, 20-25

ONU-Agua, FAO., Combatir la escasez de agua. El desafío del Siglo XXI. 2000

PALACIO, CASTAÑEDA, N., Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institucion educativa Maria Auxiliadora de Caldas, Antioquia. 2010.

PARTZSCH, L., Smart regulation for water innovation e the case of decentralized rainwater technology. J. Clean. Prod. 17, 2009. 985-991.

PROGRAMMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO Informe sobre Desarrollo Humano, Más allá de la escasez: Poder, pobreza y crisis mundial del agua. 2006

RCN RADIO, En aprietos municipio de Málaga por falta de agua. <http://www.rcnradio.com/locales/en-aprietos-municipio-de-malaga-por-falta-de-agua/>. [Citado 19 de Abril de 2017]

SANCHES FERNANDES LF, TERCENIO DPS, PACHECO FAL Rainwater harvesting systems for low demanding applications. Sci Total Environ 2015 529:91–100. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.05.061

SUÁREZ, J.A.B., GARCÍA, M.Á.G., MOSQUERA, R.O.O. Sistemas de aprovechamiento de agua lluvia para vivienda urbana. VI sereaseminario iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua (brasil). 2006

TORRES, A., MÉNDEZ FAJARDO, S., LÓPEZ-KLEINE, L., MARÍN, V., GONZÁLEZ, J.A., SUÁREZ, J.C., PINZÓN, J.D., RUIZ, A., Calidad de aguas lluvias sobre tejados. 2011

VILLA, José., Optimización del sistema de descarga del inodoro para economizar agua. 2015.

WIROJANAGUD, P., VANVAROTHORN, V., Jars and tanks for rainwater storage in rural Thailand. *Waterlines* 1990. 8 (3), 29-32.

ANEXOS

Anexo A. Consumo mensual promedio de agua potable, barrio Vista Hermosa.

Dirección	Consumo [m ³ /mes]
CASA # 26 V.HERMOSA	13
CASA # 24 B. V.HERMOSA	12
CASA # 22 B. V. HERMOSA	12
CASA # 20 B. V. HERMOSA	12
CASA # 18 V. HERMOSA	12
CASA # 16 V. HERMOSA	12
CASA # 14 V. HERMOSA	12
CASA # 12 V. HERMOSA	12
CASA # 8 V. HERMOSA	12
CASA 6 V. HERMOSA	12
CASA # 4 V. HERMOSA	12
CASA # 2 V. HERMOSA	12
CASA # 1 V. HERMOSA	12
CASA # 3 V. HERMOSA	12
CASA # 5 V. HERMOSA	12
CASA # 7 V. HERMOSA	6
CASA # 9 V. HERMOSA	12
CASA # 11 V. HERMOSA	12
CASA # 13 V. HERMOSA	13
CASA # 15 V. HERMOSA	12
CASA # 17 V. HERMOSA	11
CASA # 19 B. V. HERMOSA	11
CASA # 21 V. HERMOSA	12
CASA # 23 V. HERMOSA	12
CASA # 25 V. HERMOSA	12
CASA NO. 2 V. HERMOSA	12
CASA NO. 3. V. HERMOSA	12
CASA # 4 V. HERMOSA ET.2	12
CLL 22B NO. 8-42	12

