

| UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO | | |
|---|---|---|
| N° DE RADICACIÓN: _____ | | |
| INFORMACIÓN EJECUTORES | | |
| Ejecutor 1 | | |
| Nombre (s): | NELSON OSWALDO |  |
| Apellido (s): | BERNAL MOJICA | |
| Código: | 20082275003 | |
| E-mail: | nelsonn1112@gmail.com | |
| Teléfono fijo: | 4799201 | |
| Celular: | 3187504613 | |
| Ejecutor 2 | | |
| Nombre (s): | | |
| Apellido (s): | | |
| Código: | | |
| Teléfono fijo: | | |
| Celular: | | |
| INFORMACIÓN DEL PROYECTO | | |
| Título del Proyecto: | ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL, PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA COMPAÑÍA HENKEL COLOMBIANA S.A.S. | |
| Duración (estimada): | 6 MESES | |
| Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x") | Innovación y Desarrollo Tecnológico | |
| | Prestación y Servicios Tecnológicos | X |
| | Otro | |
| Modalidad del Trabajo de Grado: | PASANTIA | |
| Línea de Investigación de la Facultad*: | OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES | |
| Línea de Investigación del Proyecto Curricular**: | ECOINGENIERÍA | |
| Grupo de Investigación: | | |
| Proyecto de Investigación: | | |
| Áreas del conocimiento que involucra: | MECANICA DE FLUIDOS. MAQUINAS HIDRAULICAS. INGENIERIA ECONOMICA. ECOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE. FORMULACION Y EVALUCION DE PROYECTOS | |
| INFORMACIÓN PASANTÍA | | |
| Nombre de la empresa: | HENKEL COLOMBIANA S.A.S | |
| Dirección: | CALLE 17 N° 68B-93 | |
| Teléfonos: | 4239000 ext 1420 / 1449 | |
| Correo electrónico: | Juanc.garcial@co.henkel.com – jpablo.torres@co.henkel.com | |
| Página Web: | www.henkel.com.co | |
| INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA | | |
| Director: (Vo. Bo.) | YISSELLE ACUÑA | |
| Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.) | VER CARTA ANEXA DE LA COMPAÑÍA | |
| Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.) | MIRNA JIRON POPOVA | |

Tabla de Contenido:

| | |
|---|----|
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.1. ESTADO DEL ARTE..... | 4 |
| 1.1.1. Situación Actual en el mundo..... | 5 |
| 1.1.1.1. Europa..... | 5 |
| 1.1.1.2. África..... | 6 |
| 1.1.1.3. Asia..... | 7 |
| 1.1.1.4. Oceanía..... | 8 |
| 1.1.1.5. Norte América..... | 9 |
| 1.1.1.6. Centro América..... | 10 |
| 1.1.1.7. Pequeñas Islas..... | 10 |
| 1.1.1.8. Sur América..... | 11 |
| 1.1.2. Colombia – Sistemas Aprovechamiento Agua Lluvia..... | 11 |
| 1.1.3. Manuales o Técnicas de Diseño..... | 13 |
| 1.2. JUSTIFICACION..... | 14 |
| 2. OBJETIVOS..... | 16 |
| 2.1. General | |
| 2.2. Específico | |
| 3. MARCO TEORICO..... | 17 |
| 3.1. Norma DIN 1989 – 2001..... | 17 |
| 3.2. Norma BS 8515 – 2009..... | 17 |
| 3.3. Norma RAS-2000..... | 18 |
| 3.4. Clases de Sistemas de Aprovechamiento Pluvial..... | 18 |
| 3.5. Componentes..... | 19 |
| 3.5.1. Captación..... | 19 |
| 3.5.2. Sistema de Conducción..... | 19 |
| 3.5.3. Almacenamiento..... | 19 |
| 3.5.4. Filtración..... | 20 |
| 3.5.5. Distribución..... | 20 |
| 3.6. Diseño..... | 21 |
| 3.6.1. Información Pluviométrica..... | 21 |

| | |
|---|----|
| 3.6.2. Coeficiente de Rendimiento..... | 21 |
| 3.6.3. Demanda..... | 22 |
| 3.6.3.1. Demanda de agua en el mes | |
| 3.6.4. Oferta de agua en el mes..... | 23 |
| 3.6.5. Oferta Acumulada | |
| 3.6.6. Volumen de Almacenamiento..... | 24 |
| 3.6.7. Área de Captación..... | 24 |
| 3.6.8. Sistema de Captación de agua lluvia..... | 24 |
| 3.6.9. Interceptor de Primeras Aguas..... | 25 |
| 3.6.10. Red de distribución de agua lluvia..... | 25 |
| 3.6.11. Sistema de Bombeo..... | 25 |
| 3.6.11.1. Tubería de Succión | |
| 3.6.11.2. Chequeo de la Tubería de Impulsión. | |
| 3.6.11.2.1. Altura dinámica total | |
| 3.6.11.2.1.1. Altura dinámica total en la succión | |
| 3.6.11.2.1.1.1. Pérdidas totales en la succión | |
| 3.6.11.2.1.1.2. Pérdidas por fricción en la succión | |
| 3.6.11.2.1.2. Altura dinámica total en la impulsión | |
| 3.6.11.2.1.2.1. Pérdidas totales en la impulsión | |
| 3.6.11.2.1.2.1. Pérdidas por fricción en la impulsión | |
| 3.6.12. Características de la Bomba..... | 28 |
| 3.7. Coste y Beneficio..... | 31 |
| 4. METODOLOGÍA..... | 32 |
| 4.1 Fase de documentación, recolección y sistematización de datos | |
| 4.2 Fase de diseño del sistema de recolección | |
| 4.2.1. Sub-fase de diseño A. | |
| 4.2.2. Sub-fase de diseño B. | |
| 4.3. Fase de Costos | |
| 4.4. Fase de Elaboración de Productos Finales. | |
| 5. CRONOGRAMA..... | 34 |
| 6. PRESUPUESTO Y FINANCIACIÓN..... | 35 |

| | |
|---|----|
| 7. BIBLIOGRAFIA..... | 36 |
| 8. PERFIL DEL ESTUDIANTE REQUERIDO..... | 38 |
| 9. FUNCIONES A DESARROLLAR POR EL ESTUDIANTE..... | 38 |
| 10. COMPENTENCIAS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA..... | 38 |

Índice de Figuras:

1. Figura 1.1 Modelo del Sistema Integral de Gestión del Agua. Europa
2. Figura 1.2 Sistemas Convencionales de bajo costo. África.
3. Figura 1.3 "Rojison", Instalación para la utilización de agua lluvia a nivel comunitario Tokio. Japón.
4. Figura 1.4 Esquema de funcionamiento del sistema de aprovechamiento de agua lluvia en "Healty House". Toronto. Canadá.
5. Figura 1.5 Estructura de la demanda de agua en Colombia
6. Figura 1.6 Demanda de agua en Colombia según departamentos.
7. Figura 1.7 Estructura de demanda hídrica en el Distrito Capital.
8. Figura 1.8 Áreas Focales y Objetivos de la compañía desde 2012 a 2015.
9. Figura 3.1 Ejemplos de sistemas de captación de agua lluvia.
10. Figura 3.2 Áreas de captación para tres tipos diferentes de techos.
11. Figura 3.3 Sistema de colección y trampa de sólidos.
12. Figura 3.4 Instalación del filtro modular de sedimentos.
13. Figura 3.5 Evaluación del sistema agua lluvia.
14. Figura 3.6 Evaluación del sistema principal de agua
15. Figura 3.7 Comparación de los dos sistemas.

