

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 6

16.

FECHA	jueves, 28 de noviembre de 2019
--------------	---------------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Extensión Soacha
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ingeniería
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Industrial

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Ovalle Rodríguez	Oscar Alejandro	1012427621
González Forero	Pedro Antonio	1018449504

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 2 de 6

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Montenegro Marín	Franklin Guillermo

TÍTULO DEL DOCUMENTO
Propuesta de un diseño para el aprovechamiento de aguas lluvias y grises en una unidad residencial de Soacha Cundinamarca.

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Ingeniero industrial

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
26/11/2019	74

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Sistema	System
2. Precipitación	Precipitation
3. Medición	Measurement
4. Dimensión	Dimensión
5. Producción	Production
6. Demanda	Demand

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 3 de 6

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Resumen: La intención del proyecto se centró en proponer un diseño de aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises, con el que se pueda conseguir un ahorro económico y una reducción del consumo del agua potable en edificaciones de vivienda urbana en Soacha, Cundinamarca. Para tal efecto se desarrolla este proyecto de manera que genere una factibilidad técnica y económica, a través del factor técnico se hace la dimensión del sistema el cual está definido por los siguientes parámetros: la información pluviométrica de la zona de estudio para saber los alcances del sistema; la caracterización de los tipos de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias y grises para posteriormente identificar y presentar el diseño propuesto; se presenta un caso de referencia en la zona de estudio de una unidad residencial, que se caracteriza mediante el uso de formularios para determinar el número de personas que hacen parte del estudio y sus hábitos de consumo; la Medición de volúmenes de aguas grises y aguas lluvias mediante formularios para calcular el promedio de descargas (sanitarios, lavadoras, lavamanos y lavaderos). En el factor económico se hace un análisis de ingresos, la inversión y los indicadores financieros que ayudaran a saber la rentabilidad del proyecto.

Los resultados indican que el potencial de ahorro de agua potable con las aguas grises para la unidad residencial es de 101,03 m³ anuales y con las aguas lluvias es de 74,55 m³ anuales, habiendo un total del potencial de ahorro de agua potable de 175,58 m³.

Abstract: The intention of the project was to propose a design for the use of rainwater and gray water, with which economic saving and a reducing drinking water consumption in urban housing buildings in Soacha, Cundinamarca. For this purpose, this project is developed in a way that generates feasibility technical and economic factor, through the technical factor the dimension of the system which is defined by the following parameters: the rainfall information in the study area to find out the scope of the system; the characterization of the types of rain and gray water use systems to later identify and present the proposed design; a reference case is presented in the study area of a unit characterized by the use of forms to determine the number of people who are part of the study and their consumption habits; Measuring volumes of greywater and rainwater using forms to calculate the average of discharges (sanitary, washing machines, sinks and laundry rooms). In the economic factor, analysis income, investment and financial indicators that would help know the profitability of the project.

The results indicate that the potential to save drinking water with grey water for the residential unit is 101.03 m³ per year and with the rainwater is 74.55m³ per year, with a total drinking water saving potential of 175.58 m³ by year.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación,

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 4 de 6

teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general,

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 5 de 6

contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ **NO** X.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).



MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
	PAGINA: 6 de 6

- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”
- i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 7 de 7



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Propuesta de un diseño para el aprovechamiento de aguas lluvias y grises en una unidad residencial de Soacha Cundinamarca.pdf	Texto
2. Diseño sistema. skp; skb	SketchUp
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
oscar Alejandro Rodriguez	
Pedro Antonio Gonzalez Forero	

21.1-51-20

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional

PROPUESTA DE UN DISEÑO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS
LLUVIAS Y GRISES EN UNA UNIDAD RESIDENCIAL DE SOACHA
CUNDINAMARCA

OSCAR ALEJANDRO OVALLE RODRIGUEZ
PEDRO ANTONIO GONZALEZ

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA.
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL.
SOACHA
2019

PROPUESTA DE UN DISEÑO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS
LLUVIAS Y GRISES EN UNA UNIDAD RESIDENCIAL DE SOACHA
CUNDINAMARCA

OSCAR ALEJANDRO OVALLE RODRIGUEZ
PEDRO ANTONIO GONZALEZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
ingeniero industrial.

Director:
Msc. Franklin Guillermo Montenegro Marín

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA.
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL.
SOACHA
2019

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá (28, octubre, 2019)

AGRADECIMIENTOS

Durante el proceso de realización del proyecto le damos un enorme agradecimiento al señor Ricardo Ovalle quien nos guio y facilitó su vivienda para poder realizar el proyecto, sus enormes conocimientos en el diseño de este tipo de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias y grises, el tipo de materiales y los costos asociados.

A la universidad de Cundinamarca y sus docentes de investigación por brindarnos las bases para sacar adelante esta monografía y proporcionarnos información para desarrollar este proyecto.

Gracias a Dios porque sin el nada sería posible y con el todo lo podemos.

CONTENIDO

pág.

GLOSARIO	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 JUSTIFICACION	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo general	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
2 MARCO TEÓRICO	20
2.1 FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES	20
2.2 FACTOR TÉCNICO.....	20
2.2.1 Dimensionamiento del sistema.....	21
2.2.2 Información pluviométrica.....	21
2.2.3 Modelo de cálculos para el sistema de aguas lluvias.....	22
2.2.3.1 Dotación:	22
2.2.3.2 Demanda mensual (m3):	23
2.2.3.3 Oferta de agua (Ai) en el mes "i" (m3):	23
2.2.4 Modelo de cálculos para el sistema de aguas grises	24
2.2.4.1 Oferta de aguas grises.	24
2.2.5 Componentes básicos de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias.....	25
2.2.5.1 Captación.	25
2.2.5.2 Conducción del agua de lluvia (canales y bajantes).....	25
2.2.5.3 Almacenamiento.....	26
2.2.5.4 Red de distribución de agua lluvia.....	27
2.2.5.5 Tratamiento.	27
2.3 FACTOR ECONÓMICO	27

2.3.1	Ingresos.....	28
2.3.2	Inversión.....	28
2.3.3	Indicadores Financieros	28
2.4	FACTOR SOCIAL.	29
2.5	MARCO LEGAL	30
2.5.1	Norma de Reúso	30
3	METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS	31
3.1	INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE LA ZONA	32
3.2	CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES	34
3.3	LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA UNIDAD RESIDENCIAL EN ESTUDIO.....	39
3.4	MÉTODO PARA LA MEDICIÓN Y MUESTREO DE VOLÚMENES DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES EN LA VIVIENDA	40
3.4.1	Medición de volúmenes de aguas en la vivienda	41
3.4.1.1	Medición de las aguas grises	41
3.4.1.2	Medición de aguas de sanitarios	41
3.4.1.3	Medición aguas de no retorno.	41
3.4.2	Muestreo de los volúmenes de agua consumidos en la unidad residencial	42
4	ANÁLISIS DE LA INFORMACION Y RESULTADOS	46
4.1	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA	46
4.1.1	Cálculos para determinar la dimensión del sistema de aguas lluvias.	46
4.1.2	Cálculos para determinar la dimensión del sistema de aguas grises.....	48
4.1.2.1	Volumen del tanque de aguas grises.	50
4.1.3	Potencial del ahorro de agua potable total	50
4.2	IDENTIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES UTILIZADO.....	50

4.3	CRITERIOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN.....	52
4.3.1	Diseño del sistema propuesto	52
4.3.1.1	Diseño del sistema de captación:	52
4.3.1.2	Diseño de Recolección y Conducción.	53
4.3.1.3	Diseño Interceptor de Aguas Lluvias.	53
4.3.1.4	Diseño del tanque de almacenamiento de aguas grises.	54
4.3.1.5	Diseño de la Red de Distribución hidráulica.	55
4.3.1.6	Diseño de los filtros.	56
4.4	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	56
4.4.1	Consumo de agua real	56
4.4.2	Ingresos.....	56
4.4.2.1	Análisis bimestral.....	57
4.4.2.2	Análisis anual.	59
4.4.3	Inversión.....	60
4.4.4	Indicadores Financieros	62
5	CONCLUSIONES	64
6	BIBLIOGRAFÍA	66
7	ANEXOS	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Porcentaje de participación de los usos del agua en el consumo total en las viviendas	21
Tabla 2	Coeficientes de escurrimiento	25
Tabla 3	Promedios climatológicos IDEAM 1988-2017.....	32
Tabla 4	potencial de ahorro en m ³ VS área de captación en m ²	34
Tabla 5	Componentes para sistemas de aprovechamiento de aguas	35
Tabla 6	Componentes de un sistema de reutilización de aguas grises	37
Tabla 7	Puntos de consumo de agua en unidad residencial	42
Tabla 8	Metodología de adecuación de puntos y toma de muestras.....	43
Tabla 9	Resultados del sistema de aguas lluvias	46
Tabla 10	Costumbre de uso del agua en las familias en una semana típica	48
Tabla 11	Descripción de los tipos de días medidos en la unidad residencial.....	49
Tabla 12	consumo promedio diario de agua en los lavamanos y sanitarios	49
Tabla 13	Valores facturados en el año.....	57
Tabla 14	Potencial de ahorro del agua potable.....	57
Tabla 15	Consumo de las aguas recolectadas vs agua potable	58
Tabla 16	Consumo de las aguas recolectadas vs agua potable	59
Tabla 17	Cotizaciones Materiales y Presupuesto	61
Tabla 18	Resultados de los indicadores financieros	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Canaletas y bajantes.....	26
Figura 2	Precipitación promedio mensual durante 20 años	33
Figura 3	Diagrama de flujo de un sistema para el aprovechamiento de aguas lluvias	36
Figura 4	Diagrama de flujo de un sistema para el aprovechamiento de aguas grises.....	38
Figura 5	Zona de estudio	39
Figura 6	Unidad residencial del estudio.	40
Figura 7	Distribución diaria del agua lluvia en el sistema.....	47
Figura 8	Esquema del sistema de aprovechamiento del agua lluvia para la unidad residencial	51
Figura 9	Geometría del techo de la unidad residencial	52
Figura 10	Ubicación canaletas	53
Figura 11	Interceptor de aguas lluvias	54
Figura 12	Tanque de almacenamiento de aguas grises.....	55
Figura 13	Distribución de la red a sanitarios	55
Figura 14	Distribución diaria del agua	58
Figura 15	Producción vs consumo diario de aguas lluvias y grises	59
Figura 16	Producción vs consumo anual de aguas lluvias y grises	60

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Formatos de toma de información de la unidad residencial	69
Anexo B Formatos de recolección de información de mediciones.....	70
Anexo C Registro fotografico	72
Anexo D facturas del acueducto	74

GLOSARIO

APROVECHAMIENTO DE AGUAS: utilización por ley, para usos comunes o privativos, de aguas de dominio público.

AGUAS GRISES: son aquellas que salen por los desagües de bañeras, lavabos, pilas de la cocina, lavavajillas o lavadoras.

MUESTREO: selección de una pequeña parte estadísticamente determinada, utilizada para inferir el valor de una o varias características del conjunto.

PRECIPITACIÓN: agua procedente de la atmósfera, y que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie de la tierra.

SISTEMA: conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto.

UNIDAD RESIDENCIAL: lugar cerrado y cubierto construido para ser habitado por personas.

Las definiciones fueron tomadas de (Real academia española., 2018)

RESUMEN

La intención del proyecto se centró en proponer un diseño de aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises, con el que se pueda conseguir un ahorro económico y una reducción del consumo del agua potable en edificaciones de vivienda urbana en el municipio de Soacha, Cundinamarca.

Para tal efecto se desarrolla este proyecto de tal manera que genere una factibilidad técnica y económica de la siguiente manera: a través del factor técnico se hace la dimensión del sistema el cual está definido por los siguientes parámetros: primero la información pluviométrica de la zona de estudio para poder saber los alcances del sistema; segundo la caracterización de los tipos de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias y grises para posteriormente identificar y presentar el diseño propuesto; tercero se presenta un caso de referencia en la zona de estudio de una unidad residencial, que se caracteriza mediante el uso de formularios para determinar el número de personas que hacen parte del estudio y sus hábitos de consumo; cuarto la Medición de volúmenes de aguas grises y aguas lluvias mediante formularios para calcular el promedio de descargas (sanitarios, lavadoras ,lavamanos y lavaderos). En el factor económico se hace un análisis de los ingresos, la inversión y los indicadores financieros que ayudaran a saber la rentabilidad del proyecto. Finalmente se describirán puntualmente las ventajas y desventajas encontradas para la ejecución de este tipo de sistemas.

Los resultados indican que el potencial de ahorro de agua potable con las aguas grises para la unidad residencial es de 101,03 m³ anuales y con las aguas lluvias es de 74,55 m³ anuales, habiendo un total del potencial de ahorro de agua potable de 175,58 m³ anuales. Por otro lado, el diseño del sistema propuesto parece ser rentable ya que el período de recuperación esta entre 10 y 11 años. La principal conclusión que se puede sacar de la investigación es que debe haber incentivos gubernamentales para promover el uso de aguas lluvias y grises en las unidades residenciales del municipio de Soacha.

PALABRAS CLAVE: Sistema, Consumo, Precipitación, Medición.

ABSTRACT

The intention of the project focused on proposing a design for the use of rainwater and gray water, which can achieve economic savings and a reduction in drinking water consumption in urban housing buildings in the municipality of Soacha, Cundinamarca. Because it is close to the capital city, it has reached such a point that urban and population growth is very accelerated, likewise has had a disproportionate increase in water consumption, this added to the absence of water supply by The municipality's own mechanisms, and the almost non-existent background information on good consumption habits, are the causes that in the short or long term generate problems regarding the shortage and insufficiency of the water resource.

For this purpose, this project is developed in such a way that it generates a technical and economic feasibility in the following way: through the technical factor the dimension of the system is made, which is defined by the following parameters: first the pluviometric information of the area of I study to know the scope of the system; second, the characterization of the types of rain and gray water use systems to later identify and present the proposed design; third, a reference case is presented in the study area of a residential unit, which is characterized by the use of forms to determine the number of people who are part of the study and their consumption habits; fourth the Measurement of volumes of gray water and rainwater using forms to calculate the average of discharges (sanitary ware, washing machines, sinks and laundry rooms). In the economic factor an analysis is made of the income, investment and financial indicators that will help to know the profitability of the project. Finally, the advantages and disadvantages found for the execution of this type of systems will be described.

The results indicate that the potential for saving drinking water with gray water for the residential unit is 101.03 m³ per year and with rainwater is 74.55 m³ by year, with a total of the potential for saving drinking water for 175.58 m³ by year. On the other hand, the design of the proposed system seems to be profitable since the recovery period is between 10 and 11 years. The main conclusion that can be drawn from the investigation is that there should be government incentives to promote the use of rainwater and gray water in the residential units of the municipality of Soacha.

KEY WORDS: System, Consumption, Precipitation, Measurement.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos propuestos es incentivar la inversión en este tipo de sistemas a partir de resultados técnicos, financieros y sociales. Considerando que a través del tiempo el precio del agua aumenta y su oferta disminuye, con este tipo de sistemas se minimiza el riesgo de sufrir desabastecimientos futuros y más en un municipio como Soacha donde hay un crecimiento exagerado de la población, así mismo ha habido un aumento desproporcionado del consumo de agua, esto sumado a la ausencia de abastecimiento de la misma por mecanismos propios del municipio, y a la casi inexistente información de antecedentes sobre buenos hábitos de consumo, son las causas que a corto o largo plazo generan problemas en cuanto a la insuficiencia del recurso hídrico.

En cuanto a aguas grises, por ejemplo, las que son generadas por lavadoras representan una de las mayores fuentes y potencial de ahorro de agua para las viviendas, ya que puede representar más del 50% de uso total del agua. Su reutilización puede conseguir el ahorro de entre un 30% y un 45% de agua potable (Nino Rodríguez & Martínez Medina, 2013, p. 28).

De un tiempo para acá, este tipo de proyectos se han venido realizando en varios Colegios y Universidades, considerándolos como una alternativa a los sistemas de distribución tradicionales, generando de tal manera beneficios ambientales, sociales y económicos viables.