Dirección	Consumo [m³/mes]
CASA # 6 V. HERMOSA ET.2	12
CASA # 7 V. HERMOSA ET. 2	12
CASA # 8 V. HERMOSA ET.2	12
CASA # 9 V. HERMOSA ET.2	10
CASA # 10 V. HERMOSA ET.2	12
CASA # 12 V. HERMOSA ET.2	12
CLL 22 B NO. 8-02	10
CASA # 4 V. HERMOSA ET.3	12
CASA NO. 02 V. HERMOSA	12
CASA # 16 V. HERMOSA ET.3	12
CASA # 10 V. HERMOSA ET.3	12
CASA NO. 8 ETP. 3	12
CLL 22A # 8-26 CASA 12	12
CASA # 20 V. HERMOSA ET.3	13
CASA # 22 V. HERMOSA ET.3	12
CASA # 18 V. HERMOSA ET.3	12
CASA # 21 V. HERMOSA ET.3	11
CASA # 13 V. HERMOSA ET.3	11
CASA NO. 15 ETAPA 3	12
CASA # 5 V. HERMOSA ET. 3	12
CASA # 3 V. HERMOSA ET.3	11
CASA NO. 9 V HERMOSA E.3	12
CASA NO. 1 ET. 3 VISTA H	11
CASA # 11 VISTA HERMOSA ET. 3	11
CASA NO. 14 VISTA HERMOSA ET.3	6
CASA NO. 19 VISTA HERMOSA ET 3	9
CASA NO. 17 V. HERMOSA ET. 3	12
LA EMBAJADA	13
CRA 9 # 25-10 VIA VISTA HERM.	10
CASA NO. 7 V. HERMO. ET. 3	12
CASA NO. 6 VISTA HERM ET 3	9
VEREDA EL LOQUETAL VIA VISTA	10

Descripción	Valor	Unidad
Promedio consumo por hogar	11 520	L
Desviación consumo por hogar	1 310	L
Promedio consumo Per Cápita	96	L/día
Desviación consumo Per Cápita	10.9	L/día

Anexo B. APU costo de inversión (materiales y mano de obra), Sistema de aprovechamiento de aguas lluvias

Articulo	Cant.		Precio Unitario	Subtotal
Bomba 0.5 Hp	1	UN	\$81.900,00	\$81.900,00
Codos 90° PVC, Presión 1/2"	20	UN	\$3.901,00	\$78.020,00
Accesorios de unión Te 1/2"	4	UN	\$3.615,00	\$14.460,00
Válvulas de presión 1/2"	6	UN	\$6.815,00	\$40.890,00
Tanque 500 L	1	UN	\$128.900,00	\$128.900,00
Tubería PVC 1/2"	16	m	\$8.538,00	\$136.608,00
Abrazaderas de tubería 1/2" a pared en acero	16	UN	\$500,00	\$8.000,00
Tanque desviador primeras aguas	1	UN	\$25.000,00	\$25.000,00
Canaleta recolección de aguas lluvias	8.5	m	\$37.551,00	\$319.183,50
Tubo de 3" para bajante de aguas lluvias	16.5	m	\$16.807,00	\$277.315,50
Codos 90° PVC, Presión 3"	6	UN	\$5.901,00	\$35.406,00
Reductores de 3" a 2"	2	UN	\$4.100,00	\$8.200,00
Reductores de 4" a 2"	2	UN	\$5.300,00	\$10.600,00
Codos 90° PVC, Presión 2"	1	UN	\$5.900,00	\$5.900,00
Accesorios de unión Te 3"	4	UN	\$6.320,00	\$25.280,00
Filtro de hojas Artesanal	1	UN	\$25.000,00	\$25.000,00
Abrazaderas de tubería 3" a pared en acero	15	UN	\$1.000,00	\$15.000,00
Grifo de limpieza tanque primeras aguas	1	UN	\$18.000,00	\$18.000,00
Grifo de purga para tanque de recolección de aguas lluvias	1	UN	\$18.000,00	\$18.000,00
Filtro con Malla metálica	1	UN	\$77.000,00	\$77.000,00
			Costo Inicial	\$1.348.663,00

Anexo C. Análisis financiero (flujo de caja)

Descripción	Costo	Ahorro	Unidad
Ahorro anual de Alcantarillado 25 % subsidio	\$428,00	\$9.091,6	\$/m3
Ahorro anual de Agua potable 25 % subsidio	\$510,00	\$10.833,5	\$/m3
Consumo anual de Energia electrica por el equipo electromecanico	\$452,00	\$2.247,9	\$/Kwh