Índice de Tablas:

1. Tabla 1.1: Consumos de agua medidor principal periodo 2009 – 2012. Medidor principal planta de producción Henkel Colombiana S.A.S
2. Tabla 1.2 : Cuadro de Fuentes Académicas y Especializadas
3. Tabla 1.3: Manuales o Técnicas de Diseño. Características.
4. Tabla 3.1: Longitud Equivalente en pérdidas localizadas (en metros de tubería rectilínea.).
5. Tabla 3.2 Longitud Equivalente en pérdidas localizadas.

RESUMEN:

La escasez del agua es uno de los grandes problemas que se enfrenta en ciertos lugares del planeta, sin embargo a futuro, se esperaría que para el año 2030, sea un problema que enfrenten todos los países del mundo, si se sigue llevando la actividad actual en los diferentes sectores que componen las naciones.

Los factores principales que influyen en este problema, son el cambio climático, el crecimiento demográfico, el desarrollo productivo. Es una realidad que las lluvias se intensifican en lugares y disminuyen en otros. Los crecimientos de las poblaciones demandan mayor consumo de recursos. Y el desarrollo productivo especialmente en los sectores agrícolas e industriales se intensifica cada día más agotando las riquezas naturales que ya no parecen tan infinitas como unas décadas atrás.

Por su parte Colombia resulta ser uno de los países que mayor recurso hídrico posee, pero el desarrollo actual lo conllevará dos décadas más adelante a padecer el síndrome mundial del agua, según estudios recientes.

Como respuesta ante las diferentes necesidades expresadas a nivel mundial, los países han desarrollado políticas y estrategias sostenibles para poder ampliar el recurso del agua, como fuente principal de vida, pero esta cifra no es significativa frente a la realidad gastada. Por consiguiente es indispensable reaccionar a nivel mundial sobre el consumo del agua, desde los diferentes sectores (hogares, instituciones, comunidades, ciudades, industrias, naciones), que permitan disfrutar del agua como lo hacemos hoy en día en la mayor parte de nuestro país.

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO PLUVIAL, PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA COMPAÑÍA HENKEL COLOMBIANA S.A.S.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

“Asegurarse de que las generaciones futuras puedan vivir bien dentro de los límites de recursos de nuestro planeta implicará un cambio sustancial en nuestra forma de pensar.”
(Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sustentable (WBCSD).

Hoy en día el planeta enfrenta tiempos difíciles en materia ambiental y gran parte de esta problemática está relacionada con el agua. Su escasez y saneamiento adecuado es una problemática que va creciendo cada día más. Dentro del marco del 4° Foro Mundial del Agua, y específicamente en la declaración Ministerial se reafirmó la importancia crítica de este recurso, en particular el agua dulce para todos los aspectos del desarrollo sustentable¹. Adicionalmente hacia el año 2025, aproximadamente 48 países y más de 2800 millones de habitantes, se verán afectados por la escasez de agua. Otros nueve países, entre ellos China y Pakistán, estarán próximos a sufrir la falta de agua, más allá del impacto del crecimiento mismo de la población. Debido que el consumo de agua dulce ha estado aumentando en respuesta al desarrollo industrial y agrícola, por lo que la demanda creciente de la población se ha triplicado de esa manera la extracción de agua se ha visto sobreexplotada².

Además, la disposición del 2.5% de agua dulce para la humanidad se está reduciendo a raíz de una constante contaminación de los recursos hídricos. No obstante, este porcentaje no es totalmente aprovechable, pues únicamente el 0.4% del agua dulce está en condiciones aptas para ser utilizadas por los seres vivos³.

En Colombia el agua siempre ha sido vista como un bien casi inagotable, no obstante, el agua se considera un recurso escaso⁴, especialmente sectores agrícolas e industriales desconocen esta tendencia. Se estima que la demanda total por el recurso es de 12,5 km³/año, representada en un 54% por el sector agrícola, seguido por la actividad doméstica en un 29%, industrial un 13%, pecuaria un 3% y de servicios 1%⁵, y se afirma que el 40% de las principales cuencas hidrográficas son vulnerables al deterioro, atribuible entre otros, al clima, el grado de contaminación de las fuentes

¹ PNUMA, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Manual de Captación de Aguas Lluvias para centros urbanos. Introducción .2008. Pag 4.

² Ibid., p. 32. Pag 5

³ UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Freshwater Biodiversity versus Anthropogenic climate Change. ISBN 978-92-3-104134-1. 75352 Paris 07 SP, France 2010.

⁴ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. 96 p.

⁵ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Informe al Congreso de la República. Plan Nacional de Desarrollo 2010- 2014. Capítulo IV Sostenibilidad Ambiental y prevención del Riesgo. Gestión Integral del recurso hídrico, Junio 2011. 29 p.

superficiales, la erosión, una pobre cobertura vegetal y a la presión antrópica, lo cual puede limitar la disponibilidad de agua⁶.

El consumo y la calidad del agua, son factores que pueden ser más críticos bajo escenarios tales como el cambio climático, el crecimiento potencial de grandes poblaciones con industrias. Estos factores suelen ser agentes influyentes en los incrementos entre el costo y la demanda.

Adicional a esto las aguas pluviales urbanas a nivel general en el país son subutilizadas a causa de su falta de conciencia como un recurso, y procede en inconvenientes para su evacuación, debido a su poca respuesta en los sistemas de drenaje ante las crecientes lluvias en los últimos años. A consecuencia de esto, se genera un aumento de las superficies impermeables en las ciudades y los sistemas de drenaje del cual resultan ser incapaces para infiltrar los volúmenes de agua circulantes, generando con mayor frecuencia las inundaciones⁷.