Para este proyecto en particular se evaluarán los factores técnicos de la zona de estudio para determinar a través del dimensionamiento del sistema el potencial de ahorro del agua; seguidamente factores económicos para estimar los ingresos, los costos de inversión y los indicadores financieros que permitirán determinar la viabilidad del sistema.; finalmente factores sociales que permitirán implícitamente establecer los niveles en cuanto a los hábitos de consumo.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las principales causas que producen un riesgo para la integridad del agua tiene que ver con: el crecimiento poblacional, el calentamiento global, el cambio climático y los fenómenos de variabilidad climática extrema (United Nations, 2015) Según (UNESCO-WWAP, 2003) a medida que la población mundial aumente se tiene tasado que 7000 millones de personas a mediados de este siglo en 60 países padecerán por la falta de agua.

América latina es conocida por tener buenas fuentes hídricas (WWAP, 2016). Por encontrarse en la línea ecuatorial, Colombia tiene una ventaja clara en la producción de agua, (entre 500 y 5.000 milímetros anuales variando por región), es decir, su posición geográfica es estratégica para instaurar sistemas con aprovechamiento de aguas lluvias. Con tales cantidades se podrían captar hasta 5.000 litros por metro cuadrado cada año (Reyes Hincapié & Rubio Cano, 2014).

El uso del agua potable no logra abastecer por completo a la población en Colombia ya que según el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2012) el sistema cubre tan solo el 56% en zonas rurales y 96% en zonas urbanas (IDEAM, 2011). Por ende, depende del ser humano hacer un buen manejo del ciclo hidrológico para sacarle provecho a las aguas lluvias, puesto que es indispensable como fuente de abastecimiento para el ser humano y los ecosistemas (Ideam, 2008). Como lo reporta (Ghisi & Mengotti de Oliveira, 2007), se ha reconocido por parte de varios investigadores que la oferta de recursos hídricos procedentes de fuentes no convencionales como las agua lluvias y grises promueven el ahorro de agua potable en diferentes tipos de edificios y en diferentes países. Por ejemplo, las aguas grises provenientes de las lavadoras que son enviadas por las cañerías, como las del inodoro, por lo general se le da un mal uso a este recurso, pues estas aguas no se encuentran totalmente contaminadas. Por ende, con un apropiado aprovechamiento se podría lograr una reducción del consumo de agua potable en más del 16%. (Allen, 2015)

Entre los años 1993 y 2005 la población colombiana aumento a un ritmo de 18,8 por mil, mientras Cundinamarca lo hizo a un ritmo de 24,6 t Soacha a 45,6; debido a estas tasas de crecimiento en Cundinamarca la población aumento en un 34%, Soacha tuvo un incremento del 73% durante el periodo de 12 años y la población urbana ascendió un 77% (Para, Formulación, Pgirs, & Base, 2015). Debido a que Soacha se encuentra cerca de la ciudad capital se ha llegado a tal punto de convertirse en la población con el más acelerado crecimiento urbanístico y poblacional ya no solo de Cundinamarca sino de América Latina, perjudicando al medio ambiente consumiendo aceleradamente los recursos naturales.

El problema es más claro en el informe de rendición de cuentas de la contraloría en el apartado del acueducto, en donde Soacha debido a su bajo presupuesto es uno

de los municipios que tiene mayor índice de obras inconclusas de redes de acueducto, agua potable y saneamiento básico, incluso se demuestra la gran necesidad de comprar en su totalidad a la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá volúmenes de agua en bloque (GONZALEZ M., 2017, p. 29).

Se han realizado investigaciones sobre el agua de lluvia y las aguas grises en todo el mundo como una forma de promover el ahorro de agua potable pero a través de la información recolectada en los antecedentes, se concluye que en el municipio de Soacha este tipo de investigaciones para promover el ahorro de agua potable son poco conocidos, por lo que se considera un desperdicio, por ejemplo que las aguas lluvias al canalizarse a los sifones y después al drenaje, se combina con aguas negras, jabonosas y entre otros residuos, convirtiéndose en agua contaminada (Adler & Bojalil, 2008), Es así como los proyectos de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises actualmente cobran importancia porque posibilitan el ahorro de agua potable y aumento de la oferta hídrica en un ecosistema.

Según (Secretaría de Planeación de Cundinamarca, 2015) la mayor parte de la población en Soacha es de estrato dos y gana menos de \$1'000.000, de los cuales de acuerdo a una investigación realizada por el (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2018) identifica que la mayor parte del gasto mensual de las familias (aprox. 28,7%) se va en vivienda y pago de servicios públicos. Según (Empresas Pública de Medellín, 2013) “una persona en general consume en promedio 3.8 metros cúbicos de agua al mes. Es decir que, en una familia de 4 personas, el consumo promedio mensual debe ser aproximadamente de 15.4 metros cúbicos de agua”.

Teniendo en cuenta lo anterior, considerando una investigación elaborada por el Departamento Nacional de Planeación (Santana, Bonilla Tovar, and Castillo Sotomayor, 2015) los porcentajes de los usos del agua en el consumo total de los hogares estándar en Colombia son: “lavado de ropa 27.1%, sanitario 19.9% ducha 20.9%, lavado de platos 15.5%, aseo de vivienda 4.9%, consumo propio 3.9%, lavado de Manos 3.7%, lavado de auto 1.5%, riego de Jardines 1.9% y riego de plantas 0.6%”. Sin tener en cuenta el consumo propio, el lavado de manos y el uso de la ducha puede notarse que aproximadamente un 56% (8,6 m³) del consumo total podría ser remplazado por aguas lluvias y grises recolectadas dependiendo también del área del lugar y el diseño del sistema.

Los proyectos que combinen el uso de aguas lluvias y de aguas grises (teniendo en cuenta que no necesitan ser potables) son muy rentables, principalmente durante periodos de lluvia prolongada para utilizarla principalmente en descarga de sanitarios, limpieza de pisos, lavadoras, riego de plantas, construcción y más. De esta manera, este tipo de proyectos vienen siendo alternativas de adaptación al cambio climático que suscitan una gestión ambiental más sostenible (Escobar Rojas, Tovar Bonilla, and Romero Cuellar, 2016).

1.1 JUSTIFICACION

Este proyecto se presenta principalmente como una alternativa de ahorro y reducción del consumo de agua potable gracias a un diseño para el aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises, con lo que además de beneficiarse la comunidad en términos económicos, también ayuda a la conservación del recurso hídrico. Considerando que a través del tiempo el precio del agua aumenta y su oferta disminuye, con estos sistemas se minimiza el riesgo de sufrir desabastecimientos futuros.

Las aguas grises, por ejemplo, las que son generadas por lavadoras representan una de las mayores fuentes y potencial de ahorro de agua para las viviendas, ya que puede representar más del 50% de uso total del agua. Su reutilización puede conseguir el ahorro de entre un 30% y un 45% de agua potable (Nino Rodríguez & Martínez Medina, 2013, p. 28).

Se considera que una forma innovadora y económica para reducir el impacto ambiental de las aguas grises producidas por las lavadoras, es que a través del diseño del sistema propuesto haya un filtro de cal (CaO) y arena, que debido a sus propiedades ayuden a la neutralización del agua jabonosa (detergentes) teniendo en cuenta que los jabones y detergentes convencionales producen compuestos químicos que tardan años en desintegrarse al 100% siendo altamente contaminantes para el agua.(Coss, 2014).

Debido a que en el municipio de Soacha hay un desconocimiento de las técnicas de captación y aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises, el proyecto resultaría ideal para que estas aguas puedan ser utilizadas y permitan reducir el consumo de agua potable (Alcaldía Municipal de Soacha, n.d.), por ejemplo, en descarga de sanitarios, riego de jardines, lavado de patios y áreas comunes, entre otros, de esta manera se mejoraría el rendimiento del agua potable. Además de que los inmuebles con este tipo de sistemas de recolección tendrían un mayor valor comercial, como indica (Campisano et al., 2017), es decir que estos sistemas valorizan la finca raíz.

En una investigación sobre las ventajas del establecimiento de un sistema de captación de agua lluvia en Soacha, realizada por (Gutiérrez, 2019) se concluye entre otras cosas que el índice de precipitación de la zona se encuentra en un rango aceptable, ya que proporcionalmente entre mayor sea el promedio de lluvia mensual (mm) y el área de techo en m² se podrá obtener beneficios en ahorro del recurso hídrico y una percepción de la reducción de las facturas de agua.

Por lo tanto, este proyecto pretende mostrar una problemática que involucra a los habitantes del municipio de Soacha de los estratos socioeconómicos 2 y 3, teniendo un impacto significativo en el medio local ya que haciendo uso de este tipo de prácticas a las que tienden las sociedades modernas, se ayuda a crear conciencia

de la importancia del cuidado de los recursos naturales, y sobre todo el valor del agua potable.

De esta manera se genera un beneficio económico y ambiental que ayuda a dar una percepción de las fuentes de suministro de agua, tener conciencia de sus usos, anima a usar productos más saludables, y a comprometerse con el entorno. Reutilizando las aguas grises del hogar, se resguardan los recursos hídricos para otros seres vivos; reutilizando las aguas lluvias y grises combinadas como recurso de abastecimiento, se ayuda a reducir la dependencia del agua importada y se protegen las cuencas hidrográficas (Allen, 2015)

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Proponer un diseño de aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises, con el que se pueda conseguir un ahorro económico y una reducción del consumo del agua potable en edificaciones de vivienda urbana en el municipio de Soacha, Cundinamarca.

1.2.2 Objetivos específicos

- Hallar los volúmenes para el dimensionamiento del sistema a partir de un modelo de cálculos y sus posibles usos.
- Elaborar un análisis económico de esta propuesta, para evaluar la magnitud del ahorro y reducción en el pago del servicio público de acueducto.
- Promover a partir de los resultados financieros aspectos que incentiven el ahorro de agua potable y la inversión en diseños para el aprovechamiento de aguas grises y aguas lluvias como recurso hídrico.

1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

Teniendo en los estudios externos respecto a la calidad del agua lluvia en Soacha, se estableció respecto al alcance de los usos de este recurso, que el agua recolectada no es apta para el consumo humano, partiendo por ejemplo del estudio realizado por (Gutiérrez, 2019) en el que se demostró que el agua lluvia tiende a encontrarse en el margen de lluvia ligeramente acida, esto según la escala establecida por el (IDEAM, 2007).

Por lo tanto, se considera que las aguas lluvias y grises serán para cualquier uso doméstico, como en: Lavado de Fachadas, lavadoras, lavaderos, descarga de sanitarios, riego de plantas, limpieza en general, entre otros, pero no para ser ingerida.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES

Los criterios más importantes que se consideran para este tipo de proyectos están en función principalmente del factor técnico, económico y el social.

2.2 FACTOR TÉCNICO.

Los factores técnicos que hay que tener presente según (OMS, 2004) son la producción u oferta y la demanda de agua, estos sirven para examinar la funcionalidad del sistema.

- **Producción u “oferta”:** de agua: en el caso del sistema para el aprovechamiento de aguas lluvias está relacionada con la precipitación pluvial anual y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello es necesario contar con datos suministrados por la autoridad competente del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto. En síntesis, la precipitación de la zona y el área del techo en donde se hace el estudio, son los factores de mayor influencia en la cantidad de agua que puede aportar el sistema a una unidad residencial.

Por otro lado, para el sistema de aprovechamiento de aguas grises la producción u oferta dependerá según los usos finales que se le dé al agua consumida. De manera que es más sencillo determinar su producción.

- **Demanda de agua:** La demanda depende de las necesidades del interesado y los usos que quiere darle al agua.

Para la determinación de la demanda de agua lluvia, se debe tener en cuenta la Dotación Neta diaria, la cual multiplicada por los porcentajes presentados en la Tabla 1 se obtiene la cantidad de agua utilizada para cada uno de los usos en las viviendas.

Tabla 1 Porcentaje de participación de los usos del agua en el consumo total en las viviendas

Uso	Porcentaje
Lavado de Ropa	27.1%
Sanitario	19.9%
Ducha	20.9%
Lavado de Platos	15.5%
Aseo de Vivienda	4.9%
Consumo Propio	3.9%
Lavado de Manos	3.7%
Lavado de Auto	1.5%
Riego de Jardines	1.9%
Riego de Plantas	0.6%

Fuente: Elaboración propia con base en un estudio del Departamento Nacional de Planeación (Santana et al., 2015)

2.2.1 Dimensionamiento del sistema.

Para hallar los factores técnicos hay que desarrollar el dimensionamiento del sistema, el cual consta de dos pasos según (Ballén, Ángel, García, Orlando, & Mosquera, 2006), el primero es encontrar un volumen óptimo de almacenamiento que sea capaz de abastecer las diferentes necesidades a las cuales se han destinado las aguas lluvias y grises. El segundo paso es determinar el tipo de instalación hidráulica que se va a utilizar y los componentes necesarios para dar a las aguas recolectadas unas características de suministro y calidad, adecuados al uso que se le dará dentro de la unidad residencial.

A continuación, se describirán los pasos para desarrollar el dimensionamiento del sistema

2.2.2 Información pluviométrica

Como variable principal para la modelación de cualquier sistema de aprovechamiento de agua lluvia es necesario contar con datos históricos de precipitación de varios años para diseñar un modelo confiable y adecuado a la disponibilidad de aguas lluvias del sector donde se propone instalar el sistema. La precipitación promedio mensual de cada mes del total de los años evaluados se calcula con la siguiente fórmula propuesta por (OMS, 2004)

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

Donde:

n: número de años evaluados

pi: valor de precipitación mensual del mes "i", (mm)

Ppi: precipitación promedio mensual del mes "i" de todos los años evaluados. (mm/mes)

2.2.3 Modelo de cálculos para el sistema de aguas lluvias.

Para evaluar el factor técnico y ambiental se hace uso del modelo con las fórmulas que suministra el (OMS, 2004), por lo que fue necesario definir el tipo de sistema de aprovechamiento usado en la vivienda; la información necesaria para definir esto es la siguiente:

- Dotación de agua por habitante
- El número de habitantes que se benefician del sistema
- La demanda de agua de la vivienda.
- La demanda potencial de agua lluvia.
- Tipo de superficie de captación de agua lluvia
- La capacidad de almacenamiento del tanque.
- Número de días del mes analizado
- Coeficiente de escorrentía (Ce) Ver Tabla 1 (OMS, 2004)

2.2.3.1 Dotación: La dotación diaria se calcula según la fórmula 2 que nos suministra el CEPIS, la oferta de agua acumulada (Aai) menos 1.0 m³ de reserva por 1000 litros dividido por el número de días analizados en el año (Nd) por el número de habitantes en la unidad residencial (Nu)

$$\text{Dot} = \frac{(A_{ai} - 1.0 \text{ m}^3) * \left(\frac{1000 \text{ Lt}}{\text{m}^3}\right)}{N_d * N_u} \quad (2)$$

Donde:

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd: número de días en el año analizados

Dot: dotación (L/persona*día)

Aai: Oferta de agua acumulada.

2.2.3.2 Demanda mensual (m3): A partir de la dotación asumida por persona, se calcula la cantidad de agua requerida para atender las necesidades de los habitantes a ser beneficiadas en cada uno de los meses.

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000} \quad (3)$$

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (L/persona * día)

Di: demanda mensual (m3)

La ecuación 4 es efectiva cuando se pretende estimar la demanda de agua total para una vivienda, pero para determinar la demanda requerida únicamente para las labores del uso de sanitarios, lavado de ropa, aseo de vivienda, lavado de autos, riego de jardines y plantas; se deber afectar la ecuación anterior por el 56%, porcentaje estimado por el Departamento Nacional de Planeación (Santana et al., 2015) y que corresponde al porcentaje consumido de cada una de las labores anteriormente mencionadas. Así que la demanda mensual de agua para dichas labores se determina del modo siguiente:

$$Di = \frac{Nu * Nd * Dot * 56\%}{1000} \quad (4)$$

Donde:

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (L/persona * día)

Di: demanda mensual (m3)

56%: porcentaje de consumo total de agua lluvia

2.2.3.3 Oferta de agua (Ai) en el mes “i” (m3): Según los promedios mensuales de las precipitaciones de todos los meses evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.

$$A_i = \frac{Pp_i \times Ce \times Ac}{1000} \quad (5)$$

Donde:

Ppi: precipitación promedio mensual (litros/m2)

Ce: coeficiente de escorrentía

Ac: área de captación (m2)

Ai: Oferta de agua en el mes "i" (m3)

Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua. A continuación, se procede a calcular la diferencia de los valores acumulados de oferta y demanda de cada uno de los meses.