Año	Flujo de Caja Acumulado	Ingresos	Egresos	Flujo de caja Anual	PP
0	-\$ 1.348.663,00		\$ 1.348.663,00	-\$ 1.348.663,00	
1	-\$ 1.338.784,84	\$ 20.746,15	\$ 10.867,99	\$ 9.878,16	0,0
2	-\$ 1.328.499,70	\$ 21.600,89	\$ 11.315,75	\$ 10.285,14	136,5
3	-\$ 1.317.790,81	\$ 22.490,85	\$ 11.781,96	\$ 10.708,89	131,1
4	-\$ 1.306.640,72	\$ 23.417,47	\$ 12.267,38	\$ 11.150,09	126,0
5	-\$ 1.295.031,24	\$ 24.382,27	\$ 12.772,79	\$ 11.609,48	121,1
6	-\$ 1.282.943,45	\$ 25.386,82	\$ 13.299,03	\$ 12.087,79	116,5
7	-\$ 1.270.357,65	\$ 26.432,76	\$ 13.846,95	\$ 12.585,81	112,1
8	-\$ 1.257.253,31	\$ 27.521,79	\$ 14.417,45	\$ 13.104,34	107,9
9	-\$ 1.243.609,07	\$ 28.655,68	\$ 15.011,45	\$ 13.644,24	103,9
10	-\$ 1.229.402,68	\$ 29.836,30	\$ 15.629,92	\$ 14.206,38	100,1
11	-\$ 1.214.611,00	\$ 31.065,55	\$ 16.273,87	\$ 14.791,68	96,5
12	-\$ 1.199.209,90	\$ 32.345,46	\$ 16.944,35	\$ 15.401,10	93,1
13	-\$ 1.183.174,27	\$ 33.678,09	\$ 17.642,46	\$ 16.035,63	89,8
14	-\$ 1.166.477,97	\$ 35.065,63	\$ 18.369,33	\$ 16.696,30	86,7
15	-\$ 1.149.093,79	\$ 36.510,33	\$ 19.126,15	\$ 17.384,18	83,8
16	-\$ 1.130.993,38	\$ 38.014,55	\$ 19.914,14	\$ 18.100,41	81,1
17	-\$ 1.112.147,23	\$ 39.580,75	\$ 20.734,61	\$ 18.846,15	78,4
18	-\$ 1.092.524,62	\$ 41.211,48	\$ 21.588,87	\$ 19.622,61	76,0
19	-\$ 1.072.093,56	\$ 42.909,39	\$ 22.478,33	\$ 20.431,06	73,6
20	-\$ 1.050.820,74	\$ 44.677,26	\$ 23.404,44	\$ 21.272,82	71,4
21	-\$ 1.028.671,48	\$ 46.517,96	\$ 24.368,70	\$ 22.149,26	69,4
22	-\$ 1.005.609,67	\$ 48.434,50	\$ 25.372,69	\$ 23.061,81	67,4
23	-\$ 981.597,71	\$ 50.430,01	\$ 26.418,05	\$ 24.011,96	65,6
24	-\$ 956.596,46	\$ 52.507,72	\$ 27.506,47	\$ 25.001,25	63,8

