

**VALORACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE
AGUAS LLUVIA EN ESTABLECIMIENTO COMERCIAL: CASO DE ESTUDIO
HOTEL DEL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER**

YIDY JOHANNA VARGAS CASTAÑEDA

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

2017

**VALORACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE
AGUAS LLUVIA EN ESTABLECIMIENTO COMERCIAL: CASO DE ESTUDIO
HOTEL DEL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER**

YIDY JOHANNA VARGAS CASTAÑEDA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniera Civil**

Directora:

**ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
Ingeniera Sanitaria**

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

2017

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	12
1. METODOLOGÍA.....	15
1.1 IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES.....	15
1.2 ANÁLISIS DE INDICADORES PARA EL CASO DE ESTUDIO	16
1.3 PROPUESTAS DE MEJORA	16
2. RESULTADOS	18
2.1 MARCO CONCEPTUAL	18
2.1.1 Consumo de agua en el mundo	18
2.1.2 Oferta hídrica en Colombia	18
2.1.3 Escasez de agua en Colombia.....	19
2.1.4 Recolección de agua lluvia.....	19
2.1.5 Aprovechamiento del agua lluvia en Colombia	20
2.1.6 Aprovechamiento del agua lluvia en la industria hotelera	21
2.1.7 Desempeño del uso de agua en hoteles.	22
2.1.8 Calidad del agua lluvia.	23
2.1.9 Ventajas y desventajas de aprovechar el agua lluvia.....	24
2.2 ASPECTOS TÉCNICOS DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS	25
2.2.1 Captación	25
2.2.2 Almacenamiento.....	27
2.2.3 Volumen de almacenamiento.....	28
2.2.4 Dotación de agua por uso.	29
2.2.5 Demanda acumulada al mes (DAM').....	30

2.3	ASPECTOS FINANCIEROS.....	31
3.	ANÁLISIS DE INDICADORES PARA EL CASO DE ESTUDIO	33
3.1	DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO.....	33
3.1.1	Hotelería en Vélez Santander	34
3.2	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA.....	35
3.2.1	Precipitación.....	35
3.2.2	Escasez de agua en Vélez.....	36
3.3	ASPECTOS TÉCNICOS HOTEL CASO DE ESTUDIO.....	38
3.3.1	Sistema existente de recolección de aguas lluvias.	40
4.	PROPUESTAS DE MEJORA AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA EXISTENTE.....	47
4.1	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	47
4.1.1	Evaluación financiera	50
4.2	INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS.....	51
5.	CONCLUSIONES.....	54
6.	RECOMENDACIONES	56
	BIBLIOGRAFÍA.....	57
	ANEXOS.....	63

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Acidez del agua.....	23
Cuadro 2. Coeficientes de escurrimiento según material del techo.	26
Cuadro 3. Consumo en hoteles	30

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación Vélez Santander hotel caso de estudio.....	33
Figura 2. Grafica de precipitación mensual predio 1993- 2013.....	36
Figura 3. Represa la Batanera Vélez Santander	37
Figura 4. Ubicación y fachada del hotel caso de estudio en Vélez Santander.....	38
Figura 5. Consumo de agua para el último año en hotel caso de estudio.	39
Figura 6. Áreas de captación 1, 2, 3 y 4.	40
Figura 7. Canales recolectores 1 y 2	41
Figura 8. Tuberías recolectoras	42
Figura 9. Estructura de remoción de materiales gruesos.....	43
Figura 10. Tanque de almacenamiento	43
Figura 11. Distribución del agua lluvia recolectada.....	44
Figura 12. Resultados encuesta sobre uso de aguas lluvia a huéspedes del Hotel Paisa.....	46
Figura 13. Tanque de almacenamiento propuesto.....	49
Figura 14. Interceptor de primeras aguas	52

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Estructura de remoción de materiales gruesos del sistema de recolección de aguas lluvia existente en el Hotel Paisa.....	63
Anexo B. Costo del sistema de recolección de agua lluvia existente.....	64
Anexo C. Formato de entrevista semi-estructurada sobre la valoración de sistemas de recolección de aguas lluvia en establecimiento comercial para propietario.....	65
Anexo D. Formato encuesta sobre la valoración de sistemas de recolección de aguas lluvia en establecimiento comercial para clientes:.....	66
Anexo E. Ubicación del tanque de Almacenamiento y área de captación	67
Anexo F. Costos para el tanque de almacenamiento propuesto como mejora al sistema de recolección de agua lluvia existente	68

RESUMEN

TITULO: VALORACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIA EN ESTABLECIMIENTO COMERCIAL: CASO DE ESTUDIO HOTEL DEL MUNICIPIO DE VÉLEZ SANTANDER*

AUTORA: Yidy Johanna Vargas Castañeda**

PALABRAS CLAVE: Agua lluvia, captación, establecimiento comercial, aprovechamiento del agua, hotel sostenible, ahorro de agua potable.

DESCRIPCIÓN:

La recolección de agua lluvia es una práctica interesante desde el punto de vista ecológico, así como los beneficios económicos que puede generar, teniendo en cuenta el elevado consumo de agua en establecimientos comerciales, específicamente en hoteles donde la mayoría de actividades dependen del uso del agua. Este proyecto presenta una valoración a un sistema de recolección de agua lluvia existente en establecimiento comercial y se tiene como caso de estudio un hotel ubicado en el municipio de Vélez Santander, se presentan los aspectos técnicos y financieros a valorar y se proponen mejoras para dicho sistema haciendo un análisis aproximado de la viabilidad técnica y financiera.

En este documento se expone la identificación de indicadores de sistemas de recolección de agua lluvia y se avalúa el desempeño de los mismos en el hotel caso de estudio basado en lo que indica la literatura. De los resultados se sugiere que el sistema de recolección de agua lluvia para un hotel es técnicamente y ambientalmente viable, pero en términos financieros la recuperación de la inversión inicial es a largo plazo, y que la evaluación financiera plantea limitaciones si no se consideran las externalidades sociales y ambientales de este tipo de proyectos.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Directora: Isabel Cristina Domínguez Rivera

ABSTRACT

TITLE: TECHNICAL-FINANCIAL ASSESSMENT OF RAINWATER COLLECTION SYSTEMS IN COMMERCIAL ESTABLISHMENT: CASE STUDY HOTEL IN THE MUNICIPALITY OF VÉLEZ SANTANDER*

AUTHOR: Yidy Johanna Vargas Castañeda**

KEYWORDS: Rainwater, catchment, commercial establishment, water use, sustainable hotel, saving potable water.

DESCRIPTION:

Rainwater harvesting is an ecologically interesting practice as well as the economic benefits it can generate, taking into account the high consumption of water in commercial premises, especially in hotels where most activities depend on water use. This project presents an assessment of a rainwater harvesting system in a commercial establishment and has as a case study a hotel located in the municipality of Vélez Santander. The study includes the technical and financial aspects to be evaluated and proposed improvements for this system making an approximate analysis of technical and financial feasibility.

This paper describes the identification of indicators of rainwater harvesting systems from a literature review and assesses their performance in the case study hotel. From the results it is suggested that the rainwater harvesting system for the hotel is technically and environmentally viable, but in financial terms the initial investment recovery is long term. Therefore, the financial evaluation poses limitations if the social and environmental externalities of this type of project are not considered.

* Draft Degree

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Isabel Cristina Domínguez Rivera

INTRODUCCIÓN

Sin duda, el agua representa la fuente de vida en el planeta tierra. Por esta razón, es importante desde la academia crear conciencia de la importancia del adecuado aprovechamiento del recurso hídrico y establecer alternativas que puedan llevar a aliviar las carencias relacionadas con el suministro del líquido. La escasez de agua es un problema que aqueja muchas comunidades alrededor del mundo debido en parte a su uso irresponsable y desmedido. La población mundial crece a un ritmo de unos 80 millones de personas al año (USCB, 2012). El crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización, el aumento de la producción y el consumo han generado una demanda de agua dulce cada vez mayor.

En el informe de las Naciones Unidas¹ sobre los recursos hídricos en el mundo en el año 2015, se prevé que en 2030 el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40% de agua en un escenario climático en que todo sigue igual. En el informe de 2016², se afirma que la escasez de agua surge de una combinación de la variabilidad hidrológica y el alto uso humano, que puede, en parte, ser mitigado por la infraestructura de almacenamiento.

Para dotar de agua una comunidad usualmente se construyen presas. Según Khai, Mazlin & Marlia³, estos generalmente son proyectos con altos costos de operación

¹ CONNOR, Richard y KONCAGÜL, Engin. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. [En línea] Octubre de 2016, de WWAP en nombre de ONU-Agua. 2015. [Consultado 20 Julio 2017]. Disponible en: <<http://www.unesco.org/water/wwap> >

² *Ibíd*, p.

³ KHAI, Lee; MAZLIN, Mokhtar; MARLIA, Hanafiah; AZHAR, Halim & JAMALUDIN, Badusah. Rainwater harvesting as an alternative water resource in Malaysia: potential, policies and development. [En línea] Journal of Cleaner Production. Vol. 126. 2016. [Consultado 20 sep 2017]. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616301287> >

y susceptibles a diferentes situaciones como el daño ecológico, desastres por inundaciones en poblaciones cercanas a esta, negocios fraudulentos, entre otros. Teniendo en cuenta que la disponibilidad de agua ha ido disminuyendo en el planeta, y siguiendo a Melville, Ward & Butler⁴, se ha sugerido como una alternativa ambiental y de ahorro en términos monetarios en diversas partes del mundo el uso de agua de lluvia para promover el ahorro de agua potable y mejorar la disponibilidad de agua, mediante sistemas de recolección de agua lluvia que básicamente funcionan cosechando el agua que escurre de los techos mediante canales y almacenándola en tanques para diferentes usos.

Para el presente caso de estudio se seleccionó un hotel de Vélez Santander, ya que según el Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM)⁵, Vélez es uno de los municipios con mayor escasez de agua de la provincia de Vélez. En este municipio para enfrentar la escasez se proyectó la represa la Batanera cuya construcción terminó a finales de 2015, y meses después se desbordó por hundimiento del dique originado por errores en el diseño según la Empresa de Servicios públicos de Santander (ESANT).

En Vélez las actividades comerciales demandan una cantidad considerable del agua que abastece la población y la industria hotelera es responsable de parte de este caudal debido a las actividades que se realizan. Con esta investigación se pretende valorar los aspectos técnicos y financieros de un sistema de recolección de agua lluvia en hoteles mediante indicadores y se plantea proponer mejoras con

⁴ MELVILLE-SHREEVE, Peter; WARD, Sarah & BUTLER, David. Harvesting Typologies for UK Houses: A Multi Criteria Analysis of System Configurations. [En línea] Centre for Water System. University of Exeter. UK. 2016. [Consultado 20 sep 2017]. Disponible en: < <https://pdfs.semanticscholar.org/467a/19d5dbd17be5a933ca57d000e0cfd69500d4.pdf> >

⁵ COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Estudio Nacional del Agua 2014. [En línea] Bogotá, D. C., 2015. 496 p. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: < http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf >

base en el diagnóstico realizado, considerando que este debe suplir las necesidades de dicho negocio. Para el desarrollo de este estudio es necesario conocer aspectos relacionados con el clima, parámetros de la construcción de sistemas de recolección de agua lluvia, dificultades que este sistema puede solventar y resultados financieros a los que lleva el empleo de un sistema de recolección de agua lluvia en un hotel del municipio de Vélez Santander.

1. METODOLOGÍA

A continuación, se describe la forma en cómo se desarrolló la investigación.

1.1 IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES

Se hizo una recopilación y clasificación de la información disponible incluyendo libros, artículos, planes y revistas provenientes del sistema de consulta de bases de datos bibliográficos y recursos electrónicos de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander. También se revisaron boletines estadísticos, informes técnicos, informes de gestión producidos por las entidades encargadas del uso y manejo de agua a nivel nacional (IDEAM) y en el municipio de Vélez (Plan de Desarrollo y Esquema de Ordenamiento Territorial).

Se usó como recurso de apoyo una aplicación web y de escritorio gratuita para gestionar y compartir referencias bibliográficas y documentos de investigación llamada Mendeley*. Para la búsqueda de la información se usaron palabras clave como: agua lluvia, aprovechamiento del agua, captación de agua pluvial, hotel sostenible, ahorro de agua.