El acumulado de la oferta y la demanda en el mes "i" podrá determinarse respectivamente por:

$$Aa_i = Aa_{(i-1)} + \frac{Pp_i \times Ce \times Ac}{1000} \quad (6)$$

$$Da_i = Da_{(i-1)} + (Nu \times Nd_i \times Dd_i) / 1000 \quad (7)$$

Aai: oferta acumulada al mes "i".

Dai: demanda acumulada al mes "i".

$$V_i (m^3) = A_i (m^3) - D_i (m^3) \quad (8)$$

Donde:

Vi: volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes "i".

Ai: volumen de agua que se captó en el mes "i".

Di: volumen de agua demandada por los usuarios para el mes "i".

2.2.4 Modelo de cálculos para el sistema de aguas grises

2.2.4.1 Oferta de aguas grises. Para evaluar el factor técnico y los aspectos ambientales significativos del sistema de aprovechamiento de aguas grises (Nino Rodríguez & Martínez Medina, 2013) proponen la ecuación 1. Por lo que para poder definir el tipo de sistema es necesaria la siguiente información:

- ✓ La demanda potencial de aguas grises.
- ✓ La frecuencia de uso de los puntos que generan aguas grises

$$\text{Consumo Consolidado} = \frac{C1 * D1 + C2 * D2}{7} \quad (9)$$

Dónde:

Consumo Consolidado = Consumo promedio diario en una semana

C1 = Consumo obtenido en el día 1.

D1 = Número de días 1 (Normal) en la semana.

C2 = Consumo obtenido en el día 2.

D2 = Número de días 2 (Con lavado) en la semana.

2.2.5 Componentes básicos de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias

En general los sistemas de aprovechamiento pluviales o de agua lluvia manejan el mismo proceso, el cual difiere acorde con los usos que se le dan al agua recolectada y los materiales con los cuales es construido. Varios autores como (OMS, 2004), (Adler & Bojalil, 2008) y (García, 2012) proponen que un sistema básico está compuesto por los siguientes componentes:

2.2.5.1 Captación. La captación está conformada por el techo de la edificación, el mismo que deberá contar con pendiente y superficie adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, cemento, fibra de vidrio, madera, entre otros. Los coeficientes de escorrentía según el material se muestran en la Tabla 2.

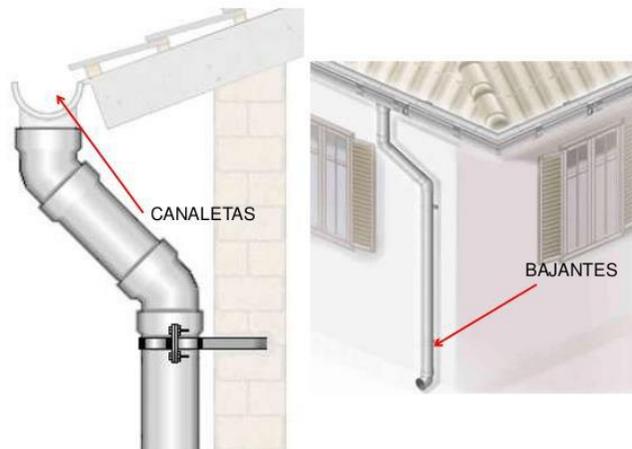
Tabla 2 Coeficientes de escorrentía

Material de tejado	Coeficiente	
	Máximo	Mínimo
Calamina metálica	0,9	-
Tejas de arcilla	0,9	0,8
Madera	0,9	0,8
Paja	0,7	0,6

Fuente: Elaboración propia a partir de la guía de diseño para captación del agua de lluvia (OMS, 2004).

2.2.5.2 Conducción del agua de lluvia (canales y bajantes). Después de que el agua lluvia haya sido captada por el techo, las canaletas y los bajantes se encargan de interceptarla y conducirla hasta el tanque de almacenamiento (véase figura 2).

Figura 1 Canaletas y bajantes



Fuente: (García, 2012)

2.2.5.3 Almacenamiento. El objetivo del almacenamiento es conservar y acumular la cantidad necesaria de aguas lluvias, para que posteriormente pueda abastecer y ser utilizada según los usos designados.

Para este tipo de almacenamiento existen diferentes clases de tanques, por ejemplo:

- Cemento o ferrocemento
- Metálicos
- Plásticos polietileno

La unidad de almacenamiento debe ser duradera y debe cumplir según la (OMS, 2004) con las especificaciones siguientes:

- Ser impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración.
- Contar con tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar
- Disponer de una escotilla con tapa lo suficientemente grande para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias.
- Estar Dotada de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje

2.2.5.4 Red de distribución de agua lluvia. Es una red paralela a la red de suministro de agua potable, pero solo llega a los puntos hidráulicos donde se utilizará el agua lluvia, por ejemplo, sanitarios, lavaderos y lavadoras, así que dado el caso debe protegerse la red de suministro con una válvula para impedir que el agua lluvia se combine con el agua potable.

2.2.5.5 Tratamiento. El tratamiento puede efectuarse por medio de filtros y/o desinfección con cloro

Desinfección con cloro. Es ideal el uso de NaClO u otra presentación comercial de cloro, porque el uso de cloro es muy eficiente al momento de matar gran cantidad de patógenos y evitar los malos olores. En caso de que el agua captada se destine para uso de riego de plantas o limpieza en general es recomendable que se agregue cloro una vez al mes, esto según (Macomber, 2010) depende también de la frecuencia y circulación del agua lluvia.

Prefiltros. Se entienden por prefiltros aquellos sistemas que se colocan antes de recolectar el agua en los tanques de almacenamiento, en el trayecto de la conducción o justo al final de este. Consisten en coladeras o rejillas para retener grandes sólidos como rocas, basura y hojas, o bien de registros sedimentadores (también llamados desarenadores).

Filtros. Sistema que se usa después de recolectar el agua en tanque de almacenamiento y antes de llegar a su punto de distribución o uso finales.

2.3 FACTOR ECONÓMICO

En el caso del sistema de aguas lluvias existe una relación directa entre la inversión requerida para poner en marcha el sistema y el área de captación, y el volumen de almacenamiento, resultando muchas veces una restricción para la mayor parte de los interesados. Dicho de otro modo, sistema tiene beneficios según el área de captación, el consumo de agua y el volumen de almacenamiento, por lo que estas tres variables resultan siendo los parámetros limitantes del sistema.

Se realiza entonces un análisis financiero para evaluar si el proyecto en general es rentable o no, donde el periodo de evaluación será igual a la vida útil estimada del sistema. Para esto según (Ballén et al., 2006) se realiza un flujo de fondos del proyecto, que considere los siguientes aspectos:

2.3.1 Ingresos

Para los usuarios que cuentan con el servicio de agua municipal, los ingresos que trae la ejecución del sistema es la reducción en el pago de las facturas de acueducto y alcantarillado. Este ahorro se puede estimar, utilizando la ecuación 10 propuesta por (Ghisi & Mengotti de Oliveira, 2007).

$$B = C \times P, \quad (10)$$

donde B es el ahorro monetario mediante el uso de aguas de lluvias y grises (COP \$ / año), C es el costo estimado de agua potable antes de cualquier estrategia de ahorro de agua y P es el porcentaje de agua potable que podría reemplazarse por las aguas lluvias y grises.

2.3.2 Inversión

A partir de la realización de un presupuesto se determina el costo total de la implementación del sistema de aprovechamiento de las aguas recolectadas, el cual dependiendo de las dimensiones y demás factores técnicos se puede clasificar en las siguientes partes:

- Tanque de Almacenamiento
- Red de suministro
- Equipo de bombeo
- Mano de obra

Costos fijos. Durante la vida útil del sistema se debe realizar un mantenimiento periódico de los equipos, del tanque de almacenamiento y los elementos para la conducción del agua. Por ello es necesario incluir como Costos Fijos un valor anual estimado para la realización de estas actividades.

2.3.3 Indicadores Financieros

Para la evaluación de la rentabilidad del proyecto se puede aplicar al flujo de fondos, los siguientes indicadores financieros, con su correspondiente parámetro de evaluación:

- **Valor Presente Neto.** (el valor debe ser positivo) El valor presente neto es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de

flujos de caja futuros, originados por una inversión y se determina por la siguiente ecuación:

$$VPN = -S_o + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} \quad (11)$$

Donde:

VPN = Valor presente neto del proyecto

So= inversión inicial

St= Flujo de efectivo en el periodo t

i= Tasa de interés mínima o costo de oportunidad

t= Periodo

n= número de periodos de vida del proyecto

•**Tasa Interna Retorno.** (el valor debe ser positivo) La tasa interna de retorno (TIR) de una inversión es la media geométrica de los rendimientos futuros esperados de una inversión, y que implica el supuesto de una oportunidad para "reinvertir". Se determina por la siguiente ecuación:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0 \quad (12)$$

Donde:

Fn: Flujo de efectivo anual

n= Vida útil del proyecto

•**Periodo de Retorno de la Inversión.** Debe existir este periodo de retorno siendo menor que el periodo de evaluación del proyecto. Se determina por la siguiente ecuación.

Evaluación. En caso de que los indicadores financieros cumplan con los parámetros especificados, se concluye entonces que el proyecto es rentable.

2.4 FACTOR SOCIAL.

Para el análisis de este factor se mide la eficacia del sistema en cuanto al grado de participación de la comunidad en relación con el proyecto y sus hábitos de consumo.

2.4.1 MARCO LEGAL

2.4.1.1. Ley 373 de 1997. Conocida como la norma de reusó, estableció la reutilización obligatoria de las aguas lluvias utilizadas en actividades que generen afluentes líquidos, previo a un análisis técnico, socioeconómico y de las normas de calidad ambiental. Dando alcance a esta Ley, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece las prácticas relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas que permitirán incidir a nivel nacional, regional y local en:

- El uso eficiente del agua
- La reducción de la contaminación.
- La reducción de la demanda de agua en las zonas con oferta limitada
- La transformación de conflictos por el agua.

El sentido social de esta Ley consiste en que las entidades municipales y regionales encargadas del manejo del recurso hídrico deben elaborar un conjunto de proyectos y acciones que se deben adoptar para optimizar el uso del agua, denominados Programas para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua, con el fin de reducir la presión sobre el recurso hídrico en la utilización para el abastecimiento de la comunidad,

3 METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS

A continuación, se describe la metodología relacionada con:

- Información pluviométrica de la zona de estudio (alcance del sistema)
- Caracterización de los tipos de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias y grises.
- Localización y caracterización de la unidad residencial en estudio
- Muestreo y medición de volúmenes de aguas grises y aguas lluvias.
- Dimensión del sistema (caso de referencia)
- Identificación y diseño del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias y grises utilizado
- Análisis económico de ingresos, inversión e indicadores financieros (VPN, TIR, DPV)

Para el desarrollo del proyecto, el punto de partida fue una revisión histórica y general de los diseños de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias y grises; por lo tanto, se examinarán fuentes de información primaria y secundaria, de las cuales se conseguirá una base de los sistemas de aprovechamiento registrados y conocidos; lo anterior en relación con la metodología planteada.

Luego se hará una revisión de los promedios de precipitación del municipio proporcionada por el IDEAM, en este punto la investigación tendrá un enfoque cuantitativo, ya que se realizará además la dimensión del sistema con la medición de volúmenes de producción de aguas lluvias y grises del lugar de estudio, el costo de inversión del diseño propuesto y los análisis de indicadores financieros. Paralelamente la investigación tendrá un enfoque cualitativo en el cual se hará la inspección y recolección de los datos de la unidad residencial a través de observaciones, entrevistas, aplicación de formularios y el estudio de documentos para el análisis correspondiente. Finalmente, la evaluación de los resultados se realiza comparando los volúmenes de agua potable que se demandan en la unidad residencial mes a mes, con los volúmenes captados de aguas lluvias y grises, y realizando un análisis económico-financiero.

3.1 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE LA ZONA

A partir de un estudio sobre la calidad del agua lluvia realizado por (Gutiérrez, 2019) en Soacha, se obtuvo que mediante pruebas con tiras reactivas efectuadas sobre muestras tomadas con pluviómetros, estos arrojaron valores de pH que indican que el agua lluvia en la zona de estudio es ligeramente ácida. Siendo esta factible como concluye, para labores de riego, uso en sanitarios, lavado de pisos, y en general labores de limpieza y aseo. Labores que de ser aprovechadas por las unidades residenciales del sector resultaría siendo algo favorable como se pretende demostrar en las siguientes páginas.

La información pluviométrica del municipio se adquirió a partir de los promedios de precipitación que proporciono al IDEAM la estación San Jorge Gja desde 1960 hasta 2017, para este proyecto se seleccionaron los promedios correspondientes a la suma de los promedios mensuales de precipitación media de 20 años, como se muestra en la tabla 3, desde 1988-2017, considerado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y tal como se indica en la guía sobre el índice normalizado de precipitación (Svoboda, Hayes, & Wood, 2012) al número de años convenientes para establecer una media climatológica.

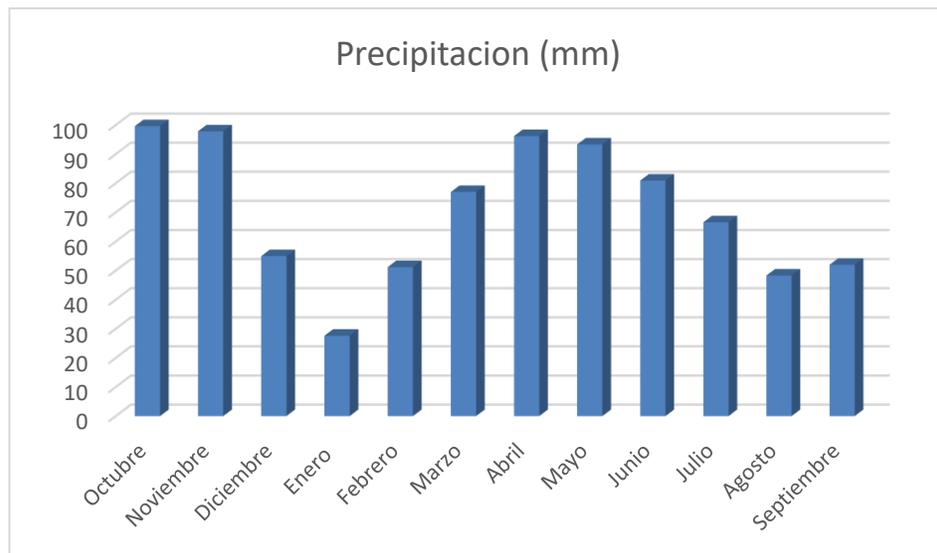
Tabla 3 Promedios climatológicos IDEAM 1988-2017

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1998	0	6,4	47	33,3	164,8	53,3	84,8	25,9	37,9	86,1	44,2	75,6
1999	43	75,2	41	83,2	80,5	45,4	27	69,7	99,8	135,4	88,9	50,5
2000	56,2	106,1	88,2	50,1	87,9	74,3	67,8	66,9	73,4	79,2	46,4	42,5
2001	3	45,8	101,7	18,2	75,4	64,2	38,5	20,3	71,4	21,2	74,5	53,6
2002	15	10	62,9	119,7	125,2	125	60,4	54,5	58,7	79,6	48,4	32,7
2003	10,5	34	57,5	124,6	19,6	60,7	65,5	30	32,7	117,5	139,8	26,9
2004	3	47,3	53	153,9	91,6	137,3	60,9	48,7	73,7	163,9	122,6	30,7
2005	12,9	56,3	98,7	87,9	186,1	71,4	50,1	47,5	63,2	148,6	50,5	57,6
2006	37,2	6,5	144,4	133,5	82	117,9	52	26,1	27,6	123,4	74,5	16,5
2007	11	12,3	64,1	117,4	45,4	110,9	58,1	82,9	20,4	168,2	64,9	112,7
2008	13,5	92	83,3	82,2	193,6	152	72,3	43,8	49,4	133,2	85,3	104,5
2009	40,9	57,3	88,1	122,7	18,6	45,1	82,5	45,2	26,8	125,2	116,5	99,1
2010	33,9	71,3	67,1	120,4	104,4	83,2	70,9	20,9	124,4	84	169,7	72,9
2011	50,4	64,6	117	163,2	111,9	88,8	57,5	38	59,6	166,1	210,1	106,2
2012	30,7	33,8	85,4	161,7	93,6	46,7	71,1	38,1	60,3	94,4	162,5	76,1
2013	38,05	44,9	53,8	63,5	75,2	35,6	64,1	59,9	27,7	33,2	107,7	49,3
2014	45,4	36,4	50,8	51,9	64,8	81,6	58	33,7	29,6	67,5	109,3	25,4
2015	36,55	69,7	58,1	75,6	77,1	68,3	82,4	11,5	14,2	42,7	26,6	1,5
2016	27,7	103	69,7	99,3	61,6	87,8	125	140,5	55,4	64,1	126,3	42,7
2017	42,9	50,2	108,1	61,4	106,6	68,3	82,4	61,9	33,1	58,1	87,4	22,1

Fuente: Elaboración propia tomando datos de (IDEAM (Estudios de Hidrológica Meteorológica y Estudios Ambientales), 2013)

Adicionalmente se realizó una gráfica con la media mostrando el comportamiento de la precipitación por meses durante los años analizados desde el 1998 hasta el 2017 y así verificar las temporadas de lluvia y las secas (Ver gráfica 1)

Figura 2 Precipitación promedio mensual durante 20 años



Fuente: Elaboración propia

Según la figura 2 durante 20 años en promedio el mes más lluvioso del año es octubre con valores superiores a 99 mm, igualmente, se evidencia que las fechas donde más se acentúan las lluvias en el año son los meses abril, mayo, octubre y noviembre. Por otro lado, el mes más seco del año es enero con menos de 30 mm.