Año	Flujo de Caja Acumulado	Ingresos	Egresos	Flujo de caja Anual	PP
25	-\$ 930.565,16	\$ 54.671,04	\$ 28.639,74	\$ 26.031,30	62,2
26	-\$ 903.461,37	\$ 56.923,49	\$ 29.819,70	\$ 27.103,79	60,7
27	-\$ 875.240,90	\$ 59.268,74	\$ 31.048,27	\$ 28.220,47	59,3
28	-\$ 845.857,75	\$ 61.710,61	\$ 32.327,46	\$ 29.383,15	58,0
29	-\$ 815.264,01	\$ 64.253,08	\$ 33.659,35	\$ 30.593,74	56,7
30	-\$ 783.409,82	\$ 66.900,31	\$ 35.046,11	\$ 31.854,20	55,6
31	-\$ 750.243,23	\$ 69.656,60	\$ 36.490,01	\$ 33.166,59	54,6
32	-\$ 715.710,17	\$ 72.526,46	\$ 37.993,40	\$ 34.533,05	53,6
33	-\$ 679.754,35	\$ 75.514,55	\$ 39.558,73	\$ 35.955,82	52,7
34	-\$ 642.317,16	\$ 78.625,75	\$ 41.188,55	\$ 37.437,20	51,9
35	-\$ 603.337,55	\$ 81.865,13	\$ 42.885,52	\$ 38.979,61	51,1
36	-\$ 562.751,98	\$ 85.237,97	\$ 44.652,40	\$ 40.585,57	50,4
37	-\$ 520.494,29	\$ 88.749,77	\$ 46.492,08	\$ 42.257,69	49,8
38	-\$ 476.495,58	\$ 92.406,26	\$ 48.407,55	\$ 43.998,71	49,3
39	-\$ 430.684,12	\$ 96.213,40	\$ 50.401,94	\$ 45.811,46	48,8
40	-\$ 382.985,23	\$ 100.177,39	\$ 52.478,50	\$ 47.698,89	48,4
41	-\$ 333.321,14	\$ 104.304,70	\$ 54.640,62	\$ 49.664,08	48,0
42	-\$ 281.610,90	\$ 108.602,06	\$ 56.891,81	\$ 51.710,24	47,7
43	-\$ 227.770,19	\$ 113.076,46	\$ 59.235,76	\$ 53.840,71	47,4
44	-\$ 171.711,25	\$ 117.735,21	\$ 61.676,27	\$ 56.058,94	47,2
45	-\$ 113.342,68	\$ 122.585,90	\$ 64.217,33	\$ 58.368,57	47,0
46	-\$ 52.569,32	\$ 127.636,44	\$ 66.863,08	\$ 60.773,36	46,9
47	\$ 10.707,90	\$ 132.895,06	\$ 69.617,84	\$ 63.277,22	47,2
48	\$ 76.592,14	\$ 138.370,34	\$ 72.486,10	\$ 65.884,24	49,2
49	\$ 145.190,81	\$ 144.071,20	\$ 75.472,53	\$ 68.598,67	51,2
50	\$ 216.615,75	\$ 150.006,93	\$ 78.581,99	\$ 71.424,94	53,2

Anexo D. Analisis financiero (flujo de caja) con tarifa de Bucaramanga.

Año	Flujo de Caja Acumulado	Ingresos	Egresos	Flujo de caja Anual	PP
0	-\$ 1.348.663,00		\$ 1.348.663,00	-\$ 1.348.663,00	
1	-\$ 1.308.498,70	\$ 51.032,29	\$ 10.867,99	\$ 40.164,30	0,0
2	-\$ 1.266.679,64	\$ 53.134,82	\$ 11.315,75	\$ 41.819,06	33,5
3	-\$ 1.223.137,63	\$ 55.323,97	\$ 11.781,96	\$ 43.542,01	32,2
4	-\$ 1.177.801,69	\$ 57.603,32	\$ 12.267,38	\$ 45.335,94	31,0
5	-\$ 1.130.597,91	\$ 59.976,57	\$ 12.772,79	\$ 47.203,78	29,9
6	-\$ 1.081.449,33	\$ 62.447,61	\$ 13.299,03	\$ 49.148,58	28,9
7	-\$ 1.030.275,84	\$ 65.020,45	\$ 13.846,95	\$ 51.173,50	28,0
8	-\$ 976.993,99	\$ 67.699,29	\$ 14.417,45	\$ 53.281,85	27,1
9	-\$ 921.516,93	\$ 70.488,50	\$ 15.011,45	\$ 55.477,06	26,3
10	-\$ 863.754,22	\$ 73.392,63	\$ 15.629,92	\$ 57.762,71	25,6
11	-\$ 803.611,68	\$ 76.416,41	\$ 16.273,87	\$ 60.142,54	24,9
12	-\$ 740.991,27	\$ 79.564,76	\$ 16.944,35	\$ 62.620,41	24,3
13	-\$ 675.790,90	\$ 82.842,83	\$ 17.642,46	\$ 65.200,37	23,8
14	-\$ 607.904,28	\$ 86.255,96	\$ 18.369,33	\$ 67.886,63	23,3
15	-\$ 537.220,72	\$ 89.809,70	\$ 19.126,15	\$ 70.683,55	22,9
16	-\$ 463.625,00	\$ 93.509,86	\$ 19.914,14	\$ 73.595,72	22,6
17	-\$ 386.997,14	\$ 97.362,47	\$ 20.734,61	\$ 76.627,86	22,3
18	-\$ 307.212,22	\$ 101.373,80	\$ 21.588,87	\$ 79.784,93	22,0
19	-\$ 224.140,15	\$ 105.550,40	\$ 22.478,33	\$ 83.072,07	21,8
20	-\$ 137.645,51	\$ 109.899,08	\$ 23.404,44	\$ 86.494,64	21,7
21	-\$ 47.587,30	\$ 114.426,92	\$ 24.368,70	\$ 90.058,22	21,6
22	\$ 46.181,32	\$ 119.141,31	\$ 25.372,69	\$ 93.768,61	22,5
23	\$ 143.813,20	\$ 124.049,93	\$ 26.418,05	\$ 97.631,88	24,5
24	\$ 245.467,51	\$ 129.160,79	\$ 27.506,47	\$ 101.654,31	26,5
25	\$ 351.309,98	\$ 134.482,21	\$ 28.639,74	\$ 105.842,47	28,5
26	\$ 461.513,17	\$ 140.022,88	\$ 29.819,70	\$ 110.203,18	30,4
27	\$ 576.256,72	\$ 145.791,82	\$ 31.048,27	\$ 114.743,55	32,2
28	\$ 695.727,71	\$ 151.798,44	\$ 32.327,46	\$ 119.470,99	34,1
29	\$ 820.120,90	\$ 158.052,54	\$ 33.659,35	\$ 124.393,19	35,9
30	\$ 949.639,09	\$ 164.564,30	\$ 35.046,11	\$ 129.518,19	37,6
31	\$ 1.084.493,43	\$ 171.344,35	\$ 36.490,01	\$ 134.854,34	39,4
32	\$ 1.224.903,77	\$ 178.403,74	\$ 37.993,40	\$ 140.410,34	41,1
33	\$ 1.371.099,02	\$ 185.753,98	\$ 39.558,73	\$ 146.195,25	42,8