La información encontrada se encaminó hacia la investigación de los aspectos técnicos y financieros de sistemas de recolección de agua lluvia en hoteles y se extrajo aspectos relevantes, se eligieron métodos adecuados para proponer las mejoras que se exponen en el desarrollo de los objetivos. Para evaluar los parámetros técnicos se hizo visitas técnicas de campo, se realizó encuestas con el

* Para consultar la aplicación acceder al siguiente link: <https://www.mendeley.com/>

fin de tener una visión más general que permitiera realizar una valoración de los identificadores identificados mediante la revisión de la literatura

1.2 ANÁLISIS DE INDICADORES PARA EL CASO DE ESTUDIO

Para el proyecto en curso se tomó como caso de estudio un hotel ubicado dentro del casco urbano del municipio de Vélez y se valoraron los aspectos técnicos y financieros de un sistema de recolección de agua lluvia existente.

Se recopiló información del caso de estudio relacionada con los indicadores identificados previamente en la revisión de literatura. Se tuvo en cuenta aspectos como el clima del municipio, la variación y distribución de la precipitación. Dentro de los aspectos técnicos se consideraron los componentes, materiales y dimensiones de elementos del sistema como: techos, canales, tanques, sistemas de tratamiento, bombas, entre otros. Se indagó sobre los usos del agua, los consumos de los aparatos en los que se usa el agua, eficiencia del sistema y los ahorros de agua potable asociados. Los valores de los diferentes indicadores para el caso de estudio fueron comparados con los valores o recomendaciones de la revisión de literatura para diferentes aspectos.

1.3 PROPUESTAS DE MEJORA

Se identificaron condiciones del negocio y se establecieron las modificaciones pertinentes con el propósito de mejorar el sistema de recolección de agua lluvia existente, teniendo en cuenta las especificidades del negocio y los parámetros que resultaron de la revisión de literatura. Se consideraron aspectos como: área de captación, coeficiente de escurrimiento, gasto en litros de agua por día, tamaño del

tanque apropiado y localización, uso de bombas, canales transportadores, filtros y válvulas, entre otros. Se estimaron los costos asociados a las mejoras del sistema. Se realizó una entrevista semi-estructurada con los propietarios del establecimiento del caso de estudio, para indagar sobre su percepción frente a la oportunidad de utilizar el agua de lluvia, para tener una idea sobre la viabilidad de las mejoras que surgieran.

2. RESULTADOS

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Consumo de agua en el mundo. Según Bates et al⁶, el uso mundial del agua está aumentando debido a la población y el crecimiento económico, los cambios en los estilos de vida, las tecnologías y el comercio internacional, y la expansión de los sistemas de abastecimiento de agua.

El Carbón Disclosure Project (2010b) informa que la escasez de agua en el futuro es una preocupación creciente para las empresas más grandes del mundo, ya que más de la mitad de estas esperan problemas con el agua en los próximos cinco años, relacionados con sequías o inundaciones, precios del agua, multas de contaminación.

2.1.2 Oferta hídrica en Colombia. La ubicación geográfica, la variación de la topografía y el régimen climático que caracterizan al territorio colombiano, hacen que el país cuente con una de las mayores ofertas hídricas en el planeta. Sin embargo, y siguiendo a Bates et al⁷, el agua no está distribuida homogéneamente en las diferentes regiones del país, pero si sometida a fuertes variaciones que determinan su disponibilidad, razón por la cual en el territorio continental de Colombia hay desde zonas deficitarias hasta aquellas con grandes excedentes de agua.

⁶ BATES, B.; KUNDZEWICZ, Z.; WU, S and PALUTIKOF, J. Eds., 2008: Climate Change and Water. [En línea] Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: < <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf> >

⁷ *Ibíd.*, p.

En estadísticas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el agua concesionada anualmente y que proviene de aguas subterráneas equivale a 1,032 millones de m³ de los que el 48% corresponde al sector agrícola, 17% corresponde a consumo doméstico y 25 % a consumo industrial.

2.1.3 Escasez de agua en Colombia. El índice de escasez se define como la relación que existe entre la oferta hídrica disponible y las condiciones de demanda predominantes, por su parte el índice de presión muestra la presión de la demanda sobre la oferta para un año medio sobre cada una de las cuencas de Colombia. Según el IDEAM, la alta presión por demanda del recurso se encuentra en la zona Andina con énfasis en la parte alta y media de la cuenca Magdalena-Cauca. Por lo tanto, es importante educar las personas sobre prácticas de reciclaje, reutilización y aprovechamiento de aguas, como técnicas alternativas de abastecimiento.

2.1.4 Recolección de agua lluvia. Es posible aprovechar el agua de lluvia mediante sistemas de captación que funcionan interceptando el fluido antes de continuar en el ciclo natural. El uso de este tipo de sistemas se caracteriza por la recolección, concentración y almacenamiento del agua que corre por una superficie natural o artificial. Según Visscher & Sánchez⁸: *“se trata de un recurso que debe ser considerado dentro del abanico de opciones planeadas para el mejoramiento o ejecución de un sistema de suministro de agua en una comunidad”*

El agua de lluvia se recoge comúnmente para lavado, jardinería, lavado del inodoro, pisos reduciendo el uso de agua potable. Para llevar a cabo la implementación de un sistema de recolección de agua lluvia como método alternativo de uso del

⁸ VISSCHER, J & SÁNCHEZ, L. Agua lluvia: Alternativa de Abastecimiento. Citado por Curso Internacional Sobre Sistemas no Convencionales de Abastecimiento de Agua y Saneamiento. Universidad del Valle. Cali, Colombia.

recurso hídrico, es necesario tener en cuenta la planificación, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento. El cambio climático, el tiempo de retorno de la inversión, las políticas para promover la instalación de sistemas de recolección de agua lluvia en países como Colombia y creación de incentivos para alentar a la comunidad a instalar sistemas de recolección de agua lluvia, son aspectos importantes relacionados con el uso de estos sistemas.

2.1.5 Aprovechamiento del agua lluvia en Colombia. El aprovechamiento del agua no es una práctica común en la comunidad colombiana, debido a su alta disponibilidad de agua (57,000 m³ por habitante al año, según estimativos del IDEAM). Según Ballén, Galarza y Ortiz⁹, generalmente el uso de sistemas alternativos de abastecimiento, como el agua lluvia se implementa cuando no existe red de agua potable, el suministro es deficiente o el agua tiene un costo muy alto.

En Colombia se han implementado algunos sistemas de recolección de agua lluvia en establecimientos de comercio como por ejemplo el hipermercado Alkosto Venecia en Bogotá, donde se instaló un sistema que aprovecha 4,820m³ de agua lluvia al año través de un área de captación de 6,000m². Con el agua lluvia recolectada se satisface el 75% de la demanda actual de agua potable de la edificación. Según Ballén, Galarza y Ortiz¹⁰, en el almacén Alkosto de Villavicencio el agua captada es tratada por medio de procesos de floculación, filtración y cloración y el sistema proporciona agua potable para las necesidades del almacén durante todo el año.

⁹ BALLÉN, José; GALARZA, Miguel y ORTIZ, Rafael. Historia de los Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia. [En línea] Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água. Brasil. 2006. 12 p. [consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: <<http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>>

¹⁰ Ibíd., p.

Dentro de la norma vigente sobre ahorro y uso eficiente del agua (Ley 373 de 1997¹¹), las técnicas de aprovechamiento de aguas lluvias no han tenido un papel importante. Sin embargo, existen diferentes técnicas de aprovechamiento del agua de lluvia, la mayoría de ellas se implementan en zonas rurales o en regiones de alto grado de escasez de agua potable.

2.1.6 Aprovechamiento del agua lluvia en la industria hotelera. El turismo estimula una parte importante del sector de la economía del país favoreciendo el desarrollo de las regiones. El flujo de turistas se traduce en un aumento en el consumo de recursos y energía, residuos generados, infraestructura, ocupación del suelo, emisión de gases contaminantes, entre otros. De acuerdo con Stefan & Paul¹², se considera el consumo de agua como uno de los principales recursos utilizados en la actividad turística. Sin embargo, en comparación con otros sectores económicos no existen estadísticas específicas sobre el uso del agua para el turismo, y es un tema aún está bajo investigación.

Según Zeenat¹³, alrededor del mundo se ha venido manejando el concepto de turismo sostenible que consiste en promover una producción más limpia mediante un uso más eficiente de los recursos. Cerca de 1990 empezó a impulsarse la sostenibilidad de la industria de la hospitalidad. Siguiendo a Stefan & Paul¹⁴, en términos de beneficios financieros un hotel sostenible puede ahorrar mucho en términos de energía, agua y residuos. Según el gerente del Hotel Melia, hoy en día los clientes o los visitantes muestran preocupación por el medio ambiente, les gusta viajar a destinos y elegir hoteles verdes para su estancia.

¹¹ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REÚBLICA. Ley 373 (6, junio, 1997). Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1997. No. 43.058.

¹² GOSSLING, Stefan and PEETERS, Paul. *Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review*. Volume 33. Issue 1. February, 2012. 1-15 p.

¹³ YUSOF, Zeental and JAMALUDIN, Mariam. *Green Approaches of Malaysian Green Hotels and Resort*. Volume 85. 20 September 2013. 421-431 p.

¹⁴ GOSSLING, Stefan and PEETERS, Paul. Op cit. p.

De acuerdo con la Alcaldía Municipal de Vélez¹⁵, un mayor uso de agua reciclada para usos no potables también es una forma de reducir la presión sobre el abastecimiento de agua y está atrayendo un mayor interés de las autoridades de manejo de agua y negocios turísticos.

2.1.7 Desempeño del uso de agua en hoteles. Deng y Burnett¹⁶ emprendieron un estudio sobre el uso del agua en hoteles de Hong Kong, evaluando mediante un Índice de Uso del Agua (WUI, m^3 / m^2), que se define como el consumo anual total de agua dividido por el piso total área de un hotel. El estudio encontró:

- Las WUI varían significativamente de un hotel a otro, el máximo de $7.7 m^3 / m^2$ y el mínimo de $2.1 m^3 / m^2$, siendo la media de $4.5 m^3 / m^2$. Esto refleja las diversas situaciones de uso de agua en los hoteles de Hong Kong.
- El promedio de WUI para los diez hoteles con lavandería interna fue significativamente superior ($5.1 m^3 / m^2$) al de los otros siete hoteles ($3.6 m^3 / m^2$).

El promedio de WUI para hoteles de cinco estrellas fue de $5.1 m^3 / m^2$, y los de hoteles de cuatro estrellas y tres estrellas de 4.1 y $3.3 m^3 / m^2$, respectivamente. Esto confirma de nuevo que los hoteles de clase alta consumen más agua que los hoteles de clase baja.

¹⁵ COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE VELEZ. Plan de Desarrollo 2012-2015. Por el Vélez que todos queremos. [En línea] Vélez, Santander, Colombia. . [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: < <http://www.velez-santander.gov.co/apc-aa-files/61323233383236626632653866386264/plan-de-desarrollo-2012-2015.pdf> >

¹⁶ DENG and BURNET. Citado por YUSOF, Zeental and JAMALUDIN, Mariam. *Green Approaches of Malaysian Green Hotels and Resort*. Volume 85. 20 September 2013. 421-431 p. Cita de cita.

2.1.8 Calidad del agua lluvia. El agua lluvia es considerada una gran fuente de abastecimiento ya que no está expuesta a riesgos de contaminación como basuras, materia fecal, fertilizantes, plaguicidas, entre otros. Por ello, puede ser un recurso de calidad superior a la que se extrae de fuentes superficiales y subterráneas.

Por otro lado, sus niveles de dureza son mínimos o nulos, con lo cual se puede usar en diversas actividades de la vida diaria. El principal indicador para evaluar la calidad del agua lluvia es su nivel de acidez. La lluvia que presenta un pH por debajo de 5.6 se considera lluvia ácida y es originada por la presencia de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno en el aire. De acuerdo con la Defensoría del Pueblo¹⁷, El cuadro 1 muestra los rangos establecidos para clasificar la acidez del agua:

Cuadro 1. Acidez del agua

pH	LLUVIA
>5.6	No acida
4.7<pH<5.6	Ligeramente acida
4.3<pH<4.7	Medianamente acida
pH<4.3	Fuertemente acida

Fuente: Defensoría del Pueblo. Informe N° 39.