Como respuesta ante esta crisis inconsciente a nivel local y nacional, el gobierno ha creado un Plan Nacional de Desarrollo 2010–2014, en el cual, el cuarto capítulo (Sostenibilidad y Prevención del Riesgo) busca desarrollar una gestión integral del recurso hídrico mediante lineamientos y estrategias socio-tecnológicas, que incentiven y fomenten en los diferentes sectores, el consumo y manejo del agua.

En el nivel local se creó un Plan Distrital del Agua que busca mecanismos activos, fomentando la reducción en el consumo de agua y alcantarillado, ya que en cierta medida reducen las inundaciones en épocas de invierno. A su vez podemos encontrar hoy en día en el sector industrial privado que existen compañías interesadas por buscar estrategias sostenibles con el medio ambiente sin afectar su negocio (hacer más con menos), una de ellas es Henkel Colombiana S.A.S, la cual manifiesta su intención de una estrategia de sustentabilidad, mediante una proyección hacia el 2030 pretendiendo usar solo un tercio de la totalidad de los insumos tercio de insumos de hoy por cada peso (\$), que se genera, con el fin de reducir su impacto en el ecosistema.

Henkel opera a nivel mundial en tres unidades de negocio estratégicas: Cuidado del Hogar, Cuidado Personal, Adhesivos, Sellantes y Tratamiento de Superficies. Esta fue fundada en 1876, manteniendo posiciones de mercado como líder mundial tanto en los negocios de consumo como industriales con marcas reconocidas como Persil, Schwarzkopf y Loctite. Actualmente tiene sus oficinas centrales en Düsseldorf/Alemania, cuenta con más de 47,000 empleados a nivel mundial y es una de las compañías alemanas con mayor presencia en el Mercado internacional donde Colombia no sería su excepción, disponiendo de una planta de producción cosmética ubicada en la ciudad de Bogotá

Esta compañía ha encontrado a nivel mundial y en nuestro país, una proyección estratégica de negocio especialmente en el Cuidado Personal y Cosmético, ampliando sus portafolios y ventas en los últimos 4 años, conllevando a mejorar sus procesos productivos, compra de tecnologías y ampliación en su infraestructura, no obstante,

⁶ Ibid., p. 32

⁷ ESTUPIÑAN, Jorge Luis y ZAPATA, Hector Ovidio. Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia. Tesis de Grado. Maestría en Ingeniería Civil. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería Civil. 2010. pag 21.

este crecimiento es directamente proporcional al consumo de servicios públicos resaltando los servicios de agua y energía (ver tabla 1.1).

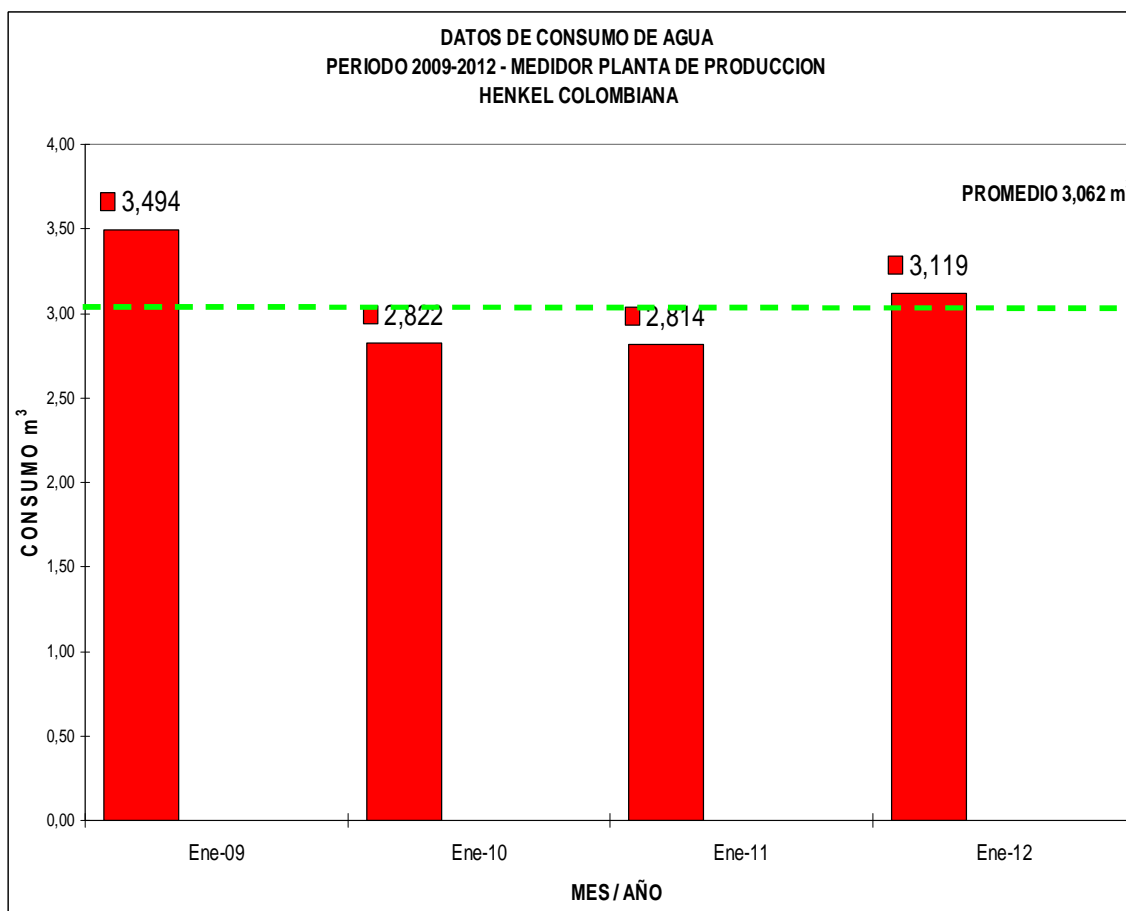


TABLA 1.1 – Consumos de Agua Periodo 2009-2012 – Medidor Principal Planta de Producción – Henkel Colombiana

Fuente: Recopilación del autor de acuerdo a los registros obtenidos de la factura de acueducto y alcantarillado Bogotá.

Se evidencia que durante el periodo 2009-2011 existió una reducción de consumo considerable, esto se debe a la repotenciación de Planta de Tratamiento de Aguas y mejoras a procesos internos de equipos. Sin embargo, para el periodo 2011-2012 aumento la capacidad de producción lo cual elevó nuevamente sus consumos dejando así un promedio de históricos de 3.062m³ durante los últimos años, por tal efecto significa que si los pronósticos de negocio son los esperados positivamente este consumo siga en incremento.