De acuerdo con la ecuación 6 mencionada en el marco teórico y los promedios de precipitación que nos ofrece el IDEAM para el municipio se propone una matriz del potencial de ahorro en m³ frente al área de captación de agua lluvia en m²

Tabla 4 potencial de ahorro en m3 VS área de captación en m2.

MES	Precipitación de lluvia mensual	AREA DE TECHO EN METROS CUADRADOS				
		98	120	180	250	500
Enero	27,59	2,433438	2,97972	4,46958	6,20775	12,4155
Febrero	51,155	4,511871	5,52474	8,28711	11,509875	23,01975
Marzo	76,995	6,790959	8,31546	12,47319	17,323875	34,64775
Abril	96,185	8,483517	10,38798	15,58197	21,641625	43,28325
Mayo	93,295	8,228619	10,07586	15,11379	20,991375	41,98275
Junio	80,89	7,134498	8,73612	13,10418	18,20025	36,4005
Julio	66,565	5,871033	7,18902	10,78353	14,977125	29,95425
Agosto	48,3	4,26006	5,2164	7,8246	10,8675	21,735
Septiembre	51,965	4,583313	5,61222	8,41833	11,692125	23,38425
Octubre	99,58	8,782956	10,75464	16,13196	22,4055	44,811
Noviembre	97,805	8,626401	10,56294	15,84441	22,006125	44,01225
Diciembre	54,955	4,847031	5,93514	8,90271	12,364875	24,72975
Σ	845,28	74,55	91,29	136,94	190,19	380,38

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4 nos indica que para una unidad residencial de 98 m2 el potencial de ahorro en la zona de estudio es de 74,55 m3 anuales, y para una estructura de mayor envergadura como el bloque de un conjunto residencial o un hotel de 500 m2, el ahorro potencial de agua potable puede llegar a ser hasta de 380,38 m3 anuales

3.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES

Los sistemas de aprovechamiento tienen en común el proceso por el que operan, proceso que difiere de acuerdo con la aplicación que se le dé al agua captada, y los materiales con los cuales es elaborado, en la tabla 5 se recopilan los distintos componentes básicos, mencionados ya en el marco teórico, para un sistema de aprovechamiento del agua lluvia.

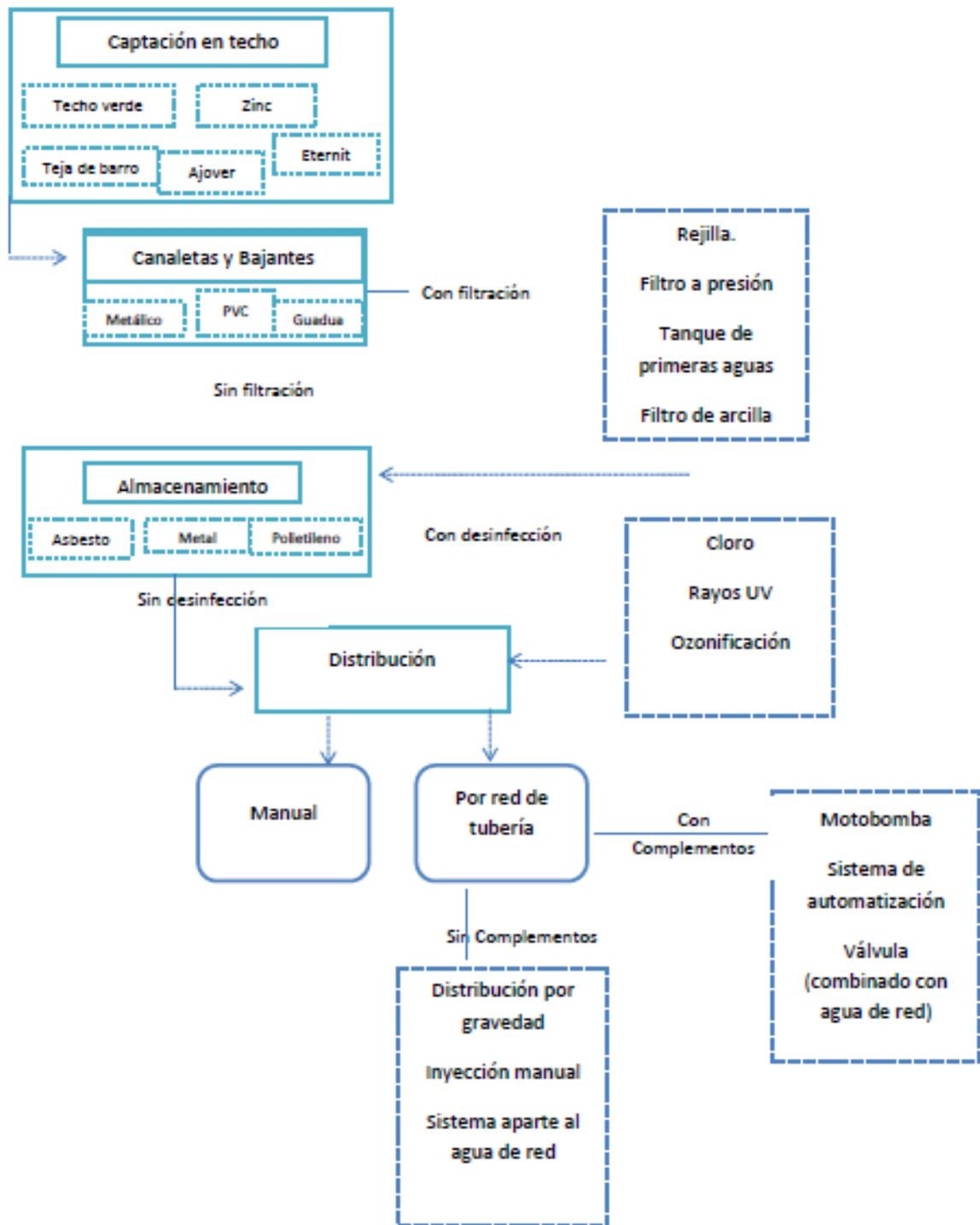
En la figura 3 se muestra en detalle una panorámica general de las fases y tipos de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias ideales para vivienda de acuerdo con los materiales usados y a los usos finales del agua lluvia. De igual manera se ilustran en la figura 4 los tipos de sistemas de aprovechamiento de aguas grises.

Tabla 5 Componentes para sistemas de aprovechamiento de aguas

Unidades del sistema	Categoría	Características	Función.
Captación	Techos verdes	Terreno irregular con vegetación.	Interceptar el agua lluvia y guiarla a las canaletas.
	Teja de barro	Superficie porosa y discontinua.	
	Teja de eternit	Superficie porosa y continua	
	Tejado de zinc	Superficie continua y lisa	
Canaletas y tuberías.	Tejado de plástico(Ajover)	Superficie continua y lisa	Colectar el agua lluvia y llevarla al tanque de almacenamiento
	Plásticos (pvc)	Accesibles, fáciles de instalar y duraderos.	
	Metálicos	Accesibles, de fácil instalación y duraderos	
Filtración	Madera.(guadua)	Usado generalmente en áreas rurales, muy económico, y fácil de instalar, poco duradero y con gran aporte de materia orgánica	Separar los sólidos suspendidos del agua lluvia
	Rejilla metálica	Intercepta solidos de gran tamaño	
	Filtro a presión	retención y liberación de solidos de cualquier tamaño	
	Colector de primeras aguas	Separación de solidos por gravedad	
Tanque de almacenamiento (cisterna)	Filtro de arcilla	Retención de solidos pequeños	Almacenar el agua lluvia
	Plásticos (pvc)	Comercialmente disponible y fácil de transportar	
	Metálico	Comercialmente disponible, fácil de instalar y transportar	
Desinfección	Concreto	Permanente e inamovible	Eliminar microorganismos del agua
	Cloración	Accesible y fácil de aplicar	
	Rayos uv	Alternativa tecnológica, sin riesgo para la salud	
Distribución	Ozonificación	Comercialmente disponible, sin riesgo para la salud	Llevar el agua con o son tratamiento desde la cisterna hasta el sitio donde será usada
	Manual	Se toma directamente desde la cisterna y se transporta manualmente	
Complementos	En red	Se distribuye por tuberías hasta el/ los lugares donde sea usada	Facilitar el funcionamiento del sistema de aprovechamiento
	Válvulas (Check)	Cambio del agua de red al agua lluvia	
	Motobomba	Aumento en la presión del agua	
	Automatización	Control del sistema de manera automática	

Fuente: (BAENA, 2016)

Figura 3 Diagrama de flujo de un sistema para el aprovechamiento de aguas lluvias



Fuente: tomado de (BAENA, 2016)

En cuanto al aprovechamiento de aguas grises en la tabla 6 se recopilan los distintos componentes básicos que generalmente lo componen.

Tabla 6 Componentes de un sistema de reutilización de aguas grises

Unidades del sistema	Descripción
Captación	La captación del agua gris se hace justo al terminar la actividad en la cual haya sido utilizada, en nuestro caso puede ser lavado de manos, o lavado de ropa.
Transporte	Método para llevar el agua gris hasta el almacenamiento, puede ser manual o por red de distribución
Almacenamiento	Tanque en el que se dispone el agua para su uso directo a para tratamiento, si el agua se guarda por periodos prolongados de tiempo requiere de los siguientes procesos
Tratamiento	Se mejora la calidad del agua por medio de trampas de grasas, filtros, o por procesos físicos como decantación.
Uso final	Se lleva el agua gris hasta el tanque del sanitario, si se realizó almacenamiento externo y tratamiento, este proceso requiere de distribución por motobomba.

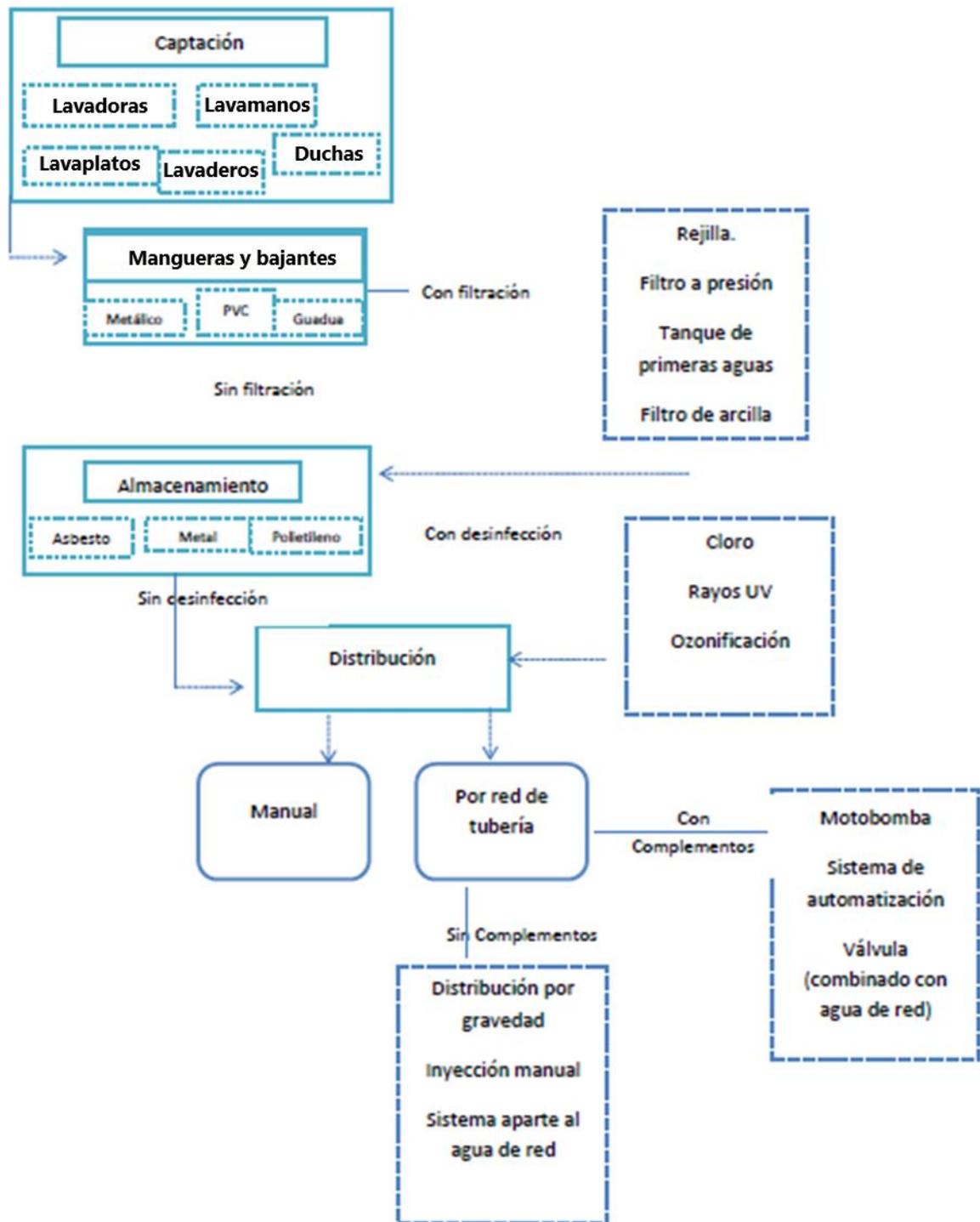
Fuente: tomado de (BAENA, 2016)

De manera que los sistemas de aprovechamiento de aguas grises son mucho más simples que los de agua lluvia.

De acuerdo con la guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios; las aguas grises deben ser utilizadas en Cisternas de inodoros y en el riego de jardines; otros autores como (Ghisi & Mengotti de Oliveira, 2007) llegan a la misma conclusión, estos últimos demostraron que usando el agua gris proveniente de las lavadoras y de los baños (ducha y lavamanos), se puede reducir en la vivienda el consumo de agua utilizada para el sanitario, que de acuerdo a (Ballén et al., 2006), para las viviendas urbanas de Colombia es aproximadamente el 19% del total del consumo.