¹⁷ COLOMBIA. DEFENSORÍA DEL PUEBLO. Diagnóstico sobre la calidad del agua para el consumo humano. [En línea] Informe defensorial No. 39 – B. Colombia. . [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: < <http://www.defensoria.gov.co/es/public/Informesdefensoriales/429/Diagn%C3%B3stico-sobre-la-calidad-del-agua-para-el-consumo-humano-en-Colombia-en-el-marco-del-derecho-humano-al-agua-Informes-defensoriales---Agua-Informes-defensoriales---Medio-Ambiente-Informes-defensoriales---Salud.htm> >

2.1.9 Ventajas y desventajas de aprovechar el agua lluvia. Existen ventajas y desventajas en cuanto a la técnica de recolección y aprovechamiento del agua de lluvia. De acuerdo con Melville¹⁸ y Texas Water Development Board (TWDB)¹⁹, dentro de los beneficios y desventajas que se obtiene de la recolección de agua lluvia para diferentes usos se tiene:

- Es gratis
- Alta calidad físico-química
- Facilidad en la construcción
- Algunos sistemas no requieren de energía para operar
- No entra en contacto con sales y minerales
- Reduce las inundaciones y la erosión.
- Su recolección reduce el caudal hacia el alcantarillado pluvial, evitando así el ingreso de altos volúmenes a los sistemas de tratamiento de agua.
- Reduce los costos pagados a las empresas prestadoras del servicio debido a la disminución de los consumos de agua potable.
- Es una práctica ecológica que reduce el agotamiento de los recursos naturales en el mundo

Las principales desventajas de utilización de las aguas lluvias son:

- Altos costos iniciales de recolección, almacenamiento y distribución
- Recuperación de la inversión a largo plazo
- La cantidad y calidad del agua captada depende de la precipitación del lugar y áreas de captación

¹⁸ MELVILLE-SHREEVE, Peter; WARD, Sarah & BUTLER, David. Harvesting. Op. cit. p.

¹⁹ TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. The Texas Manual on Rainwater Harvesting Development. [En línea] Third Edition, 2005, p.10-40. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: <http://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf>

Factores tales como el lugar de aplicación, el método de recolección, las tecnologías de construcción, la complejidad del sistema y los posibles usos del agua, hacen que los sistemas varíen desde canecas de agua lluvia para el riego de jardines, hasta la recolección a gran escala para usos domésticos en una ciudad. Según Sanabria y Pérez²⁰, en términos generales una unidad de captación de agua lluvia debe incluir: captación, interceptor, y almacenamiento.

2.2 ASPECTOS TÉCNICOS DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS

De acuerdo con Ghisi & Martini²¹, los sistemas de recolección de agua lluvia no tienen grandes variaciones entre sí, la mayoría incluyen tres componentes: captación, conducción y almacenamiento. Estos componentes se describen a continuación:

2.2.1 Captación. Está conformada por el techo de la edificación, este debe contar con pendiente y superficie adecuadas para que facilite el escurrimiento de agua de lluvia hacia el sistema de recolección. Siguiendo a Ghisi & Martini²², la eficiencia de la captación de agua lluvia depende del coeficiente de escurrimiento de los materiales del área de captación.

Los coeficientes de escurrimiento a ser aplicados según el material de construcción del techo para una pendiente superior a 5% en la dirección a las canaletas del agua lluvia están relacionados en el cuadro 2. Según Reglamento Técnico del Sector de

²⁰ PEREZ, F. y SANABRIA, J. Diseño de un sistema de recolección de aguas lluvias para la utilización eficiente del recurso en el estadio 1° de marzo de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2012.

²¹ GHISI, EneDir; BRESSAN, Diego y MARTINI, Mauricio. *Rainwater tank capacity and potencial for potable wáter savings by using rainwater in the residential sector southeastem Brazil*. Volume 42, Issue 4. 1654-1666 p. 2007.

²² *Ibíd.*, p.

Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) 2000 para techos el coeficiente de escurrimiento estaría entre valores de 0.75-0.95.

Cuadro 2. Coeficientes de escurrimiento según material del techo.

MATERIAL	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Calamina metálica	0.90
Tajas de arcilla	0.80-0.90
Madera	0.80- 0.90
Teja	0.80- 0.90
Paja	0.60-0.70
Geo membrana de PVC	0.85-0.90

Fuente: Guía para la captación de agua lluvia CEPIS.

2.2.1.1 Recolección y conducción: Es la parte del sistema conformada por las canaletas y que, según Ghisi & Martini²³, deben cumplir las siguientes características:

- Las canaletas van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo.
- El material del canal debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, con el fin de reducir las fugas de agua. Los materiales más usados comúnmente son el bambú, madera, metal o PVC.
- El ancho de las canaletas debe estar ente 75 mm y 150 mm.
- La distancia que debe mediar entre la parte superior de la canaleta y la parte más baja del techo debe ser la menor posible para evitar la pérdida de agua.
- La velocidad del agua en las canaletas no debe ser mayor a 1 m/s.

²³ Ibíd., p.

- Las uniones entre canaletas deben ser herméticas y lisas para evitar represamiento del agua.

2.2.1.2 Interceptor. Para el caso de primeras aguas es necesario contar con un dispositivo de descarga para evitar la contaminación del líquido proveniente del lavado del techo y que contiene todos los materiales que aparecen en al inicio de la lluvia. Este dispositivo permite que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada. Según TWDB²⁴, el diseño del dispositivo debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y se estima en 1L/m² del techo.

2.2.2 Almacenamiento. El almacenamiento del agua lluvia consiste en depositarla dentro de cisternas o tanques para abastecer las diversas necesidades de un grupo de personas.

Según TWDB²⁵, uno de los componentes más importantes del sistema es el relacionado con el tanque de almacenamiento de aguas lluvias, que cumple varias funciones, entre ellas:

- Almacenar el agua que se produce en periodos de lluvia para proveer una reserva de agua que minimice interrupciones por irregularidades en las épocas de lluvia.
- Homogeneizar el líquido almacenado para posteriormente ser tratada ya sea para su uso en consumo humano o para labores de limpieza, lavado, en sanitarios y orinales que no requieren agua potabilizada.

²⁴ TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. Op cit

²⁵ Ibíd., p.

- Atenuar el pico de descarga de aguas lluvias al alcantarillado pluvial de la edificación en lluvias de gran intensidad.

2.2.3 Volumen de almacenamiento. Tenido en cuenta la información disponible de precipitación, áreas de captación, coeficientes de escurrimiento, oferta y demanda de agua, para los cálculos de volumen de almacenamiento se utilizó la metodología conocida como “cálculo de volúmenes de tanque de almacenamiento”, que según WTDB²⁶, define el volumen necesario de almacenamiento de agua al mes (V_A) como la diferencia entre la oferta de agua acumulada y la demanda de agua acumulada por cada mes y el mayor valor será el que se adopte, si resultan valores negativos hay que hacer ajustes al área de captación. De lo anterior se tiene la Ecuación 1:

$$V_A = OA - DAM' \quad (1)$$

Donde:

OA: Oferta acumulada al mes “i” m^3

DAM': Demanda acumulada al mes

$$OA = OA' + OAMP \quad (2)$$

Donde:

OA': Oferta acumulada del mes anterior “i-1” m^3

OAMP: Oferta del mes “i” teniendo en cuenta las pérdidas m^3

Para lo cual se tiene,

OAM: Oferta de agua en el mes

$$OAM = \frac{PPI * C_e * AC}{1000} \quad (3)$$

²⁶ Ibid., p.

Donde:

P_{PI} : Precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados (mm/mes)

C_e : Coeficiente de escorrentía

A_C : Área de captación m^2

Teniendo la información pluviométrica mensual durante mínimo diez años, es posible estimar:

$$P_{PI} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}{n} \quad (4)$$

Donde,

n : Número de años evaluados

P_i : Valor de precipitación mensual del mes “i”, (mm)

Así, y según Reyes y Rubio²⁷, se puede hallar la oferta del mes teniendo en cuenta las pérdidas, asumiendo un valor de pérdidas de 20% anual debidas a la evaporación, almacenamiento y a la eficiencia del sistema de captación.

$$OAMP = 0,98 * OAM \quad (5)$$

2.2.4 Dotación de agua por uso. La demanda de agua mensual se puede estimar a partir de la dotación asumida por una persona o según su uso que sería la cantidad necesaria para atender las necesidades correspondientes en cada uno de los meses.

²⁷ REYES, María y RUBIO, John. *Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias*. Trabajo de grado especialización de recursos hídricos. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. 2014. 53 p.

Desde el punto de vista cuantitativo el consumo directo de agua depende de la demanda del líquido. En Colombia el RAS (actualizado según la resolución 0330 del 8 de junio de 2017), propone una dotación neta máxima según diferentes usos del agua (Título B). Se puede tener diferentes dotaciones para cada uno de los usos del agua que existan en un municipio: residencial, comercial, industrial, institucional, fines públicos, escuelas y usos en zonas rurales anexas al municipio. Para el caso específico del uso del agua en hoteles, el RAS propone los valores que se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Consumo en hoteles

CLASIFICACION	CONSUMO DE AGUA EN HOTELES (LITROS HABITACION/ DIA)			
	MUNICIPIOS TURISTICOS		OTROS MUNICIPIOS	
	Clima templado y frio	clima cálido	clima templado y frio	clima cálido
Gran turismo	1,200	2,000	600	1,000
4y 5 estrellas	900	1,500	450	750
1 a 3 estrellas	600	1,000	300	400

Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, Título B

2.2.5 Demanda acumulada al mes (DAM'). La demanda acumulada de agua al mes se determina por la expresión de la ecuación 6 propuesta por Reyes y Rubio²⁸:

$$DAM' = DAM + DAM(i - 1) \quad (6)$$

Donde:

DAM'= demanda acumulada al mes "i" (m^3)

DAM=demanda acumulada al mes anterior"i-1" (m^3)

DAM (i-1)= demanda acumulada al mes anterior (m^3)

²⁸ *Ibíd.*, p.

De esta forma y reemplazando este valor en la Ecuación 1, es posible determinar el volumen de almacenamiento para el tanque de captación de aguas lluvia.

2.3 ASPECTOS FINANCIEROS

Según Fewkes²⁹, de los documentos de gestión y proyectos de evaluación financiera, los indicadores para la evaluación de un proyecto de recolección de agua lluvia son:

Valor Presente Neto (VPN): El valor presente neto corresponde a la diferencia entre el valor presente de los ingresos y el valor presente de los egresos:

$$VPN=VPI-VPE \quad (6)$$

Aplicando la fórmula:

$$P = F / (1 + i)^n \quad (7)$$

Esta fórmula nos permite pasar a valor presente (P) los valores futuros (F) estipulados en el flujo de caja, obtenemos resultados diversos para distintas tasas de interés. El valor debe ser positivo para que el proyecto sea viable.

Tasa Interna de Retorno (TIR): Esta tasa de interés determina que el valor presente neto sea igual a cero, es de especial importancia como criterio de decisión ya que determina la rentabilidad del proyecto.

²⁹ FEWKES, A. *The performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach*. Department of Building and Environmental Modelling Health, The Nottingham Trent University. Mayo 2000. 323-333 p.

Periodo de Retorno de la Inversión (PRI): Permite determinar el momento aproximado en que se recupera la inversión realizada con los beneficios de la operación.