Efectivamente, para lograr reducir la problemática asociada a nivel nacional y especialmente a nivel distrital, se plantea la posibilidad de desarrollar un sistema para el aprovechamiento de las aguas pluviales como una alternativa de uso eficiente de los recursos en este caso del agua, enfocado en áreas de consumo continuo como lo es en la compañía Henkel Colombiana S.A.S. Para ello los sistemas de recolección de agua lluvia no representan grandes variaciones, su gran mayoría se componen de tres procesos (captación, conducción y almacenamiento), no obstante puede hacerse complejo según los usos que disponga (intercepción del agua, distribución, tratamiento y/o purificación), el cual significa una mayor inversión⁸.

⁸ HARI J. KRISHNA. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Austin Texas. 2005 p 56.

Con base en lo presentado, el problema que asume el presente proyecto de grado es el consumo masivo del agua a nivel mundial y nacional, consecuente con la escasez y disponibilidad, pureza y control de los vertimientos naturales y artificiales.

1.1. ESTADO DEL ARTE:

La literatura existente sobre los sistemas de aprovechamiento pluvial, fueron encontradas su gran mayoría en Internet. Allí se ofrece variada información desde artículos, conferencias, tesis, técnicas o manuales y normas desarrolladas hasta la actualidad, sin embargo los datos y fuentes encontradas datan no más de 12 años de acuerdo a los problemas y soluciones encontradas a nivel mundial. Tabla 1.2

| ORIGEN DE LA FUENTE | TIPO DE FUENTE | | | |
|---|----------------|--|----------------|------|
| ACADEMICAS | NIVEL | AUTOR | PAIS | AÑO |
| ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL USO SUSTENTABLE DEL AGUA LLUVIA | TESIS | HERRERA MONROY LUIS ALBERTO | MEXICO D.F | 2010 |
| PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA, COMO ALTERNATIVA PARA EL AHORRO DE AGUA POTABLE, EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARÍA AUXILIADORA DE CALDAS, ANTIOQUIA | MONOGRAFIA | PALACIO CASTAÑEDA NATALIA | COLOMBIA | 2010 |
| USO EFICIENTE DEL AGUA | ARTICULO | ERNATIONAL WATER AND SANITATION | COLOMBIA | 2003 |
| SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA PARA VIVIENDA URBANA | ARTICULO | VI SEREA - Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água | BRASIL | 2006 |
| HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA | ARTICULO | VI SEREA - Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água | BRASIL | 2006 |
| APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES | MONOGRAFIA | IVÁN FERNÁNDEZ PÉREZ. | ESPAÑA | 2009 |
| REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA PARA EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DEL AGUA LLUVIA EN EL CAMPUS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. SEDE BOGOTA | TESIS | ESTUPIÑAN PERDOMO JOSE | COLOMBIA | 2010 |
| VIABILIDAD DEL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LOS EDIFICIOS | INFORME | SANTA CRUZ JAIME | ESPAÑA | 2007 |
| EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA CALIDAD DE LA ESCORRENTÍA PLUVIAL SOBRE TEJADOS PARA SU POSIBLE APROVECHAMIENTO EN ZONAS PERIURBANAS DE BOGOTÁ | ARTICULO | REV. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 14(1) | COLOMBIA | 2011 |
| ESPECIALIZADA | NIVEL | AUTOR | PAIS | AÑO |
| IP AUSTRALIA - AU PATENTS - . SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA. AU2009241672 | PATENTE | ODRISCOLL NIGEL | AUSTRALIA | 2011 |
| USPTO ASSIGNMENT DATABASE. EE.UU. 2009/0166275 A1 TANQUE PARA SISTEMA DE APROVECHAMIENTO AGUA LLUVIA | PATENTE | EDUARD JAMES BURKE | ESTADOS UNIDOS | 2009 |
| PERFORMANCE OF RAINWATER HARVESTING SYSTEMS FOR NEW-BUILD DEVELOPMENTS IN THE UK, BASED MODELLING TOOL FOR THE HYDROLOGICAL AND FINANCIAL ASSESSMENT OF RWH SYSTEMS FOR NON-POTABLE USES. | INFORME | Richard Roebuck PhD, Bradford University | REINO UNIDO | 2008 |
| ESPECIALIZADA | NIVEL | AUTOR | PAIS | AÑO |
| IP AUSTRALIA - AU PATENTS - . SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA. AU2009241672 | PATENTE | ODRISCOLL NIGEL | AUSTRALIA | 2011 |
| USPTO ASSIGNMENT DATABASE. EE.UU. 2009/0166275 A1 TANQUE PARA SISTEMA DE APROVECHAMIENTO AGUA LLUVIA | PATENTE | EDUARD JAMES BURKE | ESTADOS UNIDOS | 2009 |
| MANUAL DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA ÁREAS RURALES PNUMA (PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE) | MANUAL | ANAYA. Garduño Manuel MARTINEZ. Jose Juan | MEXICO | 2007 |
| TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD THIRD EDITION THE TEXAS MANUAL ON RAINWATER HARVESTING | MANUAL | Hari J. Krishna, P.E., Contract Manager | ESTADOS UNIDOS | 2005 |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO. | MANUAL | Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. | PERU | 2003 |

Tabla 1.2 Cuadro de Fuentes Académicas y Especializadas.

Fuente: Recopilación del autor. Tomada de Internet.

1.1.1. Situación Actual en el mundo

Los métodos para el aprovechamiento del agua lluvia son conocidos a nivel mundial con la sigla RWH (Rainwater Harvesting), y son aplicados principalmente para el uso

doméstico, agrícola e industrial. Por su parte la mayor información existente sobre los sistemas de utilización fue tomada del artículo Historia de los Sistemas de Aprovechamiento de agua lluvia (IV SEREA), y de la tesis Estudio de Alternativas para el uso sostenible del agua lluvia (Herrera. Luís). Los estudios describen las actividades efectuadas durante las últimas décadas en diferentes zonas del planeta:

1.1.1.1. Europa

Hay naciones relevantes en métodos para la recolección de agua lluvia como Alemania, país que incorpora cada año 50mil de estos sistemas como parte de su política pública debido que la oferta de agua no incrementa a la velocidad de los crecimientos urbanos. En octubre de 1998, los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia fueron introducidos en Berlín, Alemania como parte de un redesarrollo urbano a gran escala, con el fin de controlar las inundaciones, el uso racional del agua y crear un mejor micro clima.