Año	Flujo de Caja Acumulado	Ingresos	Egresos	Flujo de caja Anual	PP
34	\$ 1.523.317,51	\$ 193.407,04	\$ 41.188,55	\$ 152.218,49	44,4
35	\$ 1.681.807,40	\$ 201.375,41	\$ 42.885,52	\$ 158.489,89	46,0
36	\$ 1.846.827,08	\$ 209.672,08	\$ 44.652,40	\$ 165.019,68	47,7
37	\$ 2.018.645,56	\$ 218.310,57	\$ 46.492,08	\$ 171.818,49	49,2
38	\$ 2.197.542,97	\$ 227.304,96	\$ 48.407,55	\$ 178.897,41	50,8
39	\$ 2.383.810,95	\$ 236.669,93	\$ 50.401,94	\$ 186.267,98	52,3
40	\$ 2.577.753,17	\$ 246.420,73	\$ 52.478,50	\$ 193.942,22	53,8
41	\$ 2.779.685,81	\$ 256.573,26	\$ 54.640,62	\$ 201.932,64	55,3
42	\$ 2.989.938,08	\$ 267.144,08	\$ 56.891,81	\$ 210.252,27	56,8
43	\$ 3.208.852,74	\$ 278.150,41	\$ 59.235,76	\$ 218.914,66	58,3
44	\$ 3.436.786,68	\$ 289.610,21	\$ 61.676,27	\$ 227.933,94	59,7
45	\$ 3.674.111,51	\$ 301.542,15	\$ 64.217,33	\$ 237.324,82	61,1
46	\$ 3.921.214,11	\$ 313.965,69	\$ 66.863,08	\$ 247.102,60	62,5
47	\$ 4.178.497,34	\$ 326.901,08	\$ 69.617,84	\$ 257.283,23	63,9
48	\$ 4.446.380,64	\$ 340.369,40	\$ 72.486,10	\$ 267.883,30	65,3
49	\$ 4.725.300,74	\$ 354.392,62	\$ 75.472,53	\$ 278.920,09	66,6
50	\$ 5.015.712,34	\$ 368.993,60	\$ 78.581,99	\$ 290.411,60	68,0