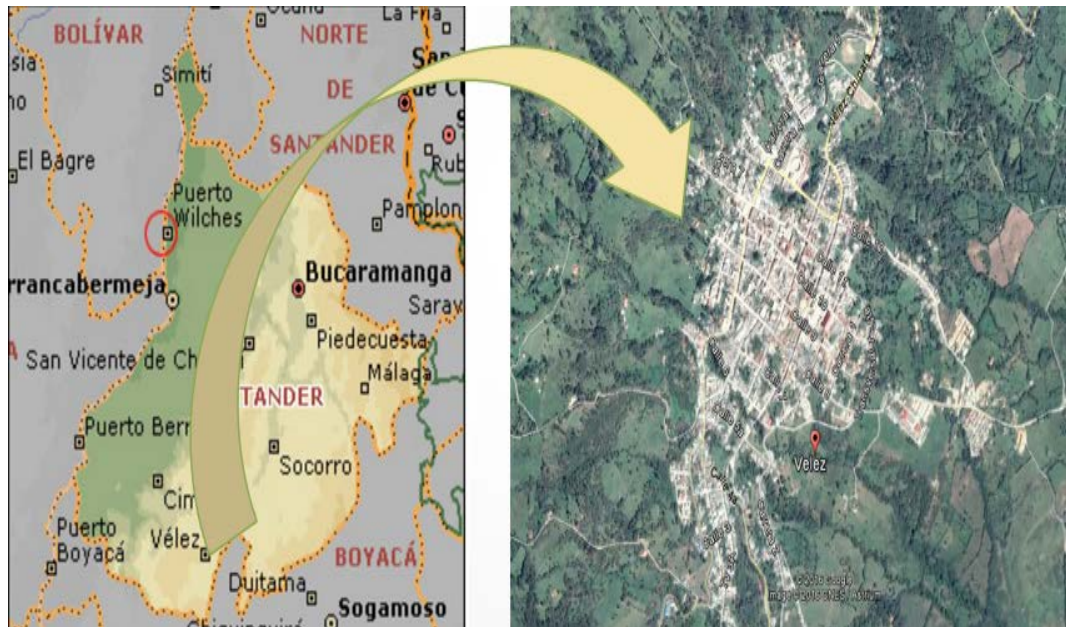
El principio básico de la evaluación es que el proyecto resulta recomendable en la medida que los beneficios superen a los costos para determinar la conveniencia y oportunidad de un proyecto.

3. ANÁLISIS DE INDICADORES PARA EL CASO DE ESTUDIO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

El Municipio de Vélez se encuentra ubicado al sur del departamento de Santander, forma parte la provincia de Vélez. La Cabecera municipal se encuentra localizada geográficamente a 6°01' latitud norte y 73°41' de longitud oeste. El municipio limita por el norte con el municipio de Puerto Parra y Simacota, por el Oriente con Santa Helena del Opón, La Paz, Chipatá y Güepsa, por el sur – occidente con Barbosa, y al sur Oriente con Guavatá; al Occidente con los municipios de Bolívar y Landazuri

Figura 1. Ubicación Vélez Santander hotel caso de estudio



Fuente: Google earth

Según la Alcaldía Municipal de Vélez³⁰, el municipio es el eje central de la economía de la provincia. Así mismo, según Departamento Nacional de Estadística (DANE)³¹, en Vélez el 17.6% de los establecimientos se dedica a la industria; el 50.1% a comercio; el 27.8% a servicios y el 4.5% a otra actividad. La mayor parte de la industria la conforman las fábricas de bocadillo, representando una de las bases de la economía del municipio.

De acuerdo con la Alcaldía Municipal de Vélez³², en este municipio el turismo se concibe como un motor de desarrollo endógeno que permitirá a todos los actores de la comunidad participar de beneficios en el corto, mediano y largo plazo, siempre y cuando se proyecte como una actividad comunitaria responsable con el medio ambiente y segura.

3.1.1 Hotelería en Vélez Santander. Vélez cuenta con veinte (20) establecimientos de alojamiento entre hoteles y hospedajes de los cuales once están ubicados en el casco urbano. Existen varios atractivos culturales y ecológicos que son frecuentemente visitados por viajeros de todas partes del país y extranjeros. Según el DANE³³, la mayor parte de los viajeros en Vélez son personas de poblaciones cercanas que se desplazan a la cabecera municipal con fines de negocios, salud, educación, descanso, entre otros.

³⁰ COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE VELEZ. Op. Cit. p.

³¹ COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADISTICA. Censo General 2005. Perfil Vélez Santander. Boletín 14/09/2010

³² COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE VELEZ. Op. Cit. p.

³³ COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADISTICA. Op. Cit. p.

3.2 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

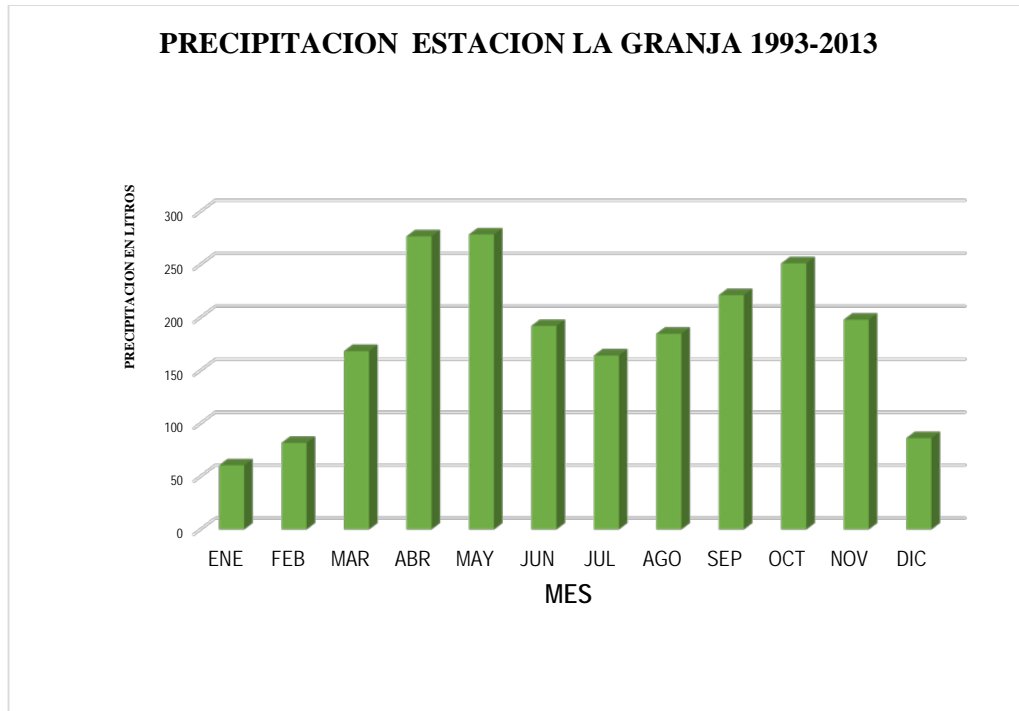
De acuerdo con la Alcaldía Municipal de Vélez³⁴, el municipio tiene un clima clasificado como super-humedo, con poca o ninguna deficiencia de agua durante el año. Además, presenta el piso térmico cálido, medio y frío, ya que presenta alturas desde los 200 m.s.n.m hasta los 2,700 m.s.n.m. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 28°C a los 200 m.s.n.m. y los 14 °C a los 2,530 m.s.n.m. La temperatura media de la cabecera municipal es de 16.5 °C considerando el gradiente medio anual de la temperatura en la zona que es de 0.60 grados centígrados por cada 100 metros.

3.2.1 Precipitación. La precipitación en el municipio de Vélez varía entre los 2,000 y 3,000 milímetros anuales. La distribución de las lluvias a lo largo del año presenta dos temporadas lluviosas y dos secas, con características muy similares al resto de la región Andina Colombiana según datos del IDEAM.

Haciendo análisis de la precipitación con datos proporcionados por el IDEAM de la estación la granja cabecera municipal de Vélez Santander para los últimos 20 años desde 1993 a 2013, se obtiene la gráfica en la Figura 2.

³⁴ COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE VELEZ. Op. Cit. p.

Figura 2. Grafica de precipitación mensual predio 1993- 2013



Fuente: Datos IDEAM estación la Granja Vélez Santander

3.2.2 Escasez de agua en Vélez. Según el IDEAM³⁵, Vélez es considerado como uno de los municipios con mayor escasez de agua en la provincia por este motivo es de vital importancia desarrollar una Gestión Integral de los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad del agua.

Teniendo como precedente los inconvenientes relacionados con la escasez del agua en Vélez Santander se construyó la represa la Batanera (Figura 3) con una inversión de 9,000 millones de pesos por parte de la gobernación de Santander y cuya construcción terminó a finales de 2015, pero esta se desbordó por hundimiento del dique originado por errores en el diseño según ESANT.

³⁵ COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Op. Cit. p.

Figura 3. Represa la Batanera Vélez Santander



Fuente: VANGUARDIA LIBERAL

Según el DANE³⁶, la situación de escasez, demanda soluciones alternativas para mejorar el acceso al agua en Vélez. Es común que los habitantes del municipio adecuen sistemas artesanales para la recolección de agua lluvia y hacer frente a la escasez, tanto en los hogares como en algunos establecimientos comerciales. El comercio demanda una cantidad considerable del agua que abastece la población de Vélez y el área que se refiere al hotelería es responsable de parte de este caudal debido a las actividades que se realizan.

³⁶ COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADISTICA. Op. Cit. p.

3.3 ASPECTOS TÉCNICOS HOTEL CASO DE ESTUDIO

Para el desarrollo de este proyecto se escogió el Hotel Paisa como objeto de estudio. El Hotel está ubicado en la carrera 6 N° 11- 61 Figura 4 del municipio de Vélez en el departamento de Santander.

Figura 4. Ubicación y fachada del hotel caso de estudio en Vélez Santander.

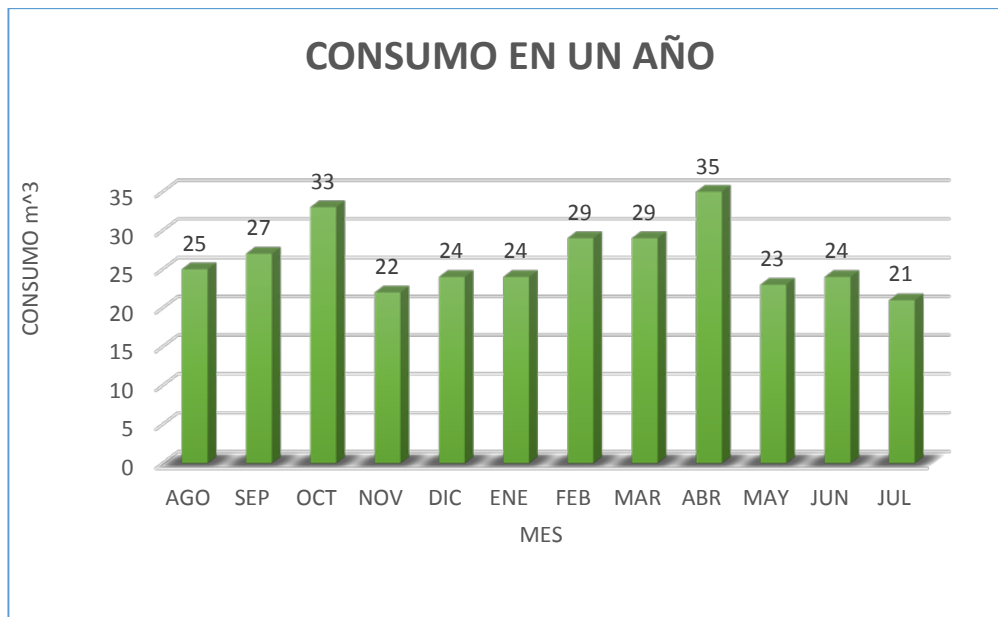


Fuente: Google Earth

El hotel tiene capacidad para treinta (30) viajeros y en promedio diariamente se hospedan 16 personas según el libro de registro de huéspedes. El hotel cuenta con diez (10) tanques de almacenamiento, 3 para aguas lluvia y 7 para el agua proveniente del sistema de acueducto, se usan dos lavadoras y dos albercas para aseo.

El consumo de agua mensual del sistema de abastecimiento público para el último año en el hotel se muestra en la Figura 5, según datos de recibos de acueducto y alcantarillada de la empresa municipal de servicios públicos de Vélez Emprevel.

Figura 5. Consumo de agua para el último año en hotel caso de estudio.



Fuente: Autor. Consumo de agua del acueducto entre agosto de 2016 y Julio de 2017.