El agua lluvia cae en las cubiertas de 19 edificios (32.000 m²), se recoge y almacena en un tanque subterráneo de 3500 m³. Esta agua es usada para la descarga de inodoros, el riego de zonas verdes (incluyendo techos verdes) y llenar un estanque artificial. En otro proyecto Belss-Luedecke-Strasse Building State en Berlín, el agua lluvia de todas las cubiertas (7.000 m²) es descargada a una cisterna con capacidad de 160 m³, junto con el agua de escurrimiento de las calles, espacios de parqueadero y vías peatonales (área de 4.200 m²). El agua es tratada en varios pasos y usada en la descarga de sanitarios y el riego de jardines. El sistema está diseñado para que la mayoría de los contaminantes del flujo inicial sean evacuados al alcantarillado de aguas lluvias. El sistema retiene aproximadamente el 58% del agua lluvia que cae dentro del perímetro de las instalaciones. A través de un modelo basado en 10 años de simulación se estimó que el ahorro de agua potable con la utilización de agua lluvia es de 2.430 m³ por año, con este volumen se puede preservar el reservorio de agua subterránea de Berlín⁹.

En España ha sido desarrollado un proyecto para el municipio de castillejo de Guzmán, provincia de Sevilla, con la necesidad de cambiar el actual sistema de aprovechamiento de agua en los crecimientos urbanos por un modelo de gestión global del agua que optimice su tratamiento como recurso, es decir, un sistema que ofrezca la captación del agua hasta la devolución del medio y todas sus partes funcionen correctamente. Para ello el sistema supone un sistema global en el que su funcionamiento sea a nivel urbano, prolongando su vida útil mediante mecanismos de ahorro y reutilizando para cubrir sus necesidades. Reduciendo considerablemente la carga de aguas residuales a las que se enfrenta actualmente las depuradoras y sistemas de alcantarillado¹⁰ (Figura 1.1).

⁹ HERRERA Op. cit., p29

¹⁰ LOPEZ M. El Ciclo Urbano del Agua. Un nuevo modelo de sistema integral de gestión. Revista Idea Sostenible. Año 4 N°16. España. 2007

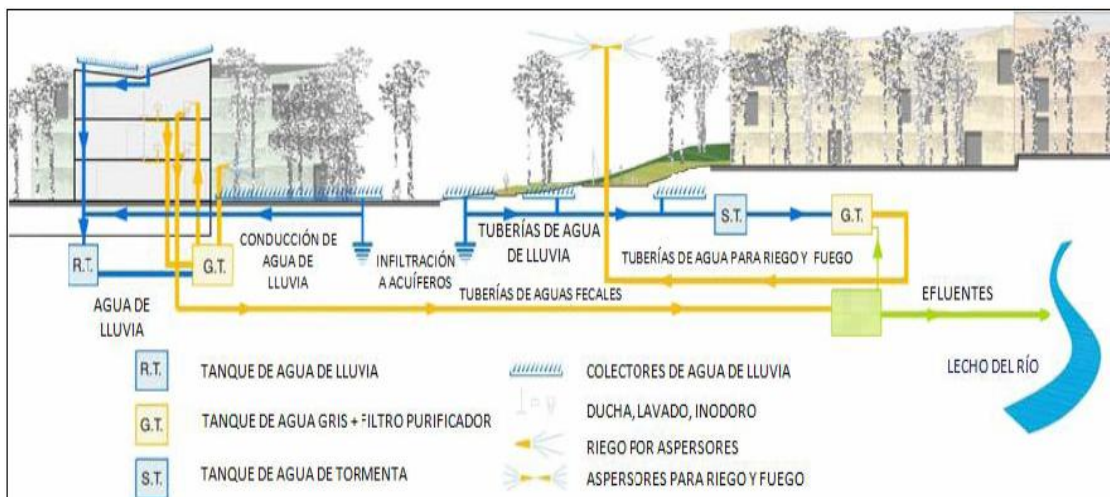


Figura 1.1. Modelo de sistema Integral de Gestión del agua.

Fuente: Eddea Arquitectura y Urbanismo. España

1.1.1.2. África

Es un continente con una situación muy crítica, debido a la alta concentración de pobreza que dificulta la obtención de recursos y la tecnología necesaria para construcción y operación de un sistema de acueducto y alcantarillado adecuado, además la escasez de fuentes apropiadas en cuanto a calidad y seguridad del suministro, ha hecho de este un problema aún mayor.

Aunque en algunas zonas de África en los últimos 5 años se ha producido una rápida expansión e implantación de los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias con grandes proyectos en Botswana, Togo, Malí, Malawi, Sudáfrica, Namibia, Zimbabwe, Mozambique, Sierra Leona y Tanzania. Exceptuando parte del Sur de África donde ha sido lento, a causa de la baja precipitación, el reducido número y tamaño de las cubiertas impermeabilizadas y el alto costo en la construcción de los sistemas con relación a los ingresos familiares.

Uno de los proyectos adelantados es el de "Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia de Muy Bajo Costo" el cual se desarrolló con el concurso de varias organizaciones Africanas y el apoyo de Development Technology Unit (Inglaterra). Las prácticas convencionales en muchos países de África de aprovechamiento de agua lluvia son de carácter informal lo que permite tener costos reducidos, causando una muy baja calidad del agua y eficiencia del sistema. En un punto intermedio se encuentra las tecnologías de "muy bajo costo", la cual pretende suplir sólo un porcentaje de la demanda total de las casas a partir de una inversión que no supera los 120 dólares, y usando los materiales disponibles en la zona¹¹ (Figura 1.2).



Figura 1.2. Sistemas convencionales de bajo costo. África.

Fuente: Unidad de desarrollo de Tecnología (Development Technology unit)

¹¹ BALLEN Op. cit., p5

1.1.1.3. Asia

La India, segundo país con mayor población después de China. Por ello el gran problema que enfrenta su gobierno para suministrar los servicios básicos a 1.000 millones de personas. La solución que se ha tomado para enfrentar estos problemas es mediante técnicas de aprovechamiento de agua lluvia. En la India, el monzón es un diluvio breve, allí se dan aproximadamente 100 horas de lluvia por año. En estas 100 horas debe captar y almacenar el agua para las otras 8,660 horas que constituyen un año. Hoy en día se dedican estudios sobre el efecto de la depresión de almacenamiento en el flujo máximo¹².

En Bangladesh, la recolección de agua lluvia se ve como una alternativa viable para el suministro de agua segura en áreas afectadas por contaminación con arsénico. Desde 1977, cerca de 1.000 sistemas de aprovechamiento de agua lluvia fueron instalados en el país por la ONG Forum for Drinking Water Supply & Sanitation. Existen varios tipos de tanques utilizados para el almacenamiento de agua lluvia en Bangladesh: tanques de concreto reforzado, tanques de mampostería, cisternas y tanques subterráneos, estos tienen un costo que varía entre US\$ 50 y US\$ 150. El agua lluvia almacenada se usa para beber y cocinar, esta es aceptada como segura y cada vez es más utilizada por los usuarios locales¹³.