Conforme a estos antecedentes se decidió que la caracterización de sistemas de aguas residuales en este trabajo, se limitan exclusivamente a usos no potables.

Figura 4 Diagrama de flujo de un sistema para el aprovechamiento de aguas grises



Fuente: Elaboración propia modificado de (BAENA, 2016)

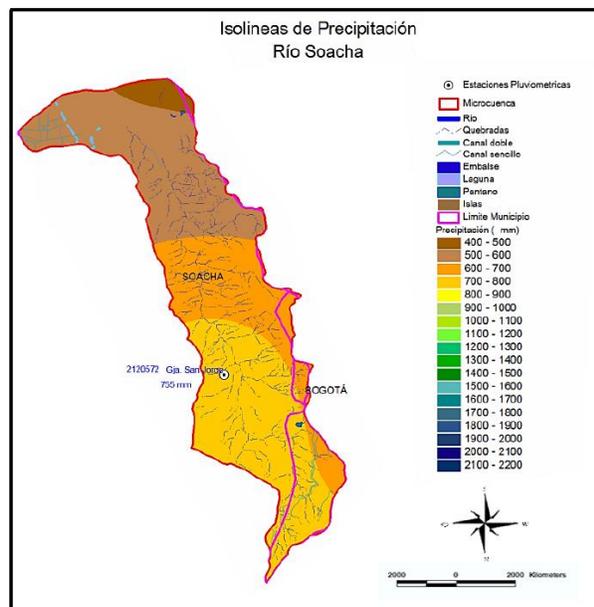
3.3 LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA UNIDAD RESIDENCIAL EN ESTUDIO

Se ha tomado un caso existente del sector, una unidad residencial tipo apartamento que cuenta con un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises, una infraestructura y espacio disponible que servirá como referencia para estimar el ahorro que conlleva la inversión y la implementación en este tipo de sistemas.

Con el fin de determinar el comportamiento de las aguas lluvias y grises domésticas en la unidad residencial del caso en estudio, se realizó una inspección detallada, determinando sus características mediante el formato Información de Viviendas en Estudio (ANEXO A), en el cual se registró el número de habitantes, el área del inmueble (total y construida), frecuencia de uso de las lavadoras, entre otros. Localizando los efluentes o posibles puntos de recolección de aguas grises domésticas, para posteriormente determinar las fuentes a evaluar.

El estudio se llevó a cabo en una unidad residencial multifamiliar tipo apartamento, de estrato 2 ubicada en el barrio despensa, de la comuna número 3, del municipio de Soacha y cercana a la estación San Jorge Gja. Se tomo este punto debido a la cantidad de unidades residenciales del sector, por lo que es ideal para aplicar este tipo de proyectos, como un sistema a gran escala y porque puede proyectarse en los bloques aledaños o conjuntos residenciales de características similares.

Figura 5 Zona de estudio



Fuente: (Planeación Ecológica Ltda & Ecoforest Ltda, 2008)

Para el estudio se tomará una muestra y encuestas de 10 de las familias que viven actualmente en la unidad residencial que además cuenta con los servicios de agua potable y alcantarillado, los cuales son prestados por La Empresa Pública de Bogotá y son pagados por el Municipio de Soacha.

La infraestructura de la unidad residencial está compuesta por seis pisos, y los siguientes elementos que se tomaron en cuenta para el estudio:

- 10 apartamentos
- 1 terraza (donde están los tanques de almacenamiento)
- 10 sanitarios
- 2 lavaderos
- 10 lavadoras

Figura 6 Unidad residencial del estudio.



Fuente: Elaboración propia tomada de la zona de estudio

3.4 MÉTODO PARA LA MEDICIÓN Y MUESTREO DE VOLÚMENES DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES EN LA VIVIENDA

Para el estudio de las aguas lluvias y grises el trabajo consistió en recolectar el agua usada, tomando varias muestras de los accesorios usados en 1 día típico entre

semana y otro 1 día en fin de semana de la misma semana durante 8 horas del día; para cada día se midió el volumen de las aguas recolectadas y se registró en el Anexo B

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la inspección previa del lugar de estudio se concluyó dos cosas: primero que las principales fuentes de aguas grises son: las lavadoras y los lavamanos; segundo, las principales actividades de consumo de aguas lluvias son la limpieza de enseres y el aseo en general. Teniendo lo anterior claro se procedió a realizar la medición y muestreo de los volúmenes de agua consumidos en la unidad residencial, esto según la metodología el miércoles 19 septiembre y domingo 23. Para esto en cada uno de los puntos de vertimiento se adecuaron recipientes con capacidad de 20 litros para la captación de las muestras. Es decir, se procedió a la recolección del total de las aguas lluvias y grises consumidas en la unidad residencial. Estas muestras se realizaron en una jornada de 5 a 1 de la tarde, horario en el cual generalmente se llevan a cabo estas actividades. A continuación, se detallan los procedimientos utilizados para las muestras tomadas.

3.4.1 Medición de volúmenes de aguas en la vivienda

Para establecer los volúmenes producidos y consumidos en los distintos puntos de uso (Tabla 7) se siguieron los siguientes pasos:

3.4.1.1 Medición de las aguas grises. Se realizó colocando recipientes debidamente calibrados en los puntos de generación de aguas grises (lavadoras y lavamanos). Una vez los recipientes se iban llenando, se procedía a registrar estos volúmenes en el formato de Medición de Volúmenes de Agua (Anexo B)

3.4.1.2 Medición de aguas de sanitarios. Para establecer los consumos del sanitario (con el fin de poder hacer cálculos de consumos totales) se registró en el mismo formato la cantidad de descargas durante cada una de las jornadas. El volumen de descarga de los sanitarios se conoció retirando el tapón que hay en la base de éstos y descargando el volumen de éstos en un recipiente calibrado.

3.4.1.3 Medición aguas de no retorno. Para el agua de no retorno (riego de plantas, lavado de vehículos y aseo en general) se midió previamente el volumen a utilizar.

Mediante los datos anteriores fue posible proceder al cálculo de los consumos de aguas lluvias y grises y su distribución porcentual tal y como se presenta en el capítulo de resultados.

Tabla 7 Puntos de consumo de agua en unidad residencial

#	Punto
1	Lavadoras
2	Lavamanos
3	Sanitario
4	Riego de plantas
5	Limpieza de enseres
6	Lavaderos

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Muestreo de los volúmenes de agua consumidos en la unidad residencial

Tal y como se indicó anteriormente, durante el día, se hizo la recolección del total de las aguas grises producidas por las lavadoras y lavamanos, el consumo de agua gris de los sanitarios, el volumen de aguas lluvias requerido para la limpieza de enseres, aseo en general y riego de plantas, todo lo anterior en los puntos previamente identificados en la inspección de las viviendas (tal y como se registra en Anexo B).

De esta forma, al final de cada jornada, se contaba con el registro total de las aguas producidas y consumidas, para proceder a cuantificar el volumen total obtenido.

A continuación, se explica detalladamente la medición de volúmenes, recolección y toma de muestras en la unidad residencial, se presenta en la Tabla 8 la metodología empleada para llevar a cabo estas actividades, describiendo las actividades desarrolladas y los materiales empleados en éstas.

- Metodología de adecuación de puntos y toma de muestras.

Tabla 8 Metodología de adecuación de puntos y toma de muestras

Puntos de muestreo			
Punto	Uso	Foto	Metodología de muestreo
1	Lavadoras		<p>Para este punto, se utilizaron recipientes plásticos (Canecas) volumen de 20 Lt, que se colocaron de tal forma que el agua de las dos o tres descargas de lavado descargarán en el recipiente.</p>
2	Lavamanos		<p>Se adecuaron recipientes plásticos con volumen de 20 Lt. se procedió de la siguiente forma: se retiró el tapón del sifón y se ubicó el recipiente justo abajo del desagüe para así poder captar el agua directamente.</p>

3	Sanitarios		<p>Para los sanitarios se adecuaron recipientes plásticos volumen de 20 Lt. El volumen de descarga de los sanitarios se conoció retirando el tapón que hay en la base de éstos y descargando el volumen de éstos en un recipiente calibrado</p>
4	Lavaderos		<p>Para la captación de agua se utilizaron recipientes plásticos volumen de 20 Lt, que se colocaron de tal forma que las actividades se realizaran normalmente hasta que se llenara.</p>
5	Limpieza general (enseres y pisos)		<p>Para este punto, se utilizaron recipientes plásticos volumen de 10 Lt, que se utilizaron para almacenar el agua de enjuague de elementos. En el caso de limpieza de pisos o aseo en general se midió el volumen previamente a utilizar en dichos recipientes y cada vez que hubiese la necesidad de cambiar el agua por una más limpia, se registraba el volumen utilizado en el formato y se media el siguiente.</p>

6	Riego de plantas		<p>Se utilizaron recipientes plásticos volumen de 20 Lt, que se utilizaron para almacenar el agua de enjuague de elementos. El procedimiento de medición es igual que para el punto número 4.</p>
---	------------------	---	---

Fuente: Elaboración propia

4 ANALISIS DE LA INFORMACION Y RESULTADOS

4.1 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Los parámetros básicos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la dimensión del sistema fueron los siguientes, según la metodología mencionada en el marco teórico:

- Número de personas (Nu)= 35 personas.
- Tipo de material del área de captación: Tejas de calamina metálica
- Coeficiente de esorrentía (Ce)= 0.9 (CEPIS [6])
- Dotación por persona (Dot)= 3,2 L/hab/día
- Área de captación (Ac)= 98 m²

4.1.1 Cálculos para determinar la dimensión del sistema de aguas lluvias.

En la tabla 9 se realizaron los cálculos de las ecuaciones (1 a 8) relacionadas en el marco teórico a fin de establecer el volumen para el tanque de almacenamiento del sistema de captación de aguas lluvias disponible, de manera que se toman los meses de enero y febrero como menos lluviosos, octubre y mayo como los más lluviosos.

Tabla 9 Resultados del sistema de aguas lluvias

MES	Dias	Precipitacion (mm)	Abastecimiento m3/mes		Demanda m3/mes		Volumen tanque (Vi)
			Pacial (Ai)	Acumulado (Aai)	Pacial (Di)	Acumulado (Dai)	
Octubre	31	99,58	8,78	8,78	3,50	3,50	5,28
Noviembre	30	97,805	8,63	17,41	3,39	6,88	10,53
Diciembre	31	54,955	4,85	22,26	3,50	10,38	11,87
Enero	31	27,59	2,43	24,69	3,50	13,88	10,81
Febrero	28	51,155	4,51	29,20	3,16	17,04	12,16
Marzo	31	76,995	6,79	35,99	3,50	20,54	15,45
Abril	30	96,185	8,48	44,48	3,39	23,92	20,55
Mayo	31	93,295	8,23	52,70	3,50	27,42	25,28
Junio	30	80,89	7,13	59,84	3,39	30,81	29,03
Julio	31	66,565	5,87	65,71	3,50	34,31	31,40
Agosto	31	48,3	4,26	69,97	3,50	37,80	32,17
Septiembre	30	51,965	4,58	74,55	3,39	41,19	33,36

Fuente: Elaboración propia

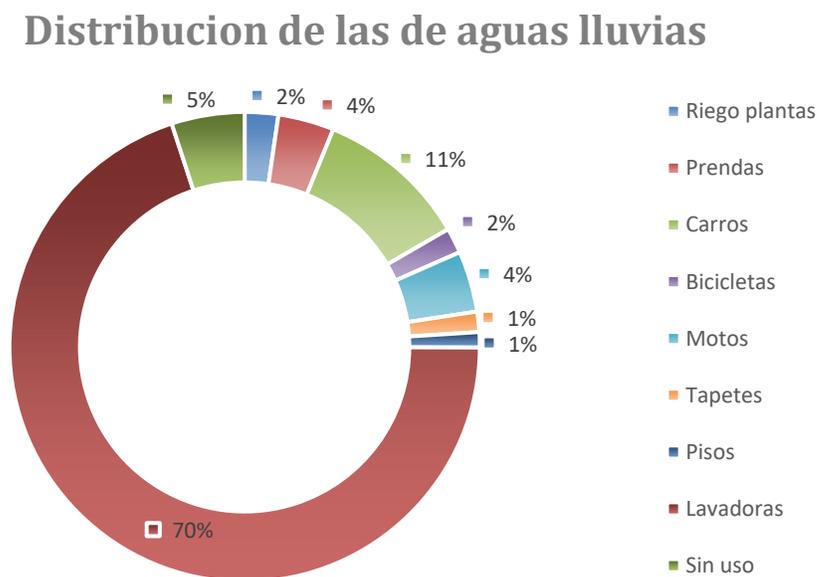
Como bien se puede observar el abastecimiento de agua lluvia que brinda el techo de 98 m² a lo largo del año es de 74,55 m³. Respecto al volumen del tanque los cálculos se basaron tomando los 365 días que tuvo el año. Asimismo, como se evidencia ningún mes obtuvo un resultado negativo, por lo que se puede cubrir el total de la demanda de todos los meses del año. Así que el proyecto es factible para un ahorro considerable de agua potable.

Según la tabla 9, el volumen del tanque de almacenamiento es el valor más alto, es decir, equivale al mes de septiembre con un valor de 33,36m³. Aunque, si la dimensión del tanque es muy grande como es el caso y no se logra instalar, se debe tomar el valor máximo y dividirlo por el número de meses calculados (OMS, 2004). Aprovechando que la oferta es alta, el tamaño adecuado para el volumen del tanque es de 3 m³.

- **Distribución de las aguas lluvias**

A partir de la medición de volúmenes realizada en el anexo B se obtiene que de los 204 litros diarios de agua lluvia disponible, en promedio 194 litros diarios son distribuidos y consumidos por los elementos como se muestran en la figura 3.

Figura 7 Distribución diaria del agua lluvia en el sistema



Fuente: Elaboración propia

Es de notar que 204 litros diarios de la producción de aguas lluvias son suficientes para cubrir el cien por ciento de la demanda y que el 5% sin usar queda como reserva, así como para complementar las aguas grises en caso de que estén escaseen para su uso en sanitarios.

4.1.2 Cálculos para determinar la dimensión del sistema de aguas grises

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la medición de volúmenes de agua en cada uno de los puntos de consumo ya descritos. La obtención de resultados se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita anteriormente.

Inicialmente se establecieron las costumbres semanales en cuanto al uso del agua, para posteriormente definir los consumos consolidados, los cuales tienen relación directa con estas típicas costumbres en las unidades residenciales. En las tablas 10 y 11 se muestran las costumbres del uso del agua, y la descripción de los días con lavado y normales (sin lavado) semanalmente.

Tabla 10 Costumbre de uso del agua en las familias en una semana típica

COSTUMBRES DEL USO DEL AGUA EN LA UNIDAD RESIDENCIAL POR SEMANA		
# FAMILIAS	DÍAS NORMALES	DÍAS CON LAVADO
1	6	1
2	5	2
3	5	2
4	6	1
5	6	2
6	5	1
7	5	2
8	6	1
9	6	1
10	6	1
	Σ	14

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11 Descripción de los tipos de días medidos en la unidad residencial

DÍA	TIPO
1	Normal
2	Con Lavado

Fuente: Elaboración propia

Una vez identificadas las costumbres de uso del agua en la unidad residencial, se establecieron los consumos, la producción y distribución consolidados de aguas en cada una de las familias parte del estudio.

De modo que se tomó en cuenta la Ecuación 9 para la obtención de resultados consolidados, esta ecuación considera las costumbres en las viviendas y la cantidad de días por tipo.