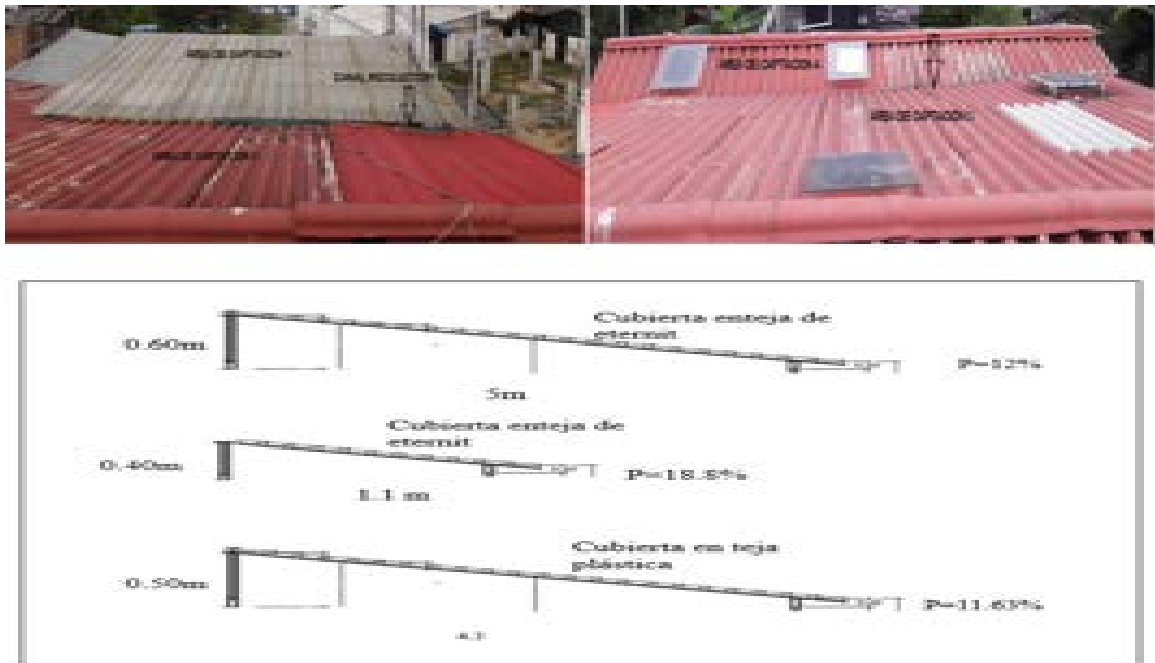
Adicionalmente y según la Alcaldía Municipal de Vélez³⁷, se consideran datos registrados en el plan de desarrollo del municipio de Vélez donde se estipula un tiempo de racionamiento de agua de seis (6) horas en época de invierno y doce (12) horas en época de verano.

³⁷ COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE VELEZ. Op. Cit. p.

3.3.1 Sistema existente de recolección de aguas lluvias. El sistema de recolección de agua lluvia que funciona actualmente en el hotel y desde hace aproximadamente cinco años comprende los siguientes aspectos técnicos:

3.3.1.1 Captación del agua lluvia. Existen cuatro áreas de captación del sistema de recolección de agua lluvia del hotel caso de estudio y se muestran en la Figura 6 con sus pendientes, un área total de captación de 94.41m^2 , coeficiente de escurrimiento 0.85 (ver cuadro 2).

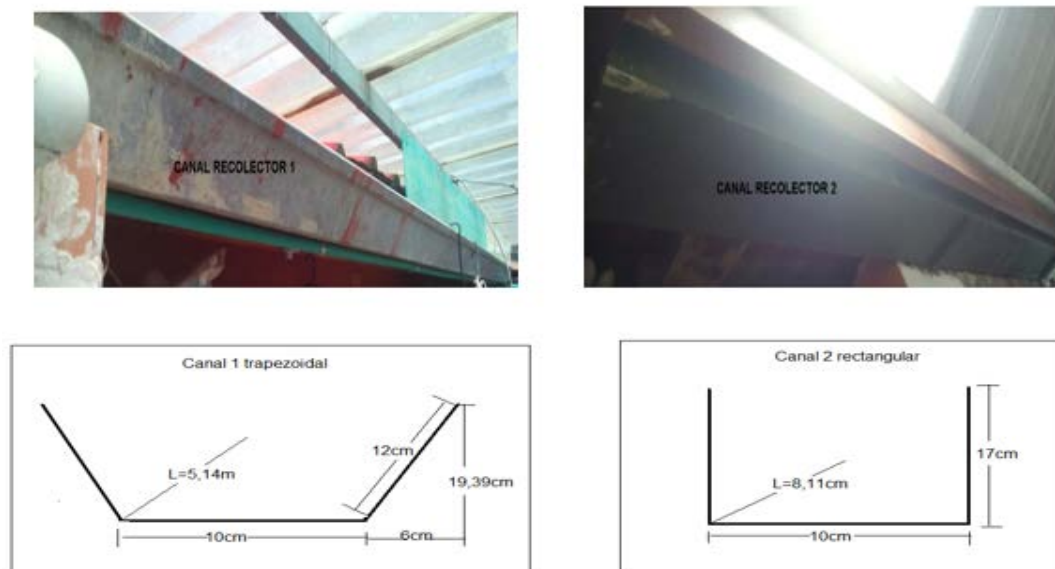
Figura 6. Áreas de captación 1, 2, 3 y 4.



Fuente: Autor

3.3.1.2 Canales recolectores. Son canales ubicados al finalizar el tejado con el fin de recolectar el agua que escurre de los techos (figura 7). Los canales son de lámina metálica recubierta, para un techo con pendientes que se muestran en la Figura 6, velocidad de flujo entre 2.5 y 4.5 m/s y longitudes mayores a los 5m.

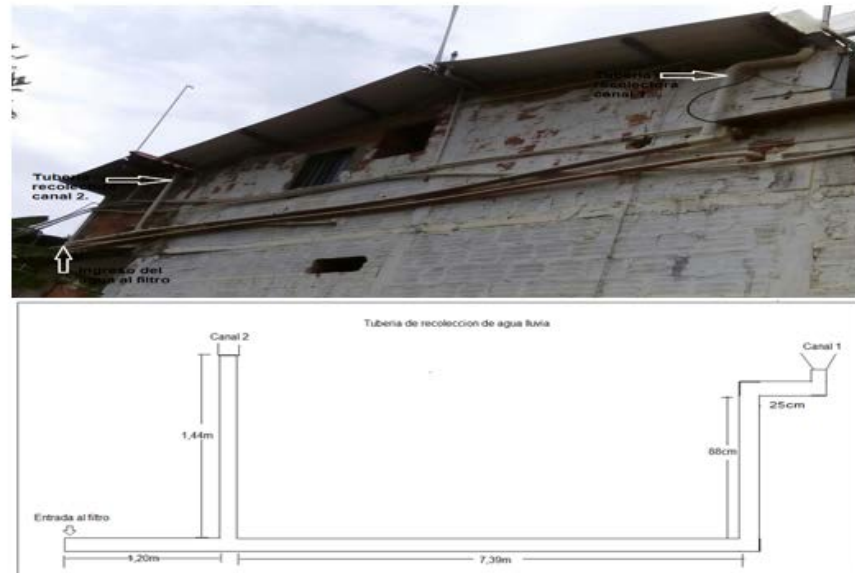
Figura 7. Canales recolectores 1 y 2



Fuente: Autor

3.3.1.3 Tubería para la distribución del agua de lluvia. Para la distribución del agua de lluvia se usa tubería PVC de 4" (Figura 8) que conecta los dos canales y lleva el agua a una estructura de remoción de materiales gruesos ubicada al finalizar el tejado en la fachada posterior del hotel con una longitud total de 11.16m de donde sale para ser almacenada mediante tubería de 1".

Figura 8. Tuberías recolectoras



Fuente: Autor

3.3.1.4 Estructura de remoción de materiales gruesos. Después de recolectar el agua por medio de los canales y tubería, esta es llevada a una estructura de remoción de materiales gruesos artesanal con paredes de los muros adyacentes y revestimiento de tableta de cerámica (Figura 9), donde quedan los residuos atrapados en la sección 1. El agua pasa a una segunda sección por medio de una abertura en la parte inferior de la tableta separadora de donde se transporta mediante tubería de 1" a los tanques de almacenamiento (ver Anexo A).

Figura 9. Estructura de remoción de materiales gruesos



Fuente. Autor

3.3.1.5 Tanques de almacenamiento.

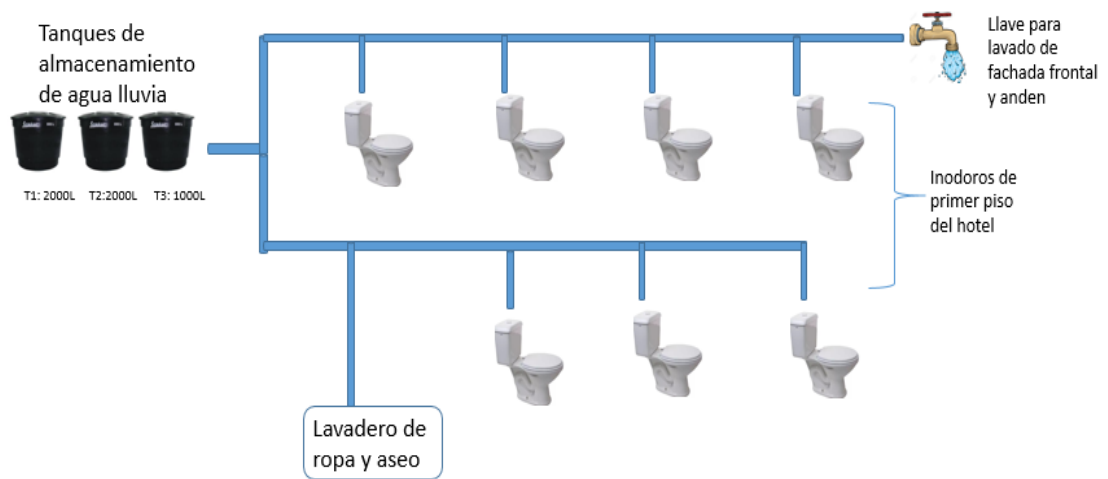
Figura 10. Tanque de almacenamiento



Fuente. Autor

Existen diez (10) tanques plásticos de almacenamiento en el hotel caso de estudio (Figura 9). Después de pasar por la estructura de remoción de materiales gruesos, el agua recolectada se envía a los tres tanques de la parte inferior de la Figura 9 que almacenan 5000 litros de agua lluvia, esta agua se distribuye por medio de tubería de 1" a los siete (7) inodoros ubicados en el primer piso del Hotel. En total el hotel cuenta con veinte (20) inodoros. Con el agua lluvia, además suple el tanque de aseo y una llave de lavado de fachada y andén del mismo piso como se muestra en la Figura 11. Los demás tanques (7) reciben el agua de la empresa de acueducto de Vélez.

Figura 11. Distribución del agua lluvia recolectada



Fuente: Autor

3.3.1.6 Inversión. El costo del actual sistema de recolección de agua lluvia que funciona en el hotel se describe a continuación y aparece de manera detallada en el Anexo B.

3.3.1.7 Evaluación financiera. Según La Alcaldía Municipal de Vélez³⁸, teniendo en cuenta los indicadores para la evaluación de un proyecto de recolección de agua lluvia del numeral 3.3 se tiene que: El proyecto evaluado con una tasa de interés de 3,51 que corresponde a la tasa de descuento para la evaluación de proyectos ambientales en Colombia de 26 a 75 años, una inversión inicial calculada en la tabla del Anexo B, que corresponde a \$1, 626,200 y haciendo cálculos de ingresos anuales teniendo en cuenta la inflación de 2%, para un total de TRI de 15 años, a partir de este año el proyecto empezaría a generar un ahorro.