En China se ha estado enfrentando serios problemas de escasez de agua que han causado grandes pérdidas económicas y medioambientales. La peor condición de escasez de agua se da en la meseta de Loess de Gansu, localizada en el noroeste del país. Esta es una de las áreas más pobres de China donde el escurrimiento y el agua superficial son muy escasos. La agricultura en esta región confía en la llegada oportuna de la lluvia; por ello la mayoría de estos pueblos han padecido de sed durante siglos. Para promover el desarrollo social, económico y mejorar la calidad de vida, es necesario mejorar las condiciones de abastecimiento de agua. La única fuente de agua potencial en esta área es la lluvia.

Debido a esto desde 1988, se han probado eficientes técnicas de captación de agua lluvia y de 1995 a 1996, el gobierno local ha implementado el proyecto llamado "121" para captación de agua lluvia, apoyando económicamente a cada familia para construir: un campo de recolección de agua, dos de almacenamiento y un terreno adecuado para cultivar. El proyecto suministra agua a 1.2 millones de personas (260,000 familias) y 1.18 millones de cabezas de ganado. Hoy en día se desarrollan estudios en simulaciones hidráulicas y análisis económico para el aprovechamiento de aguas pluviales, investigaciones sobre la estructura de nido de abeja UPVC tanques de agua de lluvia¹⁴.

Por otro lado, Singapur cuenta con recursos naturales limitados y una creciente demanda de agua, esto ha llevado a la búsqueda de fuentes alternativas y métodos innovadores para el aprovechamiento del recurso agua. Alrededor del 86% de la población de Singapur vive en edificios de apartamentos. Los techos de estos edificios

¹² INTERNATIONAL CONFERENCE ON GREEN TECHNOLOGY AND ENVIRONMENTAL CONSERVATION (GTEC). 15-17. Ahmed Z. Hyderabad, India. Dec 2011

¹³ HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA. VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua. Brasil 2006.

¹⁴ INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRIC TECHNOLOGY AND CIVIL ENGINEERING (ICETCE), Zhan Hong – yu. Wuhan, China. 22-24 April. 2011.

son utilizados para la captación de aguas lluvias. El agua lluvia es almacenada en cisternas separadas del agua potable, para darle usos diferentes al de consumo humano.

En Tokio el aprovechamiento de agua lluvia es promovido para mitigar la escasez de agua, controlar las inundaciones y asegurar agua para los estados de emergencia. A nivel comunitario se están implementado instalaciones que están introduciendo a la población en la utilización del agua lluvia, éstas son llamadas “Rojinson”, se les encuentra la vía pública del distrito de Mukojim. Está instalación recibe el agua lluvia del techo de la casa, la cual es almacenada en un pozo subterráneo, para extraer el agua se utiliza una bomba manual y finalmente el agua colectada es usada para el riego de jardines, aseo de fachadas y pisos, combatir incendios y como agua de consumo en situaciones de emergencia¹⁵(Figura 1.3). Actualmente se desarrollan modelos y análisis de la tecnología de captación de aguas pluviales en difusión de procesos basado en el enfoque de redes sociales Umbral¹⁶.

En Tailandia el almacenamiento de agua lluvia proveniente del escurrimiento de los techos en vasijas de arcilla es un sistema apropiado y económico para obtener agua de alta calidad. Las vasijas se consiguen para diferentes volúmenes, desde 1.000 hasta 3.000 litros y están equipadas con tapa, grifo y un dispositivo de drenaje. El tamaño más popular es 2.000 litros, esta vasija tiene un costo de US\$ 20 y puede suministrar agua lluvia suficiente para una casa con seis personas durante el periodo seco. Actualmente desarrollan estudios sobre membranas sumergidas con biofiltro como tratamiento de agua de lluvia¹⁷.

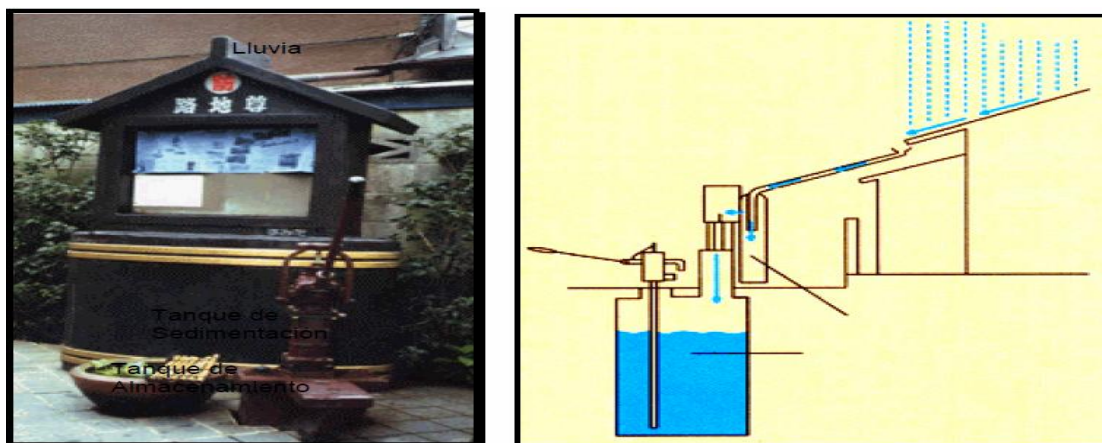


Figura 1.3. “Rojison”, instalación para la utilización de agua lluvia a nivel comunitario en Tokio, Japón.

Fuente: UNEP

1.1.1.4. Oceanía

¹⁵ BALLEEN Op. cit., p6.

¹⁶ INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM, MAN CYBERNETICS SMC 2008.. Sammadar S. 12-15 October.2008

¹⁷ WATER, AIR, & SOIL POLLUTION: FOCUS Volume 9, Numbers 5-6 (2009), 431-438, DOI: 10.1007/s11267-009-9227-9

En Australia, exceptuando las grandes urbes y las poblaciones mayores, la densidad de población es muy baja, debido a esto el agua debe recorrer grandes distancias a través de kilómetros de tubería, haciendo que esta sea muy costosa o que en algunos lugares remotos no se suministre el servicio. En Australia el aprovechamiento de agua lluvia se usa como una solución común al problema de suministro de agua. En 1994 la Australian Bureau of Statistics (Oficina Australiana de Estadística) realizó un estudio mostrando que el 30.4% de los hogares australianos ubicados en las zonas rurales y el 6.5% de los hogares en las ciudades utilizan algún sistema de aprovechamiento de agua lluvia, también se indica en el estudio que el 13 % de las casas donde se ha implementado un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, el agua se utiliza para beber y cocinar.