Como resultado de la aplicación de la ecuación 9 se obtiene que el consumo de agua en los sanitarios es de 225,77 litros diarios y en los lavamanos de 58,97 litros diarios

Tabla 12 Consumo promedio diario de agua en los lavamanos y sanitarios

#	CONSUMO DE AGUA DE LOS LAVAMANOS		CONSUMO PROMEDIO	CONSUMO DE AGUA DE LOS SANITARIOS		CONSUMO PROMEDIO
	DIA 1	DIA 2	DIARIO	DIA 1	DIA 2	DIARIO
1	3	6,4	3,5	12	18	12,9
2	6,5	7,2	6,7	19,2	28,8	21,9
3	5,2	6,9	5,7	24	38,4	28,1
4	5,1	7,7	5,5	19,2	48	23,3
5	3,8	6,1	5,0	12	30	18,9
6	9,1	11,9	8,2	33,6	52,8	31,5
7	10	14,7	11,3	28,8	52,8	35,7
8	3,4	5,8	3,7	14,4	24	15,8
9	6,5	9,4	6,9	24	38,4	26,1
10	2	5	2,4	9,6	24	11,7
		Σ	58,97		Σ	225,77

Fuente: Elaboración propia.

De la medición de volúmenes realizada en (anexo B) se obtuvo que en total el consumo de agua de las lavadoras es de 2172, 28 litros semanales, de los cuales solo el 70% está disponible para su uso en aguas grises, es decir, 1524,71 litros semanales son aprovechables para aguas grises.

4.1.2.1 Volumen del tanque de aguas grises. La dimensión del sistema de aguas grises se basa en los usos finales del agua. De manera que la capacidad del tanque de aguas grises estará relacionada con el volumen de aguas grises producidas por las lavadoras.

En general la producción diaria de aguas grises corresponde a los siguientes volúmenes: primero los 58,97 litros diarios disponibles como aguas grises de los lavamanos y que pasan directamente a almacenarse en las cisternas de los sanitarios; el segundo volumen corresponde a 217,81 litros diarios del agua producida por las lavadoras, que se almacenaran en el tanque de aguas grises y complementaran la demanda de aguas grises para los sanitarios, que a su vez requieren de 225,77 litros diarios, por lo tanto teniendo en cuenta únicamente el volumen de aguas grises que producen las lavadoras se determina que un tanque con capacidad de 250 litros sería suficiente para cubrir dicha demanda.

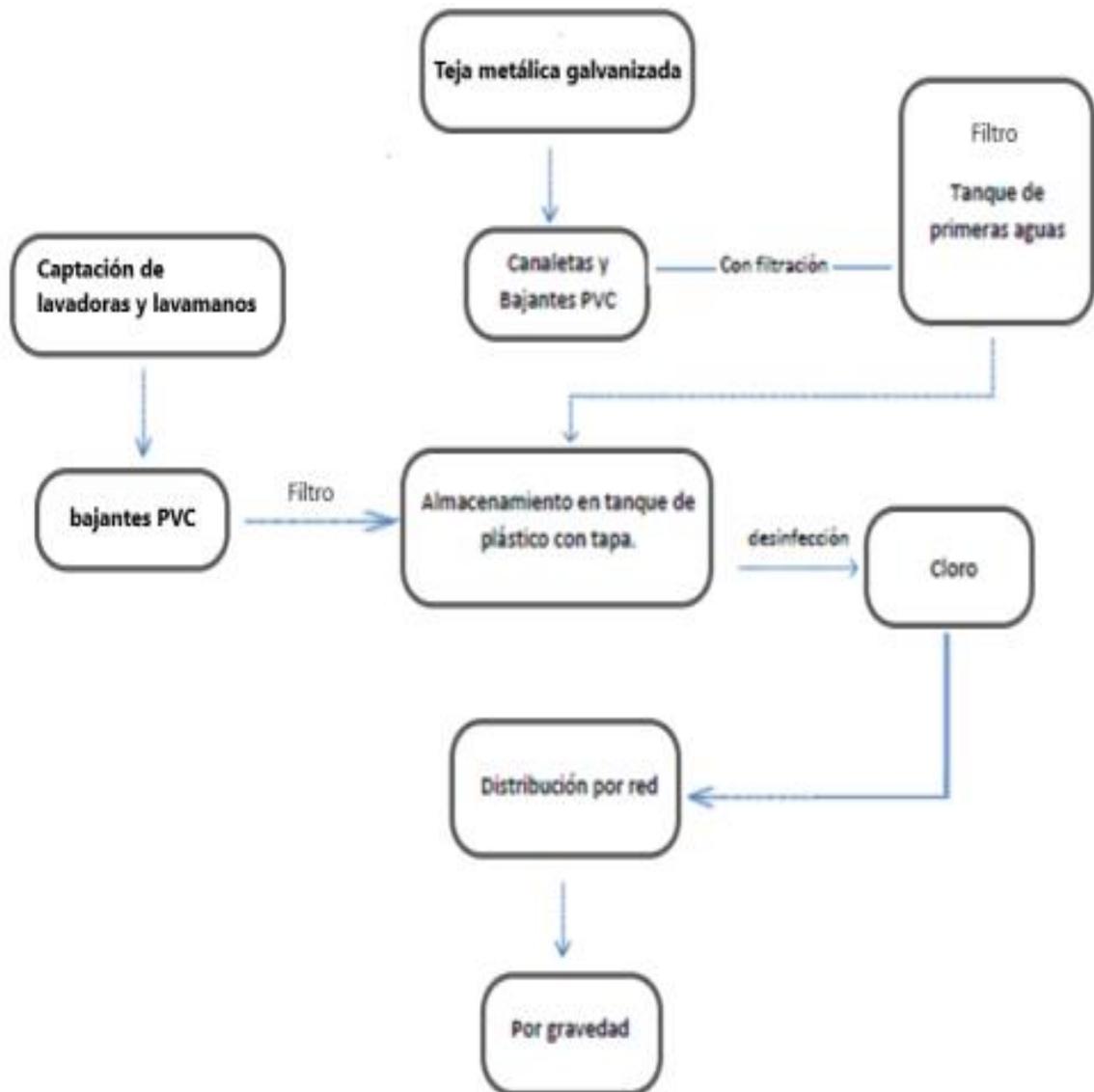
4.1.3 Potencial del ahorro de agua potable total

En resumen, el potencial de ahorro de agua potable con las aguas grises para la unidad residencial es de 101,03 litros anuales y con las aguas lluvias es de 74,55 litros anuales, habiendo un total del potencial de ahorro de agua potable de 175,58 litros anuales. Este último valor se pretende comparar con el consumo real de agua para evaluar el costo-beneficio con los indicadores financieros expuestos.

4.2 IDENTIFICACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES UTILIZADO

Después de la inspección realizada de la unidad residencial (ANEXO A) y conforme a la caracterización realizada anteriormente se identificaron los materiales y métodos usados en cada fase del aprovechamiento de aguas lluvias y grises; en este sentido, la figura 4 muestra el esquema general que identifica el sistema de aprovechamiento de aguas lluvias y grises para la unidad residencial.

Figura 8 Esquema del sistema de aprovechamiento del agua lluvia para la unidad residencial



Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que los dos sistemas trabajan en conjunto en paralelo a la red del acueducto y que cada fase del proceso de aprovechamiento de aguas lluvias y grises contempla diferentes alternativas de implementación tanto en materiales como en tecnologías de aplicación;

Los criterios más importantes tenidos en cuenta en este trabajo para el sistema de aprovechamiento de aguas lluvias y grises en cada proceso están en función principalmente del costo y de la funcionalidad de cada elemento

4.3 CRITERIOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

La aplicación del proyecto se contempló en la selección de materiales y los principales componentes del sistema, desde el área de captación, recolección y conducción, almacenamiento y otros componentes como los filtros y las válvulas, brindando información suficiente para definir el uso eficiente del recurso y determinando la cantidad de agua de lluvia captada

4.3.1 Diseño del sistema propuesto

Siguiendo los parámetros descritos en capítulo anterior y en el marco teórico, a continuación, se presenta la propuesta de diseño del sistema para captación y aprovechamiento de aguas lluvias y grises a nivel doméstico para uso no potable

4.3.1.1 Diseño del sistema de captación: En este caso la captación se realiza en el techo de la unidad residencial, un techo a dos aguas con una pendiente aproximadamente del 30% y una superficie que facilita el escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de recolección. El material de los techos son tejas tipo calamina metálica galvanizada que se caracteriza por tener una buena superficie y ser de bajo costo.

La geometría del techo de la unidad residencial, de acuerdo con el registro fotográfico se presenta en la figura 3:

Figura 9 Geometría del techo de la unidad residencial



Fuente: Elaboración propia tomada de la zona de estudio

4.3.1.2 Diseño de Recolección y Conducción. Las tejas ya descritas cuentan con dos canaletas de lámina metálica galvanizada con 15,685 metros lineales cada una y bajantes en PVC de 3", que recolectan y conducen las aguas lluvias por el techo hacia el tanque interceptor.

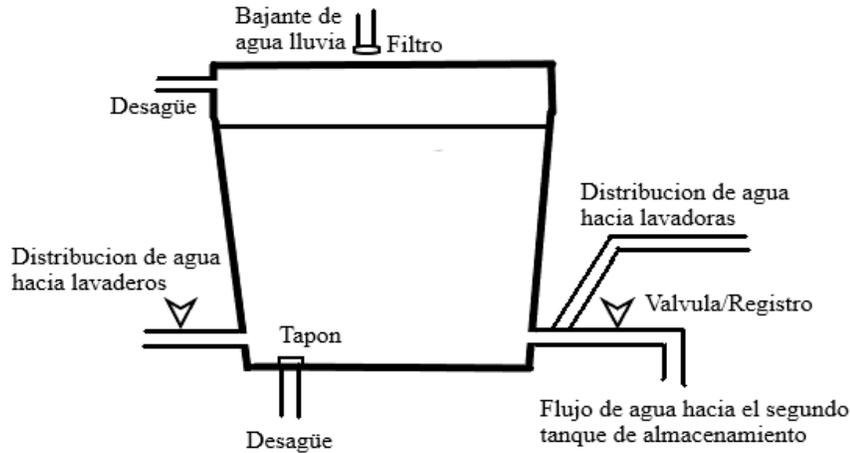
Figura 10 Ubicación canaletas



Fuente: Elaboración propia tomada de la zona de estudio

4.3.1.3 Diseño Interceptor de Aguas Lluvias. El diseño consta de un tanque elevado y ubicado en la terraza de la unidad residencial. Su capacidad de almacenamiento es de 3000 litros, esta capacidad se determina mediante la dimensión del sistema. Las aguas lluvias entran por medio de un bajante unido a las canaletas. Este tanque dirige el agua lluvia a través de la red de distribución hidráulica a lavadoras y lavaderos (lavado de ropas, riego de jardines, lavado de vehículos y aseo en general); también contará con una salida en la parte inferior que se podrá regular para conducir el agua a un segundo tanque, que es el de almacenamiento de aguas grises; adicionalmente el tanque contará con un desagüe controlado por un tapón en su parte inferior para cuando se tenga que hacer el respectivo mantenimiento.

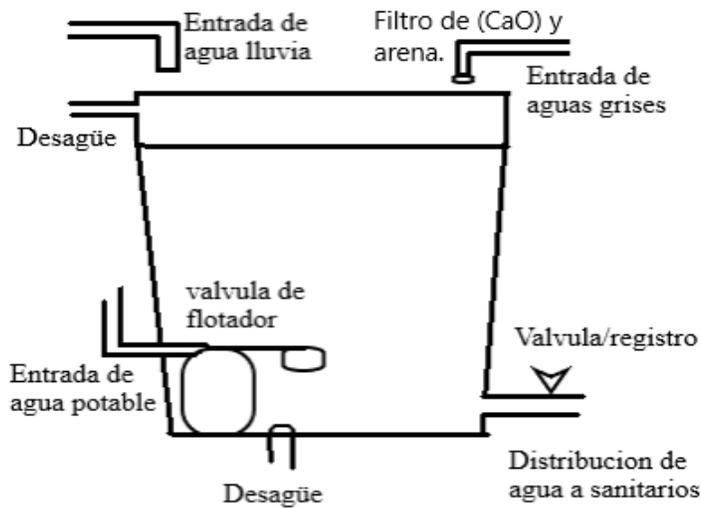
Figura 11 Interceptor de aguas lluvias



Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.4 Diseño del tanque de almacenamiento de aguas grises. El segundo tanque también está ubicado en la terraza de la unidad residencial y se encargará principalmente de recibir las aguas grises provenientes de las lavadoras, así mismo como ya se mencionó recibirá las aguas lluvias del primer tanque. Este tanque contará con una válvula de flotador artesanal que permitirá la regulación de agua potable, cuando éste alcance el nivel deseado, preferiblemente bajo (20%), esta válvula impedirá el paso del agua potable hacia el tanque para darle prioridad a las aguas lluvias y grises. El tanque se encargará entonces de distribuir el agua principalmente a sanitarios. Al igual que el primer tanque, este también contará con un desagüe controlado por un tapón en la parte inferior para hacer el respectivo mantenimiento. Cuando cualquiera de los dos tanques este por superar su capacidad, hay un desagüe en la parte superior de los mismos para dirigir estas aguas al alcantarillado.

Figura 12 Tanque de almacenamiento de aguas grises



FUENTE: Elaboración propia

4.3.1.5 Diseño de la Red de Distribución hidráulica. Esta red debe ir paralela a la red de acueducto, para este diseño dicha red sólo llegará a los puntos hidráulicos donde se utilizará el agua lluvia y las aguas grises de lavadoras, es decir, sanitarios, lavaderos, y lavadoras, pero la red existente que abastece dichas unidades continuará suministrando agua potable, en los meses en los que el agua lluvia no alcance a cubrir la demanda completa.

Figura 13 Distribución de la red a sanitarios



Fuente: Elaboración propia (SketchUp 2018)

4.3.1.6 Diseño de los filtros. Hay instalados filtros en los desagües de los dos tanques, en los bajantes donde cae el agua lluvia al tanque interceptor y de igual manera en las salidas de agua de los tanques; garantizando así la captación de residuos que puedan obstruir el buen funcionamiento del sistema. Estos filtros están elaborados artesanalmente con aneos acrílicos.

Para la entrada al tanque de abastecimiento de aguas grises se propone el diseño de un filtro de cal (CaO) y arena, con el fin de neutralizar el agua jabonosa (detergentes) producida por las lavadoras.

4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para evaluar los beneficios económicos del uso de agua de lluvia y las aguas grises al mismo tiempo, los costos y beneficios relacionados con cada sistema se estimaron como se indica a continuación.

4.4.1 Consumo de agua real

El consumo real de agua de ambas casas se obtuvo mediante el control de las facturas de agua, suministradas por la administración de la unidad residencial. Para el período de enero de 2018 a diciembre de 2018. Una vez obtenido el promedio de consumo real durante los meses de estudio, se procede hacer la comparación contra el potencial de ahorro de agua potable total que hay con el aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises (ver tabla 14)

4.4.2 Ingresos

Como se mencionó en el marco teórico los ingresos que trae la ejecución del sistema es la reducción en el pago de las facturas del acueducto, en este caso hay que conocer primero el costo actual por el consumo del agua potable y segundo el costo estimado de agua potable sin ninguna estrategia de ahorro; Los costos actuales del agua potable se basaron en el consumo de agua medido durante el año 2018. Las tarifas para el sector residencial practicadas por la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá y el costo total por consumo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13 Valores facturados en el año

PERIODO	CONSUMO AGUA	COSTO POR CONSUMO	COSTO DEL AGUA
ENE-FEB	95	\$ 130.263	\$ 1.371
MAR-ABR	99	\$ 160.509	\$ 1.621
MAY-JUN	81	\$ 119.759	\$ 1.479
JUL-AGO	77	\$ 109.760	\$ 1.425
SEP-OCT	86	\$ 132.776	\$ 1.544
NOV-DIC	81	\$ 120.106	\$ 1.483
Σ	519	\$ 773.173	\$ 8.923

Fuente: Elaboración propia

Una vez conocido el porcentaje de agua potable que podría reemplazarse por las aguas lluvias y grises, que equivale al 25,3% de los 694,58 m³ que se consumirían de agua (ver tabla 14), se estima que el costo de agua potable sin contar con una estrategia de ahorro es de \$1.034.742 (COP \$ / año).

En consecuencia y como resultado de la aplicación de la ecuación 10 se obtiene que el ahorro monetario corresponde a \$ 261.569 pesos anuales.