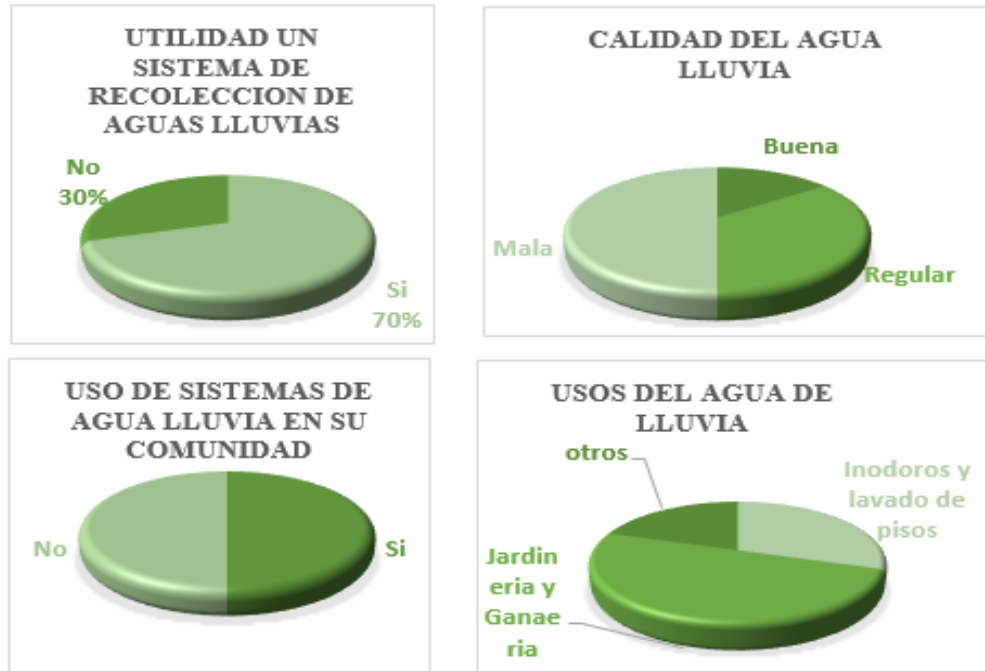
3.3.1.8 Factores sociales. El impacto social de la propuesta de recolección y aprovechamiento de agua lluvia tiene que ver con la facilidad para disponer de recurso hídrico de buena calidad en un lugar donde por varios años ha habido escasez como es el caso del municipio de Vélez Santander.

Mediante entrevista semi-estructurada realizada a los propietarios de hotel (formato Anexo C), se conoció el concepto de estos frente al uso de agua lluvia. Se evidencia que para los dueños del hotel el ahorro en términos monetarios no es de gran importancia como si lo es el que se tenga una dotación de agua adicional para los periodos diarios de racionamiento de agua, ya que de no ser así el hotel tendría dificultades de operación por falta de agua y se verían obligados los propietarios del hotel a recurrir a solicitar agua por otros medios como por ejemplo comprar agua a carro tanques, transportarla desde alguna quebrada cercana, que para el caso sería la quebrada del batán, lo que generaría costos adicionales.

³⁸ COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE VELEZ. *Plan de Desarrollo Municipal 2004-2007*. [En línea] Vélez, Santander, Colombia. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: < http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd_programa%20de%20desarrollo_vel ez_santander_2004_2007.pdf >

Se aplicó una encuesta a 20 de los huéspedes (formato Anexo D), sobre el uso del agua lluvia y se obtuvo información de la percepción acerca de esta práctica que se sintetiza en la Figura 12. Se encontró que la mayoría de las personas encuestadas reconocen la utilidad los sistemas de recolección de aguas lluvia y la usan para jardinería y ganadería, la mitad afirma que en su comunidad se practica la recolección de agua de lluvia, y existe una desaprobarción frente al uso de esta debido a la idea sobre la calidad de esta agua.

Figura 12. Resultados encuesta sobre uso de aguas lluvia a huéspedes del Hotel Paisa.



Fuente: Autor

4. PROPUESTAS DE MEJORA AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA EXISTENTE

Teniendo como base la valoración del sistema actual de aprovechamiento de aguas lluvia, descrita en las secciones 3 y 4, se propone a fin de mejorar el sistema existente, el reemplazo del sistema de almacenamiento de agua por un sistema que cumpla con las siguientes especificaciones descritas por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)³⁹:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua.
- Un máximo de 2 m de profundidad para minimizar las sobre-presiones
- Tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y luz solar
- Accesible para la limpieza
- Mallas a la entrada y salida del agua
- Dispositivos para el retiro de agua

4.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Con la metodología planteada en la sección 3.2.3 y los datos de precipitación de la Figura 2, se calculó el volumen de almacenamiento a partir de las respectivas ecuaciones. Se determinó un volumen máximo de 214m³ lo que indica un sobredimensionamiento del sistema de almacenaje.

³⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIVENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)*. [En línea]. Título B. Sistemas de Acueducto. ISBN: 978-958-8491-51-6. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: < <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf> >

Se replanteó este volumen mediante la regla de operación de rendimiento después del derrame (YAS) de Jenkins et al⁴⁰. Teniendo precipitaciones mensuales durante 20 años, una dotación de agua en Vélez Santander de 108.95 L/Hab/día [28], (no se toma la dotación para hoteles que plantea el RAS 2000 ya que este hotel no se categoriza por estrellas), además, según la Comisión Reguladora del Agua en Colombia (CRA), el 70% de la dotación de agua es para usos como agua no potable de la cual el 20% se usa para la descarga de inodoros, el 3.4% usos externos y el 5.5% para usos internos, teniendo en cuenta los usos que se da al agua lluvia en el hotel caso de estudio (7 inodoros, lavadero y llave de lavado de fachada y andén). De lo anterior se calcula una demanda de 31.48L/Hab/día y por consiguiente 6,612L/mes.

Teniendo en cuenta que la regla de YAS arroja un valor de eficiencia para un rendimiento calculado a partir de la demanda de agua lluvia y un volumen propuesto para tanque de almacenamiento se toma un valor de volumen para tanque de almacenamiento 15000 litros con el cual se estaría logrando una eficiencia de 95.57% de el volumen del tanque.

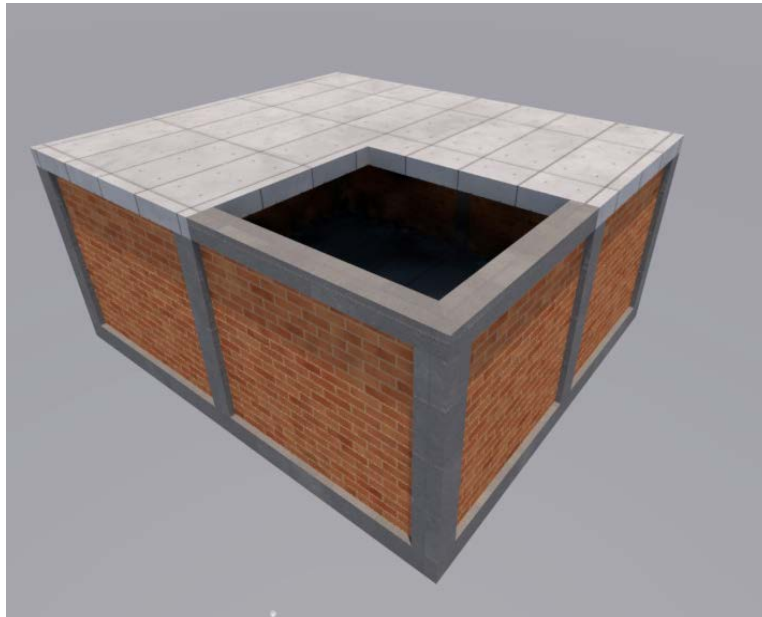
Las dimensiones de un tanque, en cuanto a capacidad, están determinadas por las necesidades que se pretendan suplir con el fin de que este sea óptimo en términos de eficiencia y monetarios. El tanque de almacenamiento debe tener una altura máxima de 2m y la parte superior del tanque no deberá estar a menos de 30cm con respecto al punto más bajo del área de captación. Según Ghisi, Bressan & Martini⁴¹, el grifo debe estar ubicado a 10 cm por encima del fondo y rebose a 10 cm por debajo del techo e ingreso de agua lluvia, que puede ser por el techo o paredes laterales del tanque y no deberá ser menor a 75mm de diámetro.

⁴⁰ JENKINS, et a. Citado por COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE VELEZ. *Plan de Desarrollo Municipal 2004-200*. Op. Cit. p.

⁴¹ GHISI, Eneid; BRESSAN, Diego y MARTINI, Mauricio. Op. Cit. p.

Teniendo que al área de captación es un parámetro que para este caso no se modifica, se toman las dimensiones para el tanque de almacenamiento; se determinó construir un tanque que almacene un volumen de 15m^3 de agua. Se propone que el tanque sea construirlo de forma rectangular en ladrillo con columnas y placa piso de concreto reforzado con dimensiones de 1.8m de profundidad, 3.5m de ancho y 2.5 m de largo Figura 15, de acuerdo al terreno disponible como se muestra en Anexo E y de acuerdo con la configuración geográfica y topográfica del terreno.

Figura 13. Tanque de almacenamiento propuesto.



Fuente: Autor. Elaborado en software ArchiCad

4.1.1 Evaluación financiera: En las Tablas del Anexo F se hace el cálculo de la inversión para la construcción del tanque de almacenamiento Figura 13 y dispositivo interceptor de primeras aguas que se describe a continuación en la sección 4.2 (Figura 14). La evaluación financiera de la sustitución del sistema de recolección de agua lluvia existente se calcula con una inversión inicial de \$4'065.000, una tasa de descuento de 3.51% para proyectos de 23 a 75 años según la Alcaldía Municipal de Vélez⁴², tomando inflación de 2% anual muestra un TRI de 28 años aproximadamente dónde el proyecto empezaría a producir un ahorro en términos financieros.

Con una TIR de 0% se considera que esta mejora al sistema no muestra un ahorro considerable en términos financieros, aunque para este caso se estaría considerando que al existir una fuente de agua alternativa el hotel no tendría deficiencia de agua para los inodoros del primer piso, lavadero interno y llave externa y el agua lluvia supliría este consumo en total durante todo el mes y se reduciría las posibles dificultades de operación en el hotel que se puedan presentar. Además y de acuerdo con Grandas⁴³, teniendo como precedente el racionamiento diario que hay en el municipio, el almacenaje de agua lluvia disminuiría la presión del uso del agua del sistema de acueducto municipal lo que beneficiaría a la comunidad en general.

Por lo tanto, este análisis tiene la limitación de que incluye en los beneficios únicamente los ahorros directos por el costo del agua del acueducto y alcantarillado y no incluye costos evitados o costos que representaría no contar para esta fuente de agua para el negocio en periodos de racionamiento. Según Domínguez⁴⁴, el análisis también se limita a los costos y beneficios para el propietario del hotel pero

⁴² COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE VELEZ. *Plan de Desarrollo Municipal 2004-2007*. Op. Cit. p.

⁴³ COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE VELEZ. *Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015*. Op. Cit. p.

⁴⁴ DOMIGUEZ, Isabel Cristina. Ingeniera Sanitaria, MSc. PhD.

no incluye el estudio más amplio de los costos y beneficios que la implementación de los sistemas alternativos de fuentes de agua que representa para la sociedad en general.

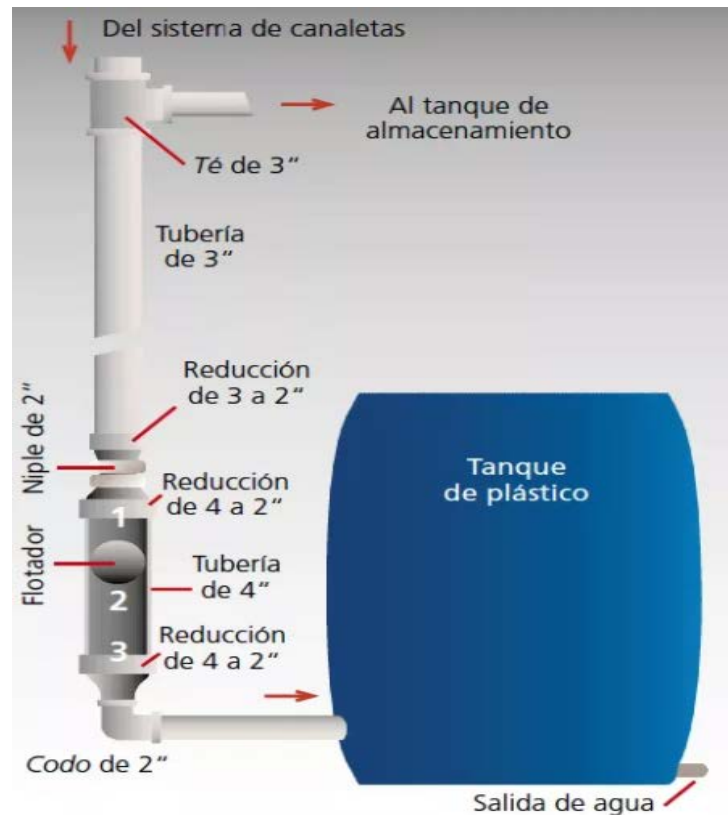
Por lo tanto, los resultados de este estudio deberían complementarse evaluando las externalidades de este tipo de proyectos en las dimensiones social y ambiental. Según Domínguez, este tipo de análisis debe incluir no solo al consumidor individual, sino también a la sociedad de la ciudad o región, que bajo las circunstancias actuales no asume ningún costo, pero disfruta de una amplia gama de beneficios con la implementación de sistemas alternativos de fuentes de agua.