1.1.1.5. Norte América

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son usados en los siguientes 15 Estados y territorios de los Estados Unidos: Alaska, Hawai, Washington, Oregon, Arizona, Nuevo México, Texas, Kentucky, Ohio, Pennsylvania, Tennessee, North Carolina, Virginia, West Virginia y las Islas Vírgenes. Se estima que más de medio millón de personas en los Estados Unidos utilizan sistemas de aprovechamiento de agua lluvia abasteciéndose de agua para usos doméstico o propósitos agrícolas, comerciales o industriales. Existen más de 50 compañías especializadas en el diseño y construcción de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias¹⁸.

Texas es el estado donde más se utilizan los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Una casa típica en Texas tiene un área de 200m² de cubierta y puede producir más de 150.000L de agua al año con una precipitación anual media de 850mm. El costo de los sistemas depende básicamente del tamaño de la cisterna de almacenamiento, el sistema para una casa puede costar entre US\$5,000 y US\$8,000 (año 2000), incluyendo los canales y tuberías para conducir el agua a la cisterna, el costo de la cisterna, la bomba y el sistema de tratamiento.

En Vancouver (Canadá) se provee de un subsidio para la compra de barriles para el aprovechamiento del agua lluvia, como parte de un programa piloto para la conservación del agua. Los barriles de agua lluvia son tanques plásticos de 75 galones (284 litros) que se entregan por U\$40 incluidos los impuestos. El barril se utiliza para recolectar agua lluvia proveniente de los techos, siendo utilizada para regar los jardines y el césped, estas actividades demandan más del 40% del agua total que llega a las viviendas durante el verano. Las proyecciones indican que cada barril podría ahorrar cerca de 1.3000 galones (4.920 litros) de agua durante los meses de verano donde la demanda de agua es más alta.

En Toronto (Canadá), construyen casas familiares "HEALTHY HOUSE" de tres habitaciones con un área de 158m² ubicada en Riverdale. Esta edificación es totalmente autosuficiente, no depende del sistema de acueducto municipal. El esquema general del funcionamiento del sistema de aprovechamiento de agua lluvia. El agua para consumo humano se suministra por medio de un sistema de canales que conducen el agua lluvia hacia un tanque de almacenamiento donde se le adiciona cal, esta es utilizada para reducir la acidez del agua y darle un sabor fresco, posteriormente el agua pasa a través de un filtro de arena fina y carbón activado para

¹⁸ BALLEEN Op. cit., p9

remover todas las impurezas y por último es sometida a un proceso de desinfección mediante luz ultravioleta (Figura 1.4).

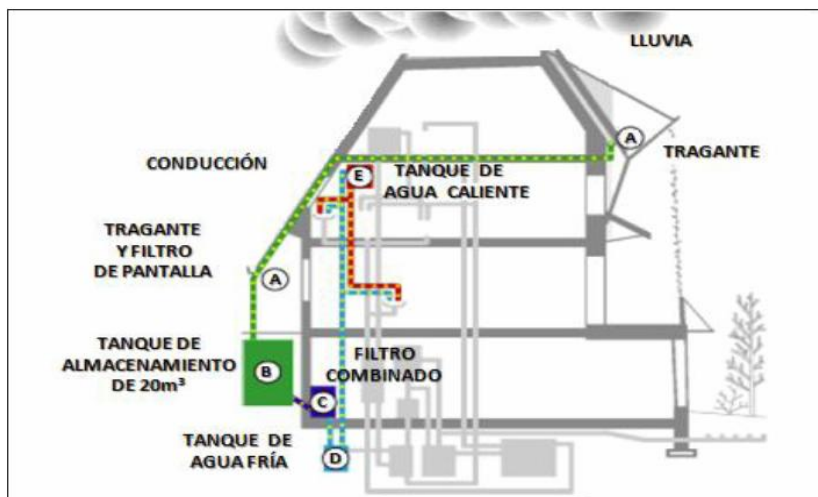


Figura 1.4. Esquema de funcionamiento del sistema de aprovechamiento de agua lluvia en "Healty House", Toronto, Canadá.

Fuente: Canada Mortgage and Housing Corporation

1.1.1.6. Centro América

En San Felipe (Guanajuato, México) municipio ubicado a una altura de 2.140 metros s.n.m., su clima es templado y seco de tipo desértico. En este municipio el Ingeniero Agrónomo fallecido Hugo Velasco Molina, con el apoyo de la División de Agricultura y Tecnología de Alimentos, del Tecnológico de Monterrey desarrolló su proyecto "Agua y Vida" el cuál comenzó en 1996 con almacenamientos de agua, ya que en esta población se dan periodos sin lluvia que superan los dos meses, el primer desarrollo tecnológico fue un sistema de aprovechamiento de agua lluvia que cuenta con una cisterna con capacidad de almacenamiento de 500.000L y un área de captación cubierta de piedra laja. La siguiente obra fue construida a las afueras del municipio y se llamó "Techo-Cuenca" y consta de dos cubiertas con pendiente que se unen en una canal la cual está conectada a una tubería que conduce el agua a un deposito con capacidad para almacenar 285.000L de agua ubicado dentro del municipio, que se ha denominado "Casa del Agua y Vida" donde se distribuye agua potable a las familias que la necesiten.¹⁹

En Tegucigalpa (Honduras), en los barrios Israel Norte y Villa Nueva, se pueden encontrar viviendas acondicionadas con precarios sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, algunos faltos mantenimiento y limpieza. Estos sistemas aún con sus deficiencias logran mejorar el nivel de vida de los habitantes que ponen en práctica las metodologías para aprovechar el agua lluvia. Muchos de estos sistemas utilizan materiales reciclables y algunos prototipos muestran grandes niveles de iniciativa e ingenio.²⁰

¹⁹. VI SEREA. Op cit, p10

²⁰ HERRERA Op. cit., p30

1.1.1.7. Pequeñas Islas

La mayoría de pequeñas islas en el planeta tienen una vegetación exuberante y climas cálidos con mucha humedad, pero las corrientes de agua superficial suelen ser escasas, por ello las poblaciones ubicadas en dichos territorios tienen problemas de abastecimiento de agua potable por ello utilizan los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia como su forma de suministro, es el caso de: Los Estados Federados de Micronesia, Rapa-Nui, Bermudas, Islas Vírgenes, Hawai, San Andrés entre otras.²¹