Tabla 14 Potencial de ahorro del agua potable

CONSUMO AGUA ANUAL	COSTO POR CONSUMO \$
519	\$ 773.173
175,58	\$ 261.569
694,58	\$ 1.034.742

Fuente: Elaboración propia

4.4.2.1 Análisis bimestral. Haciendo un análisis durante el bimestre facturado de septiembre y octubre, el consumo total de agua potable fue de 86 m³ como se señala en la tabla 13, teniendo en cuenta que este consumo es el resultado dado por el ahorro de agua que se está llevando por el aprovechamiento de aguas lluvias y grises, a continuación en la tabla 15 se procede a exponer el volumen del agua que está siendo aprovechado y que de no ser así cuanto sería el total que marcaría la factura durante el periodo.

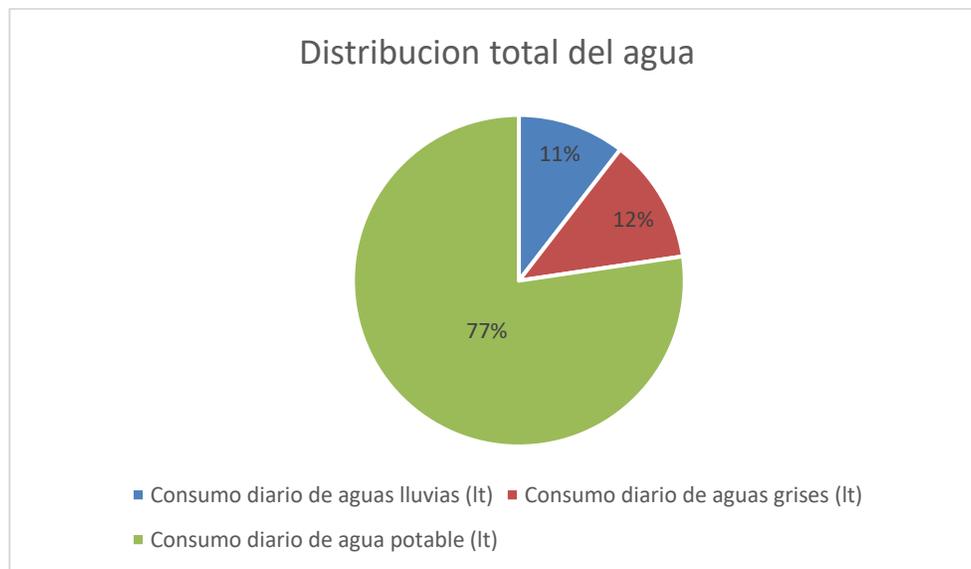
Tabla 15 Consumo de las aguas recolectadas vs agua potable

Consumo diario de aguas lluvias (lt)	Consumo diario de aguas grises (lt)	Consumo diario de agua potable (lt)	Consumo total Sep-Oct (lt)	Consumo total Sep-Oct (m3)
194	225,77	1433,3	1853,10476	111,186286

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 15, el consumo total de agua entre septiembre y octubre sino se tuviera en cuenta el sistema de recolección y aprovechamiento del agua sería de 111,18 m3. Esto quiere decir que el ahorro de agua durante este periodo fue de 25,18 m3, en la figura 4 se muestra la distribución que tiene dicho volumen dentro de la residencia.

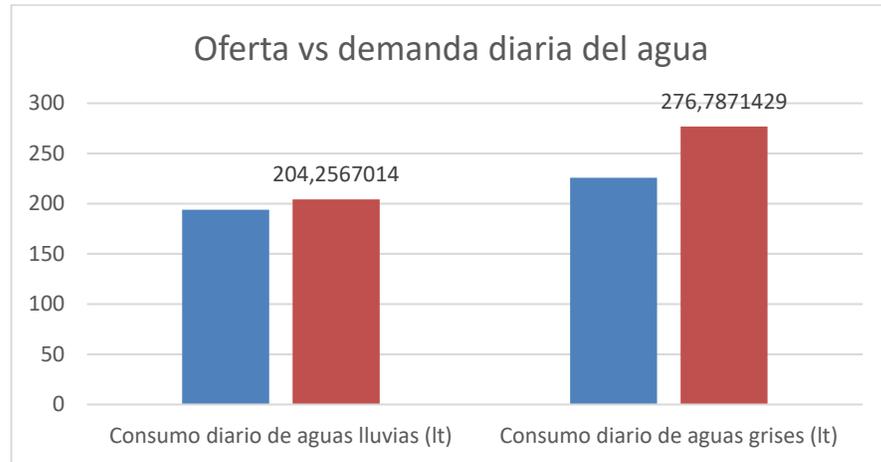
Figura 14 Distribución diaria del agua



Fuente: Elaboración propia

Dicha distribución puede variar en los bimestres posteriores tal como se muestra en la figura 5, ya que depende del uso y la disponibilidad que haya de las aguas recolectadas durante esos periodos.

Figura 15 Producción vs consumo diario de aguas lluvias y grises



Fuente: Elaboración propia

4.4.2.2 Análisis anual. Al igual que en el análisis anterior se tendrá en cuenta la tabla 13 para poder comparar y determinar el consumo que se obtuvo con el sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias y grises en el año.

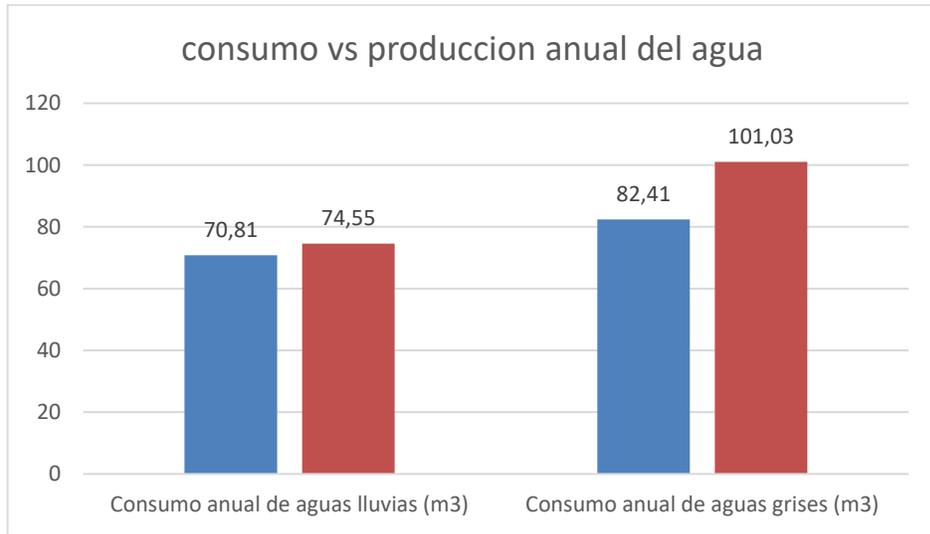
Tabla 16 Consumo de las aguas recolectadas vs agua potable

Consumo anual de aguas lluvias (m3)	Consumo anual de aguas grises (m3)	Consumo anual de agua potable (m3)	Consumo total (m3)
70,81	82,41	519,0	672,22

Fuente: Elaboración propia

La tabla 16 contiene los volúmenes consumidos durante el año, destacando que sin el aprovechamiento de las aguas recolectadas el consumo aumentaría 153,2 m3 y pasaría a ser de 672,22 m3, y que según la figura 7 teniendo en cuenta la disponibilidad que habría de las aguas recolectadas a lo largo del año, el rendimiento o ahorro podría variar entre un 23% y 34%.

Figura 16 Producción vs consumo anual de aguas lluvias y grises



Fuente: Elaboración propia.

De la figura 6 también se puede calcular un indicador que estime el porcentaje de eficacia del rendimiento del sistema y el grado que hay sobre los hábitos de consumo en la unidad residencial, para lo cual se desarrolla la ecuación 13.

$$Eficacia = \frac{Volumen\ consumido}{Volumen\ producido} \times 100 \quad (13)$$

De la aplicación de la ecuación se obtiene que por un lado el sistema de aguas lluvias anualmente es eficaz en un 95% y que por otro lado el sistema de aguas grises anualmente es eficaz en un 82%. Por lo que en conjunto el sistema en general tendría una eficacia del 88.5%.

4.4.3 Inversión

A continuación, se realizará un presupuesto para determinar el costo total del sistema propuesto.

Tabla 17 Cotizaciones Materiales y Presupuesto

Descripción	Costo asociado	Materiales
Complementar los bajantes para conducirlos hacia el tanque de aguas lluvias.	\$ 75.000	Tubería de 3" PVC tipo pesado (TP) 9m lineales
Montaje de los tanques recolectores, sus salidas de agua, y sus dispositivos de control, como válvulas y filtros	\$ 550.000	1tanque plástico de 3000lt, 1 tanque de 250 lt, con sus respectivos accesorios.
	\$10.000	3 válvulas de 1" en PVC
	\$ 20.000	Filtros artesanales
Instalación de la red de distribución del tanque interceptor hacia lavaderos y lavadoras (salidas de agua de los tanques)	\$25.000	Tubería PVC TP de 1" 10m (lavaderos)
	\$ 20.000	Tubería PVC TP de 1/2" 10m (lavadoras)
	\$ 6.000	15 accesorios 1/2" PVC TP
Distribución de la red de recolección de aguas grises por parte de las lavadoras para que sean recolectadas por el segundo tanque de almacenamiento.	\$ 30.000	Tubería PVC TP de 2" 7m
	\$ 20.000	5 accesorios de 2" PVC TP
Diseño de la red distribución paralela a la red de acueducto a los puntos donde se utilizará el agua. (sanitarios)	\$ 90.000	90m de manguera de acometida 1/2"
	\$ 20.000	40 accesorios 1/2" TP
	\$ 70.000	10 válvulas de 1/2" TP en PVC
Acople manguera: lavamanos a cisterna de sanitario	\$137.500	50 m manguera corrugada 1-1/4"
Mano de obra	\$ 1.000.000	Cantidad de trabajo a realizar
Mantenimiento de los tanques	\$20.000	1litro de NaClO, 1 Bulto Cal agrícola dolomita de 25 kilos
Presupuesto aproximado del sistema	\$ 2.093.500	Cifras em pesos colombianos (COP)

Fuente: Elaboración propia. Valores en pesos colombianos año 2018.

4.4.4 Indicadores Financieros

Considerando el ahorro monetario de \$ 261.569 pesos anuales se asume este valor como el flujo neto de la inversión del sistema. En cuanto a la tasa de oportunidad se supuso en el 5% para el VPN, que es similar a los valores utilizados por otros autores para analizar el desempeño financiero de esta clase de sistemas en otros países; Estos incluyen estudios de (Roebuck, Oltean-Dumbrava, & Tait, 2011), (Morales-Pinzón, Lurueña, Gabarrell, Gasol, & Rieradevall, 2014) y (Ghisi & Mengotti de Oliveira, 2007). Por otra parte, teniendo en cuenta que estos sistemas cuentan con una vida útil aproximadamente de 50 años y que por lo general el rango en que se evalúa los números de periodos van de 10 a 50 años según (Roebuck et al., 2011), se asume entonces este rango como el número de periodos posibles en los que se puede evaluar este tipo de proyectos A continuación, en la tabla 18 se muestran consolidados los resultados de la aplicación de los indicadores financieros.

Tabla 18 Resultados de los indicadores financieros

Periodos	Ingresos	tasa de oportunidad	5%	EA	Acumulados Con Tasa de Oportunidad (DPB)
		Egresos	Neto	FLUJOS NETOS A VP	
0		\$ 2.093.500	-\$ 2.093.500	\$ 2.093.500	\$ 2.093.500
1	\$ 261.569		\$ 261.569	\$ 249.113	\$ 1.844.387
2	\$ 261.569		\$ 261.569	\$ 237.251	\$ 1.607.136
3	\$ 261.569		\$ 261.569	\$ 225.953	\$ 1.381.183
4	\$ 261.569		\$ 261.569	\$ 215.193	\$ 1.165.989
5	\$ 261.569		\$ 261.569	\$ 204.946	\$ 961.043
6	\$ 261.569		\$ 261.569	\$ 195.187	\$ 765.856
7	\$ 261.569		\$ 261.569	\$ 185.892	\$ 579.964
8	\$ 261.569		\$ 261.569	\$ 177.040	\$ 402.924
9	\$ 261.569		\$ 261.569	\$ 168.610	\$ 234.314
10	\$ 261.569		\$ 261.569	\$ 160.581	\$ 73.734
11	\$ 261.569		\$ 261.569	\$ 152.934	\$ 79.200
		VPN	\$ 79.200		
		TIR	5,71%	EA	
		DPB	10,1	AÑOS	

Fuente: elaboración propia

Interpretación de resultados

- El VPN a partir del año 10 es superior a 0: lo que quiere decir que se supera la rentabilidad mínima esperada y que por lo tanto el proyecto genera valor y ha sido conveniente realizar la inversión.
- Para realizar los cálculos de la tasa interna de retorno (TIR), se tuvo en cuenta la inversión de \$2,093.500, se debería aceptar el proyecto, ya que el valor de la TIR es superior a la tasa de oportunidad 5%. Esta decisión obedece a que el TIR resulta más determinante para los inversionistas, porque representa la tasa de retorno de la inversión realizada, que en este caso indica ganancias del 5,71% EA.
- En este caso se traen a valor presente los \$2,093.500, se toma la tasa de oportunidad del 5%, los flujos de efectivo y el año al que corresponda para encontrar en el acumulado con tasa de oportunidad el periodo de recuperación, que como se observa esta entre el año 10 y 11 más \$79,200 COP.

5 CONCLUSIONES

- Se puede concluir que para el caso de estudio es factible el proyecto, en el sentido técnico, económico y social: Primero a través del factor técnico se encontró que el promedio de precipitación en la zona de estudio se encuentra dentro de un rango aceptable para este tipo de proyectos, por otro lado, el potencial total de ahorro de agua potable con las aguas grises y lluvias que es de 175,58 litros anuales, es un volumen considerable teniendo en cuenta que es lo que en promedio se estaría ahorrando cada año; segundo a través del factor económico, el ahorro monetario que se refleja en las facturas del agua ayudaría a disminuir el consumo residencial básico y la tarifa de consumo no básico, es decir aquel que no cubre el descuento mínimo vital de agua; por último y no menos importante en el factor social hay un buen grado en los hábitos de consumo por parte de los usuarios que habitan la unidad residencial, esto se ve reflejado en el indicador de eficacia que se propuso y que dio como resultado más del 80% de eficacia.
- En cuanto al análisis económico, el diseño del sistema propuesto parece ser rentable ya que el período de recuperación está entre 10 y 11 años, la tasa interna de retorno es superior a la tasa de oportunidad y el valor presente neto es positivo.
- Cabe resaltar que los puntos de mayor consumo son las lavadoras y los sanitarios, y que para el caso de las lavadoras si el área de captación de aguas lluvias fuera mayor se podría aprovechar mejor este recurso para su uso ya que aumentaría su producción, por ende, habría un aumento en el ahorro del recurso hídrico y una mayor percepción en la reducción de las facturas de agua; en cuanto a los sanitarios son los que más se ven beneficiados por las aguas grises ya que están siendo completamente abastecidos por el sistema.
- Hay casos en que el porcentaje de aprovechamiento puede llegar a ser mayor del valor que en este proyecto se alcanzó. Esto dependería ya de los usos que se le dé al agua y los hábitos de consumo de los usuarios.
- El diseño del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias y grises propuesto es simple de manera intencional para que se pueda replicar e instalar con conocimientos técnicos básicos. También es un sistema escalable para que pueda seguirse ampliando con el tiempo y crecimiento según las necesidades de cada usuario. De modo que se recomienda utilizar este trabajo a partir del capítulo 4 como una guía para el diseño de este tipo de sistemas.