4.2 INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS

Se propone cambiar la estructura de remoción de materiales gruesos existente por un interceptor de primeras aguas que se mencionó anteriormente en el marco conceptual y que estaría hecho con la configuración de la Figura 14.

Este nuevo sistema garantizaría una mejor calidad del agua ya que evitaría el almacenamiento de aguas con gran cantidad de impurezas mediante el lavado del techo, y funcionaría de forma automática lo que mejoraría la estructura de remoción de materiales gruesos artesanal ya que este debe ser controlado de forma manual para que no se produzcan desbordes de agua.

Figura 14. Interceptor de primeras aguas



Fuente: Gua de diseño para la captación de agua lluvia OPS, Primer foro sobre el cambio climático en América Latina.

Se debe tener en cuenta para la implementación de un interceptor las siguientes condiciones

- Que el volumen del interceptor se debe calcular a razón de un litro de agua lluvia por metro cuadrado.
- No debe haber más de un interceptor.

- Debe haber al inicio del tubo de bajada un ensanchamiento que permita que el agua no se rebose; el ancho inicial deber ser del doble del diámetro de la canaleta.
- El diámetro mínimo del tubo de bajada debe ser de 75mm.
- Debe contar con un dispositivo de cierre en la parte superior para que las primeras aguas queden almacenadas en el tanque y este a su vez debe contar con un grifo para drenaje luego de concluida la lluvia.

5. CONCLUSIONES

Se determinó para una eficiencia de 95,59%, mediante la regla de operación de rendimiento después del derrame (YAS), construir un tanque que almacene un volumen de 15m³ de agua lluvia, que garantice ahorro de agua del acueducto y disponibilidad del líquido durante todo el mes para los sanitarios, lavadero, llave de lavado de andén y fachada del primer piso del Hotel Paisa durante los meses de mayo a diciembre.

Proyectando el flujo de caja a 50 años que es el tiempo recomendado por la normativa internacional ISO 140-40 (2006), considerando un valor para la inflación de 2% anual, con una tasa de descuento de 3.5%, se puede comparar la rentabilidad del sistema de almacenaje de agua existente con el propuesto como mejora, de lo que se extrajeron valores de TIR de 4% y 0% respectivamente. De lo anterior se concluye que ninguno de los sistemas representa beneficios financieros considerables en cuanto a la proyección del flujo de caja anual que se relaciona con el ahorro que se muestra mediante los recibos del servicio de acueducto de agua en Vélez.

De los resultados obtenidos mediante entrevista semi-estructurada se estableció que para los propietarios del Hotel Paisa el aprovechamiento del agua de lluvia es una práctica importante teniendo como precedente los inconvenientes de la escasez del agua en el municipio de Vélez y por tanto el racionamiento diario del líquido, por lo que las mejoras realizadas estarían encaminadas hacia un sistema más técnico

y mejor adaptado, con el fin de garantizar el funcionamiento del hotel en los periodos de racionamiento de agua y no incurrir en costos por transporte y acarreo de agua desde veredas aledañas y otros municipios.

Por medio del diagnóstico realizado mediante encuesta a los huéspedes del Hotel Paisa, es posible evidenciar que un porcentaje de estos reconocen el concepto de recolección de aguas lluvia y el uso de los mismos, no obstante, preocupa la calidad del agua de lluvia.

En términos ambientales la implementación de un sistema de recolección de agua lluvia representa grandes beneficios para las personas y el entorno, ya que se estaría creando una nueva fuente de agua que no compite las fuentes tradicionales y así contribuir a minimizar el agotamiento de los recursos naturales.

Este análisis tiene la limitación de que incluye en los beneficios únicamente los ahorros directos por el costo del agua del acueducto y alcantarillado y no incluye costos evitados o costos que representaría no contar para esta fuente de agua para el negocio en periodos de racionamiento.

El análisis se limita a los costos y beneficios para el propietario del hotel, pero no incluye el estudio más amplio de los costos y beneficios que la implementación de los sistemas alternativos de fuentes de agua que representa para la sociedad en general.

6. RECOMENDACIONES

- Aumentar el área de captación (poco viable por cuestiones constructivas)
- Optimizar las pérdidas del agua captada
- Disminuir la demanda
- Analizar el problema a menor escala (Datos históricos diarios)
- Estudiar mejor la demanda; es decir, siendo este un contexto que depende de la temporada anual seguramente la demanda tiene variaciones mensuales
- Considerar algún método más robusto que permita predecir el comportamiento de la precipitación en los próximos años, para así, tener una visión más detallada del problema
- Ante la preocupación por la calidad del agua se recomienda evaluar la calidad del agua lluvia con el fin de determinar sus características físicas, químicas y bacteriológicas.
- Se recomienda complementarse evaluar las externalidades de proyectos en las dimensiones social y ambiental e incluir no solo al consumidor individual, sino también a la sociedad de la ciudad o región, que bajo las circunstancias actuales no asume ningún costo, pero disfruta de una amplia gama de beneficios con la implementación de sistemas alternativos de fuentes de agua

BIBLIOGRAFÍA

ABDULLA, Fallez and AL-SHAREEF Amani. *assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in jordan*. In: Hlavinek P., Kukharchyk T., Marsalek J., Mahrikova I. (eds) *Integrated Urban Water Resources Management*. NATO Security through Science Series. Springer, Dordrecht. October. 2006. P. 291 de 300.

BALLÉN, José; GALARZA, Miguel y ORTIZ, Rafael. *Historia de los Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia*. [En línea] Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água. Brasil. 2006. 12 p. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: < <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf> >

BATES, B.; KUNDZEWICZ, Z.; WU, S and PALUTIKOF, J. Eds., 2008: *Climate Change and Water*. [En línea] Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: < <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf> >

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. *Guía de diseño para la capacidad de agua lluvia*. [En línea] Lima, Perú, 2001. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: < <http://www.aguasinfronteras.org/PDF/AGUA%20DE%20LLUVIA.pdf> >

COLOMBIA. ALCALDÍA MUNICIPAL DE VELEZ. *Esquema de ordenamiento territorial municipio de Vélez – Santander 2004-2007*. [En línea]. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: <
http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot_esquema%20de%20ordenamiento%20territorial_velez_santander_2004_2007.pdf>

-----,-----, *Plan de Desarrollo Municipal 2004-2007*. [En línea] Vélez, Santander, Colombia. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: <
http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd_programa%20de%20desarrollo_velez_santander_2004_2007.pdf >

-----,-----, *Plan de Desarrollo 2012-2015. Por el Vélez que todos queremos*. [En línea] Vélez, Santander, Colombia. . [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: <
<http://www.velez-santander.gov.co/apc-aa-files/61323233383236626632653866386264/plan-de-desarrollo-2012-2015.pdf> >

-----, CONGRESO DE LA REÚBLICA. Ley 373 (6, Junio, 1997). Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Diario Oficial. Bogotá, D.C., 1997. No. 43.058.

-----, DEFENSORÍA DEL PUEBLO. Diagnóstico sobre la calidad del agua para el consumo humano. [En línea] Informe defensorial No. 39 – B. Colombia. . [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: <
<http://www.defensoria.gov.co/es/public/Informesdefensoriales/429/Diagn%C3%B3stico-sobre-la-calidad-del-agua-para-el-consumo-humano-en-Colombia-en-el-marco-del-derecho-humano-al-agua-Informes-defensoriales---Agua-Informes-defensoriales---Medio-Ambiente-Informes-defensoriales---Salud.htm> >

----- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Censo General 2005. Perfil Vélez Santander. Boletín 14/09/2010

----- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Estudio Nacional del Agua 2014. [En línea] Bogotá, D. C., 2015. 496 p. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: <
http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf >

----- MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)*. [En línea]. Título B. Sistemas de Acueducto. ISBN: 978-958-8491-51-6. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: <
<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULOB%20030714.pdf> >

CONFERENCE ON ENVIRONMENT-BEHAVIOUR STUDIES HANOI ARCHITECTURAL UNIVERSITY. (Social and behavioral sciences 85. 19-22 March, 2013: Vietnam). Exp. Zeenat and Jamaludinb. *Cultural Sustainability in the Built and Natural Environment*.

CONNOR, Richard y KONCAGÜL, Engin. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. [En línea] Octubre de 2016, de WWAP en nombre de ONU-Agua. 2015. [Consultado 20 Julio 2017]. Disponible en: <
<http://www.unesco.org/water/wwap> >

CORREA, Francisco. *Tasa de descuento ambiental Gamma: una aplicación para Colombia*. [En línea]. Lecturas de economía. N. 69. Universidad de Antioquia. Julio-

Diciembre 2008. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: < <http://www.redalyc.org/pdf/1552/155215609006.pdf> >

DOMIGUEZ, Isabel Cristina. Ingeniera Sanitaria, MSc. PhD.

FEWKES, A. *The performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach*. Department of Building and Environmental Modelling Health, The Nottingham Trent University. Mayo 2000. 323-333 p.

GHISI, EneDir; BRESSAN, Diego y MARTINI, Mauricio. *Rainwater tank capacity and potencial for potable wáter savings by using rainwater in the residential sector southeastem Brazil*. Volume 42, Issue 4. 1654-1666 p. 2007.

GIKAS, P and TCHOBANOGLOUS, G. *The role of satellite and decentralized strategies in water resources management*. [En línea]. Environ Manage. Jan. 2009. [Consultado 20 Oct 2017]. Disponible en: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18079040> >

GOSSLING, Stefan and PEETERS, Paul. *Tourism and water use:Suply, demand, and scurity. An international rewev*. Volume 33. Issue 1. February, 2012. 1-15 p.

KHAI, Lee; MAZLIN, Mokhtar; MARLIA, Hanafiah; AZHAR, Halim & JAMALUDIN, Badusah. *Rainwater harvesting as an alternative water resource in Malaysia:potential, policies and development*. [En línea] Journal of Cleaner Production. Vol. 126. 2016. [Consultado 20 sep 2017]. Disponible en: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616301287> >

LIPPONEN, Annukka y BONVOISIN, Nicholas. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016. [En línea] Octubre de 2016, de Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia. 2016. [Consultado 20 Julio 2017]. Disponible en: < <http://www.unwater.org> >

MELVILLE-SHREEVE, Peter; WARD, Sarah & BUTLER, David. Harvesting Typologies for UK Houses: A Multi Criteria Analysis of System Configurations. [En línea] Centre for Water System. University of Exeter. UK. 2016. [Consultado 20 sep 2017]. Disponible en: < <https://pdfs.semanticscholar.org/467a/19d5dbd17be5a933ca57d000e0cfd69500d4.pdf> >

PEREZ, F. y SANABRIA, J. Diseño de un sistema de recolección de aguas lluvias para la utilización eficiente del recurso en el estadio 1° de marzo de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2012.

REYES, María y RUBIO, John. *Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias*. Trabajo de grado especialización de recursos hídricos. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. 2014. 53 p.

SEMINARIO IBEROAMERICANO SOBRE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO URBANO DE AGUA. (VI 5-7 junio, 2006: João Pessoa, Brasil). Exp. Ballén José, et al. *Sistemas de aprovechamiento de agua lluvia para vivienda urbana*.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. The Texas Manual on Rainwater Harvesting Development. [En línea] Third Edition, 2005, p.10-40. [Consultado 20

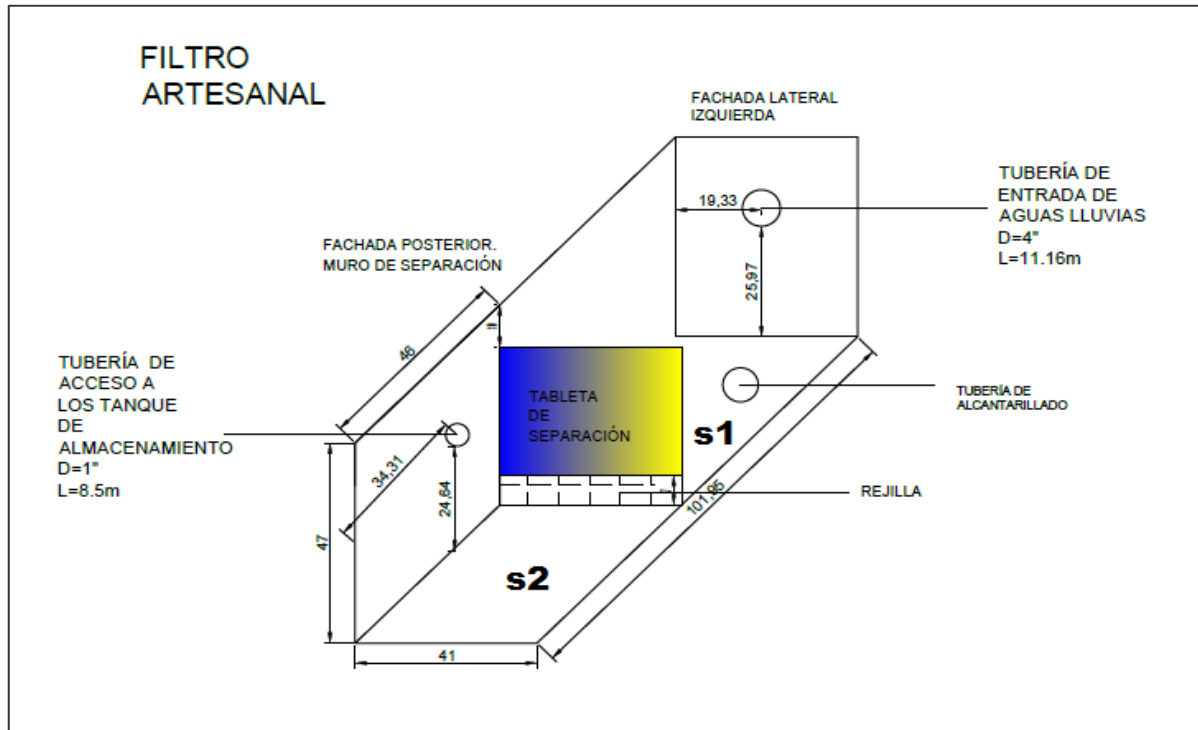
Oct 2017]. Disponible en: <
http://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf >

VISSCHER, J & SÁNCHEZ, L. Agua lluvia: Alternativa de Abastecimiento. Citado por Curso Internacional Sobre Sistemas no Convencionales de Abastecimiento de Agua y Saneamiento. Universidad del Valle. Cali, Colombia.

YUSOF, Zeental and JAMALUDIN, Mariam. *Green Approaches of Malaysian Green Hotels and Resort*. Volume 85. 20 September 2013. 421-431 p.

ANEXOS

Anexo A. Estructura de remoción de materiales gruesos del sistema de recolección de aguas lluvia existente en el Hotel Paisa




Fuente: autor

Anexo B. Costo del sistema de recolección de agua lluvia existente.

COMPONENTES	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Tanques plásticos 1000 litros PVC (accesorios incluidos)	1	\$253.000,00	\$253.000,00
Tanques plásticos 2000 litros PVC (accesorios incluidos)	2	\$470.000,00	\$940.000,00
Tubería de 4" pvc / 3m	12metros	\$32.900,00	\$131.600,00
tubería de 1 1/2" pvc/3m	10metros	\$12.900,00	\$51.600,00
Canaletas metálicas recubiertas	15metros	\$52.000,00	\$260.000,00
Varios o imprevistos		\$250.000,00	\$250.000,00
		TOTAL	\$1.626.200,00

Fuente: autor

Anexo C. Formato de entrevista semi-estructurada sobre la valoración de sistemas de recolección de aguas lluvia en establecimiento comercial para propietario.

	ENTREVISTA:	UIS
	SISTEMAS DE RECLECCION DE AGUAS LLUVIAS	ING. CIVIL
	HOTEL PAISA MUNICIPIO DE VELEZ SANTANDER	Página 1 de 1
Fecha: 30 de septiembre de 2017		
Nombre: Hernán Vargas Hernández		
Cargo: Propietario		

Con el fin de identificar fortalezas y debilidades que permitan establecer la importancia del uso de sistemas de recolección de agua lluvia en establecimientos comerciales, se solicita diligenciar la presente encuesta y agradecemos su amable colaboración.

Preguntas:
Cree usted que es importante el ahorro de agua?
Considera necesario el uso de sistemas de recolección de aguas lluvias?
Se siente satisfecho con el sistema de recolección agua lluvia que existe en su negocio?
Considera que el sistema de recolección de agua lluvias representa ahorro en términos monetarios?
En que escala recomienda la instalación de sistemas de recolección de aguas lluvia en establecimiento comercial?
Que es lo que más le interesa de instalar un sistema de recolección de agua lluvia
Estaría usted dispuesto a invertir en mejorar su sistema de recolección de agua lluvia de su negocio?
Instalaría un sistema de recolección de agua lluvia en su hogar?
Cree que el uso del agua lluvia es una práctica amigable con el medio ambiente?

Anexo D. Formato encuesta sobre la valoración de sistemas de recolección de aguas lluvia en establecimiento comercial para clientes:

		ENCUESTA: SISTEMAS DE RECLECCION DE AGUAS LLUVIAS	UIS
			ING, CIVIL
		HOTEL PAISA MUNICIPIO DE VELEZ SANTANDER	Página 1 de 1

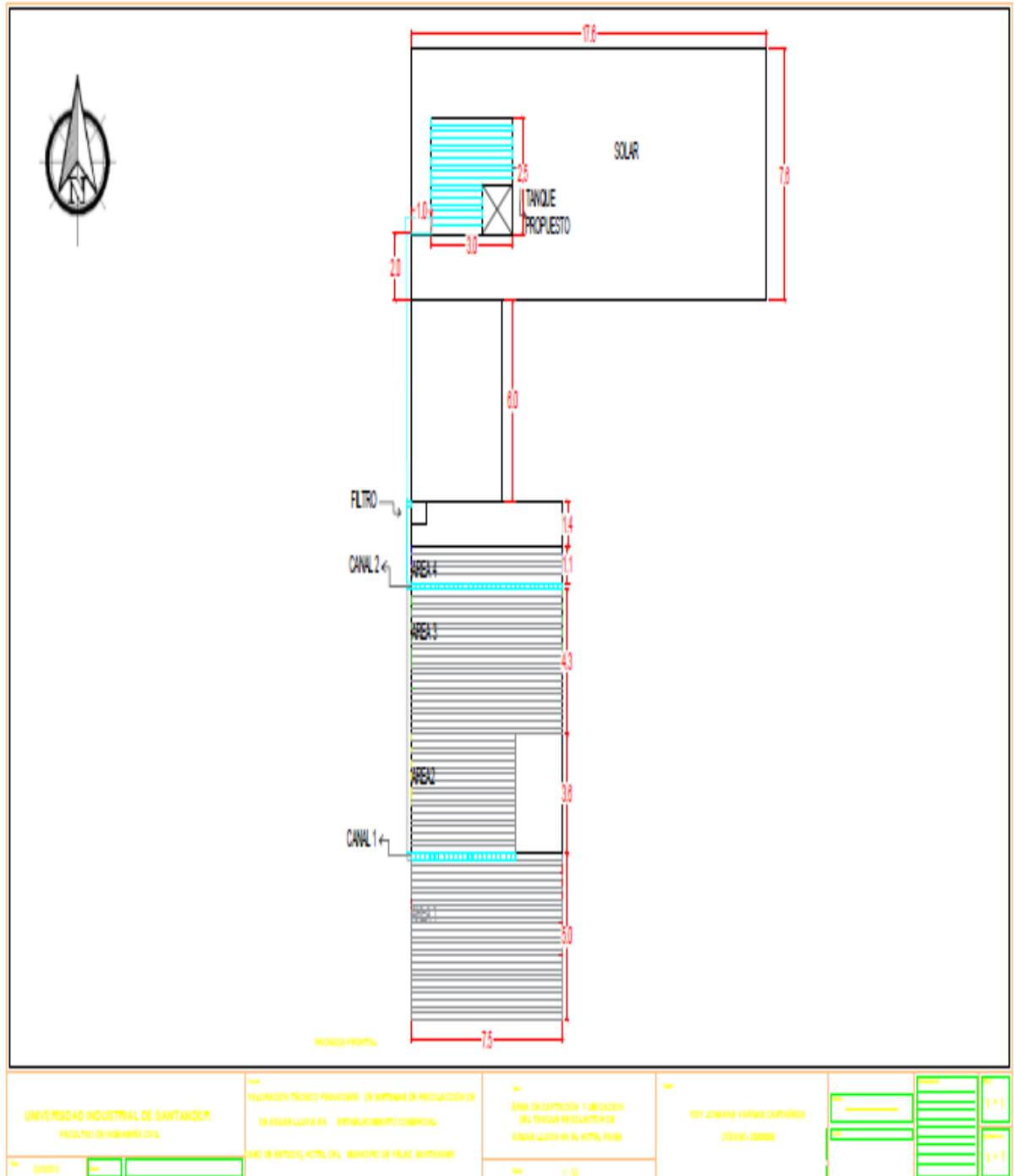
Fecha:
Nombre (Opcional):
Procedencia:

Con el fin de identificar fortalezas y debilidades que permitan establecer la importancia del uso de sistemas de recolección de agua lluvia en establecimientos comerciales, Se solicita diligenciar la presente encuesta y agradecemos su amable colaboración,

Por favor, marque con una X la casilla correspondiente a su valoración en cada uno de los aspectos mencionados a continuación,

ASPECTOS A EVALUAR						SI	NO			
1. Conoce usted acerca de los sistemas de recolección de aguas lluvia?										
2. Cree usted que sea útil la implementación de sistemas de agua lluvia?										
Como califica sienta 5 la calificación más alta:						1	2	3	4	5
3. Cómo calificaría el uso de agua lluvia en hoteles?										
4. Que calificación le da al agua lluvia en términos de calidad?										
5. Como practica ambiental que calificación le da al uso del agua lluvia?										
Marque con una X:						SI	NO			
6. Es usual en su comunidad el uso del agua lluvia										
7. Instalaría un sistema de recolección de agua lluvia en su hogar?										
8. Que usos cree que se le deberían dar al agua lluvia recolectada? Porque?										

Anexo E. Ubicación del tanque de Almacenamiento y área de captación



Fuente: autor

Anexo F. Costos para el tanque de almacenamiento propuesto como mejora al sistema de recolección de agua lluvia existente

DESCRIPCIÓN	COSTO
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	
Replanteo	100,000.00
Rotura y retiro del material	180,000.00
Excavación manual	250,000.00
Solado base 0,525m3	180,000.00
Malla electro soldada 15X15 e 4mm 6X2,35m	60,000.00
Refuerzo barras 24 barras 1/2" (6m) para vigas y columnas	280,000.00
Concreto impermeable 1,3 M3 vigas y columnas	120,000.00
Ladrillo refractario	750,000.00
Concreto impermeable para paredes	200,000.00
Alambre negro 1,5 Kg	5,000.00
Mano de obra de instalación	550,000.00
Varios o imprevistos	300,000.00
Subtotal	2,975,000.00
Subtotal 20% margen de seguridad del proyecto	595,000.00
TOTAL	3,557,000.00

DESCRIPCIÓN	COSTO
INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS	
Tanque interceptor de 500 litros	115,000,00
Válvula de bola tipo llave de 1/2 "	15,000,00
Válvula flotador de 2"	170,000,00
Imprevistos	150,000,00
Subtotal	450,000,00
Margen de seguridad 10%	45,000,00
TOTAL	\$495,000,00

Fuente: autor