- Hay que considerar en futuros estudios relacionados con este tema las posibles valorizaciones de los inmuebles que cuenten con este tipo de sistemas, porque es la eco-cultura que algunos países desarrollados como Australia están desarrollando.
- La principal conclusión que se puede sacar de la investigación es que debe haber incentivos gubernamentales para promover el uso de aguas lluvias y grises en las unidades residenciales del municipio de Soacha.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Adler, I., & Bojalil, G. C. J. A. (2008). Manual De Captación De Aguas De Lluvia Para Centros Urbanos. *Programa de Naciones Unidas Para El Medio Ambiente (PNUMA)*, 1–47.
- Alcaldía Municipal de Soacha. (n.d.). Documentos sobre el municipio. Retrieved July 23, 2018, from http://www.soacha-cundinamarca.gov.co/index.shtml?apc=v-xx1-&x=1439697mentos_municipio.shtml
- Allen, L. (2015). *Manual de diseño para manejo de aguas grises*. Retrieved from <http://www.greywateraction.org>
- BAENA, C. E. (2016). *EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES EN LA VIVIENDA URBANA CARLOS EDUARDO BAENA GAVIRIA*.
- Ballén, J. A. S., Ángel, M., García, G., Orlando, R., & Mosquera, O. (2006). Sistemas De Aprovechamiento De Agua Lluvia Para Vivienda Urbana. In *Seminario Iberoamericano Sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua*. Retrieved from [http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhos\(1\).pdf](http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhos(1).pdf)
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., ... Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, Vol. 115, pp. 195–209. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.056>
- Coss, S. (2014). Degradación de jabones. Retrieved November 5, 2018, from Prezi website: <https://prezi.com/ibduuoapllli/degradacion-de-jabones/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). *Boletín técnico Encuesta Nacional de Presupuestos de los Hogares (ENPH)*. Retrieved from <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/enph/boletin-enph-2017.pdf>
- Empresas Pública de Medellín. (2013). Tarifas, solicitud del servicio, usos inteligente del Servicio Publico de Aguas, Acueducto y Alcantarillado de EPM por parte de usuarios de hogares. Retrieved February 24, 2019, from https://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/clientes-y-usuarios/hogares-y-personas/agua/tips-para-el-uso-inteligente
- Escobar Rojas, M. C., Tovar Bonilla, L. F., & Romero Cuellar, J. (2016). Diseño de un sistema experto para reutilización de aguas residuales tratadas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 26(2), 21–34. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1827>
- García, J. H. (2012). SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO PLUVIAL PARA UN ECOBARRIO DE LA CD. DE MÉXICO. *Cdmx*, 115.
- Ghisi, E., & Mengotti de Oliveira, S. (2007). Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. *Building and Environment*, 42(4), 1731–1742. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.02.001>

- GONZALEZ M., P. M. (2017). *APOYO EN LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN SOBRE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO, AL PROYECTO REGIÓN VIDA EN LA SECRETARIA DE PLANEACION – GOBERNACIÓN DE CUNDIMARCA*. 1–58. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11349/6222>
- Gutiérrez, L. M. (2019). *VENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA EN UNA UNIDAD ECONÓMICA DE SOACHA, CUNDINAMARCA*. (20). Retrieved from <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/123456789/2229/VENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA EN UNA UNIDAD ECONÓMICA DE SOAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ideam. (2008). *Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia*.
- IDEAM. (2007). Estado y cambio del agua lluvia en Colombia. *Informe Anual Sobre El Estado Del Medio Ambiente y Los Recursos Naturales Renovables En Colombia: Calidad Del Aire*. Retrieved from <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/020650/CalidaddelAireCapitulo5.pdf>
- IDEAM. (2011). *Informe del estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables 2011*. 120. Retrieved from <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022651/InformeTomo3.pdf>
- IDEAM (Estudios de Hidrológica Meteorológica y Estudios Ambientales). (2013). Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos. Retrieved October 11, 2019, from IDEAM website: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- Macomber, P. S. H. (2010). *Guidelines on Rainwater Catchment Systems for Hawaii*.
- Morales-Pinzón, T., Lurueña, R., Gabarrell, X., Gasol, C. M., & Rieradevall, J. (2014). Financial and environmental modelling of water hardness - Implications for utilising harvested rainwater in washing machines. *Science of the Total Environment*, 470–471, 1257–1271. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.101>
- Nino Rodríguez, E. D., & Martínez Medina, N. C. (2013). *Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá*. 177. Retrieved from <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11139>
- OMS. (2004). *GUÍA DE DISEÑO PARA CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente CEPIS/OPS, 15. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd47/lluvia.pdf>
- Para, O., Formulación, L. A., Pgirs, D. E. L., & Base, D. L. (2015). *Tabla de contenido 1. 2*.
- Planeación Ecológica Ltda, & Ecoforest Ltda. (2008). *Elaboración del Diagnostico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá Subcuenca del rio Balsillas*.
- Reyes Hincapié, M. C., & Rubio Cano, J. J. (2014). *Descripción de los sistemas de*

- recolección y aprovechamiento de aguas lluvias*. Retrieved from <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/2089>
- Roebuck, R. M., Oltean-Dumbrava, C., & Tait, S. (2011). Whole life cost performance of domestic rainwater harvesting systems in the United Kingdom. *Water and Environment Journal*, 25(3), 355–365. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2010.00230.x>
- Santana, M. del C., Bonilla Tovar, J. F., & Castillo Sotomayor, C. A. (2015). *RANGO DE CONSUMO BÁSICO*.
- Secretaría de Planeación de Cundinamarca, O. de S. de I. análisis y estadística. (2015). *Estadísticas Básicas Provincia de Soacha*. Retrieved from <http://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/9c0d8276-b231-4ec5-a7d9-2ad796bb1f39/Soacha.pdf?MOD=AJPERES&CVID=l4W15M9>
- Svoboda, M., Hayes, M., & Wood, D. (2012). Guía del usuario sobre el Índice normalizado de precipitación (OMM-Nº1090). *Organización Meteorológica Mundial*, 1–23. <https://doi.org/978-92-63-31090-3>
- UNESCO-WWAP. (2003). Agua para todos, agua para la vida. In *United Nations*. Retrieved from <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>
- United Nations. (2015). *Water for a sustainable world*. [https://doi.org/10.1016/S1366-7017\(02\)00004-1](https://doi.org/10.1016/S1366-7017(02)00004-1)
- WWAP. (2016). Perspectivas globales sobre el agua. In *Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: Agua y Empleo* (pp. 15–27).

FORMATO: MEDICION DE VOLUMENES

Fecha realizacion: 19/04/18
23/09/18

Dia: 14/04/18
De 6:00

Horas Inicial: Si An
Información del inmueble

Horas final: 5: pm

Condiciones climáticas: Nublado

Dirección: LA DESFILADA
Barrio: OLIVOS
Estrato: 2

Localidad: A3
Localización: SUI
de pisos: 5

Tipo de vivienda: casa

Personas que permanecen en la vivienda de día: 0
Personas que permanecen en la vivienda de noche: 2
Área predio m2: 98 m2
Puntos de recolección de aguas grises

Área construida: 100 m2

Baño 1		Baño 2		Baño 3		Baño 4	
Descarga	Lavamanos	Descarga	Lavamanos	Descarga	Lavamanos	Descarga	Lavamanos
Volumen (l)	Sanitario						
1	1,5	1	2	1	1,5	1	0,5
2	0,5	2	1,5	2	0,4	2	0,3
3	0,5	3	1	3	0,4	3	0,2
4	1,5	4	0,8	4	0,8	4	0,8
5	1,5	5	1,2	5	0,5	5	0,5
6	1,5	6	1,2	6	0,5	6	0,8
7	0,5	7	0,2	7	0,2	7	1
8	0,5	8	0,8	8	1,3	8	0,8
9	0,5	9	0,8	9	0,8	9	0,8
10	0,5	10	0,8	10	0,8	10	1,15 X 6
Σ	9,4	Σ	13,1	Σ	12,1	Σ	12,8

Baño 4		Baño 5		Baño 6		Baño 7	
Descarga	Lavamanos	Descarga	Lavamanos	Descarga	Lavamanos	Descarga	Lavamanos
Volumen (l)	Sanitario						
1	4,8	1	6	1	0,3	1	4,8
2	4,8	2	6	2	0,3	2	4,8
3	4,8	3	6	3	1,2	3	4,8
4	4,8	4	6	4	1	4	4,8
5	4,8	5	6	5	1	5	4,8
6	4,8	6	6	6	2,5	6	4,8
7	4,8	7	6	7	0,1	7	4,8
8	4,8	8	6	8	0,1	8	4,8
9	4,8	9	6	9	0,1	9	4,8
10	4,8 X 6	10	6	10	0,1 X 11	10	4,8 X 10
Σ	63,2	Σ	42	Σ	10,2 X 11	Σ	66,4

Baño 8		Baño 9		Baño 10	
Descarga	Lavamanos	Descarga	Lavamanos	Descarga	Lavamanos
Volumen (l)	Sanitario	Volumen (l)	Sanitario	Volumen (l)	Sanitario
1	0,6	1	0,6	1	0,5
2	0,6	2	0,6	2	0,5
3	0,6	3	0,6	3	0,5
4	1,2	4	0,8	4	1,2
5	1,2	5	0,5	5	1,2
6	1,5	6	0,5	6	0,5
7	1	7	0,2	7	1
8	2,7	8	2,7	8	1
9	0,6	9	1,3 X 4	9	0,5
10	0,6	10	1,3,9	10	0,5
Σ	9,2	Σ	13,9	Σ	7

Observaciones: 33,6

Realizó: [Firma]

Revisó: [Firma]

Nombre: OSCAR CVALLE

Cargo: [Firma]

Firma: [Firma]

Anexo C Registro fotográfico

FORMATO: TOMA DE INFORMACION		
Registro fotográfico del sistema		
		
		
		



Anexo D facturas del acueducto

CUENTA CONTRATO
Número para cualquier consulta: **11876168**

Factura de Servicios Públicos No. Número para pagos: 33478645410

TOTAL A PAGAR
Agua + Alcantarillado + Aseo (ver al respaldo) + Cobro a terceros (ver al respaldo): **\$154.279**

Fecha de pago oportuno: JUN/05/2018
Fecha límite de pago para evitar suspensión: JUN/08/2018

Resumen de su cuenta

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	(-) Subsidio (+) Aporte	Tarifa Valor Unitario	Valor a Pagar	Otros Cobros	No.	Cuota	Interés	Total	Saldo
Acueducto											\$2-	
Cargo fijo residencial	66	\$2.526,58	\$166.754	\$66.701-	\$1.515,95	\$100.053					\$18.191-	
Consumo residencial básico	15	\$2.526,58	\$37.899	\$0	\$2.526,58	\$37.899						
Consumo residencial superior a básico												
Cargo fijo no residencial												
Consumo no residencial (m3)												
Subtotal Acueducto ①			\$204.653	\$66.701-		\$137.952	Subtotal Otros Cobros ②				\$18.193-	

CUENTA CONTRATO
Número para cualquier consulta: **11876168**

Factura de Servicios Públicos No. Número para pagos: 26019621411

TOTAL A PAGAR
Agua + Alcantarillado + Aseo (ver al respaldo) + Cobro a terceros (ver al respaldo): **\$189.809**

Fecha de pago oportuno: ABR/06/2018
Fecha límite de pago para evitar suspensión: ABR/11/2018

Resumen de su cuenta

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	(-) Subsidio (+) Aporte	Tarifa Valor Unitario	Valor a Pagar	Otros Cobros	No.	Cuota	Interés	Total	Saldo
Acueducto											\$17.671-	
Cargo fijo residencial	66	\$2.454,27	\$161.982	\$64.794-	\$1.472,57	\$97.188					\$17.671-	
Consumo residencial básico	33	\$2.454,27	\$80.991	\$0	\$2.454,27	\$80.991						
Consumo residencial superior a básico												
Cargo fijo no residencial												
Consumo no residencial (m3)												
Subtotal Acueducto ①			\$342.973	\$64.794-		\$178.179	Subtotal Otros Cobros ②				\$17.670-	

CUENTA CONTRATO
Número para cualquier consulta: **11876168**

Factura de Servicios Públicos No. Número para pagos: 36213509817

TOTAL A PAGAR
Agua + Alcantarillado + Aseo (ver al respaldo) + Cobro a terceros (ver al respaldo): **\$109.760**

Fecha de pago oportuno: AGO/03/2018
Fecha límite de pago para evitar suspensión: AGO/09/2018

Resumen de su cuenta

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	(-) Subsidio (+) Aporte	Tarifa Valor Unitario	Valor a Pagar	Otros Cobros	No.	Cuota	Interés	Total	Saldo
Acueducto											\$1	
Cargo fijo residencial	66	\$2.529,12	\$166.922	\$66.771-	\$1.517,41	\$100.153					\$18.213-	
Consumo residencial básico	11	\$2.529,09	\$27.820	\$0	\$2.529,09	\$27.820						
Consumo residencial superior a básico												
Cargo fijo no residencial												
Consumo no residencial (m3)												
Subtotal Acueducto ①			\$194.742	\$66.771-		\$127.971	Subtotal Otros Cobros ②				\$18.211-	

CUENTA CONTRATO
Número para cualquier consulta: **11876168**

Factura de Servicios Públicos No. Número para pagos: 30772543614

TOTAL A PAGAR
Agua + Alcantarillado + Aseo (ver al respaldo) + Cobro a terceros (ver al respaldo): **\$169.516**

Fecha de pago oportuno: OCT/01/2018
Fecha límite de pago para evitar suspensión: OCT/04/2018

Resumen de su cuenta

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	(-) Subsidio (+) Aporte	Tarifa Valor Unitario	Valor a Pagar	Otros Cobros	No.	Cuota	Interés	Total	Saldo
Acueducto											\$3	
Cargo fijo residencial	66	\$2.533,84	\$167.233	\$66.893-	\$1.520,30	\$100.340					\$18.244-	
Consumo residencial básico	20	\$2.533,85	\$50.677	\$0	\$2.533,85	\$50.677						
Consumo residencial superior a básico												
Cargo fijo no residencial												
Consumo no residencial (m3)												
Subtotal Acueducto ①			\$171.910	\$66.893-		\$105.017	Subtotal Otros Cobros ②				\$18.241-	

CUENTA CONTRATO
Número para cualquier consulta: **11876168**

Factura de Servicios Públicos No. Número para pagos: 25318647614

TOTAL A PAGAR
Agua + Alcantarillado + Aseo (ver al respaldo) + Cobro a terceros (ver al respaldo): **\$167.723**

Fecha de pago oportuno: FEB/06/2018
Fecha límite de pago para evitar suspensión: FEB/09/2018

Resumen de su cuenta

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	(-) Subsidio (+) Aporte	Tarifa Valor Unitario	Valor a Pagar	Otros Cobros	No.	Cuota	Interés	Total	Saldo
Acueducto											\$2	
Cargo fijo residencial	78	\$2.299,65	\$179.373	\$71.749-	\$1.379,79	\$107.624					\$16.557	
Consumo residencial básico	17	\$2.299,65	\$39.094	\$0	\$2.299,65	\$39.094						
Consumo residencial superior a básico												
Cargo fijo no residencial												
Consumo no residencial (m3)												
Subtotal Acueducto ①			\$218.467	\$71.749-		\$146.718	Subtotal Otros Cobros ②				\$16.455-	

CUENTA CONTRATO
Número para cualquier consulta: **11876168**

Factura de Servicios Públicos No. Número para pagos: 32834229711

TOTAL A PAGAR
Agua + Alcantarillado + Aseo (ver al respaldo) + Cobro a terceros (ver al respaldo): **\$154.316**

Fecha de pago oportuno: DIC/03/2018
Fecha límite de pago para evitar suspensión: DIC/06/2018

Resumen de su cuenta

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	(-) Subsidio (+) Aporte	Tarifa Valor Unitario	Valor a Pagar	Otros Cobros	No.	Cuota	Interés	Total	Saldo
Acueducto											\$2	
Cargo fijo residencial	66	\$2.533,84	\$167.233	\$66.893-	\$1.520,30	\$100.340					\$18.244-	
Consumo residencial básico	15	\$2.533,87	\$38.008	\$0	\$2.533,87	\$38.008						
Consumo residencial superior a básico												
Cargo fijo no residencial												
Consumo no residencial (m3)												
Subtotal Acueducto ①			\$205.241	\$66.893-		\$138.348	Subtotal Otros Cobros ②				\$18.242-	