1.1.1.8. Sur América

La década pasada en Brasil, muchas ONG y organizaciones ambientales se enfocaron en trabajar en el suministro de agua para consumo humano usando sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. En la región noroeste de Brasil de clima semiárido, en promedio anual de lluvia varía desde 200 hasta 1.000mm. Las comunidades nativas tradicionalmente han recogido agua lluvia en pozos excavados a mano en rocas, pero este sistema no logra satisfacer las necesidades de la población, por ello una ONG y el gobierno de Brasil iniciaron un proyecto para construir un millón de tanques para la recolección de agua lluvia en un periodo de 5 años, para beneficiar a 5 millones de personas. La mayoría de estos tanques fueron hechos con estructuras de concreto prefabricado o concreto reforzado con mallas de alambre.²²

1.1.2. Colombia-Sistemas de Aprovechamiento de Aguas Lluvias

Colombia es reconocida a nivel mundial por su riqueza hídrica, debido a su ubicación geográfica sobre la línea del Ecuador, permitiéndole tener precipitaciones anuales de más de 3.000mm (el promedio mundial es de 900)²³ y cinco grandes vertientes (Caribe, Pacífico, Orinoco, Amazonas y Catatumbo). Debido a esto, la mayoría de las poblaciones se abastecen de fuentes superficiales de agua (embalses, ríos, lagos y quebradas) y su acceso inmediato y constante al recurso ha dejado a parte el desarrollo de tecnologías alternativas para el suministro de agua, entre ellas el aprovechamiento de agua lluvia.

Sin embargo, según el informe Diagnóstico del cumplimiento del Derecho Humano al Agua en Colombia²⁴, el 89% de los municipios y más de la mitad de la población total del país afronta problemas de abastecimiento de agua, presentándose la mayor vulnerabilidad (alta y muy alta) en la región andina, Norte de Santander y Costa Atlántica. Revela el estudio que “De los 1.119 municipios y corregimientos del país, 56 tienen coberturas por encima del 95% y están en el nivel “sin prioridad”; el “bajo” lo ostentan 94 municipios, el “medio” 11, el “medio alto” 71 municipios y el “alto” 887”. De acuerdo con los valores críticos dados por Falkenmark (1999), en los países donde la disponibilidad de agua *per cápita* por año sólo logra a los 1000m³ se tiene una situación de escasez de agua. En Colombia, según con las evaluaciones realizadas por el IDEAM, la disponibilidad de agua en 1985 alcanzaba una cifra aproximada de

²¹ VI SEREA. Op cit, p10

²² VI SEREA. Op cit, p7

²³ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Análisis del sector de agua potable y saneamiento. Colombia. 2001.

BÁSICO EN COLOMBIA

²⁴ DEFENSORIA DEL PUEBLO. Diagnóstico del cumplimiento del derecho humano al agua en Colombia. ISBN:978-958-9353-96-7. Bogotá D.C. 2009.

60.000m³ por habitante al año, del cual ha evolucionado por causa del crecimiento poblacional del país, y para el año 2005 se redujo a un valor de 40.000m³.

A pesar de que esta última cifra es mucho mayor a los valores críticos planteados por Falkenmark, es preocupante la tendencia que se registra cada año. Para ello si hipotéticamente se mantuviera el crecimiento poblacional, sectorial y de mantener los hábitos de uso y consumo actuales, en el término de 40 años el país tendría una disponibilidad hídrica anual per cápita igual 1000 m³, consiguiendo los valores críticos señalados el autor para una crisis de abastecimiento de agua²⁵.

La estructura de consumo del país, el departamento del Magdalena es el que más agua consume (Figura 1.5 y 1.6.) seguido por el Atlántico, Bolívar, Cundinamarca, Cesar, Sucre y el Distrito Capital. El patrón de mayor demanda hídrica por el sector agrícola se mantiene, con diferentes porcentajes, en los departamentos del Atlántico, Bolívar, Cundinamarca, Cesar y Sucre, siendo la excepción el Distrito Capital en cuya estructura el mayor aporte de demanda lo hace el sector doméstico (Figura 2.7).

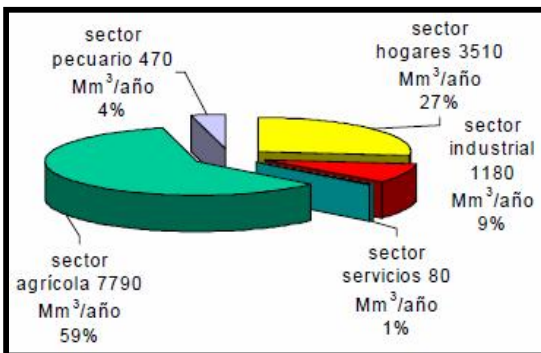


Figura 1.5 Estructura de la demanda de agua en Colombia

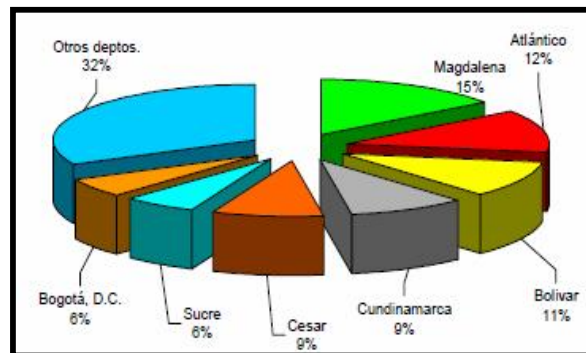


Figura 1.6. Demanda de agua en Colombia según departamentos

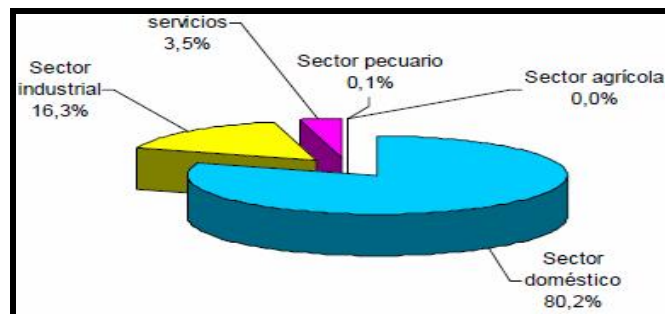


Figura 1.7 Estructura de demanda hídrica en el Distrito Capital.

FUENTE: Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 32(123): 195-212, 2008. p 207

Los ejes principales de presión sobre los recursos hídricos en el país es el crecimiento poblacional, a esta presión poblacional se le adicionan las demandas agrícolas e industriales, conllevando a consecuencias adversas que se revierten en la sociedad con la oferta y demanda del agua, es decir, al crecer la demanda de agua aumentan los vertimientos de aguas residuales que impactan la calidad del recurso hídrico, causando inundaciones y deslizamientos de tierra a causa de los desbordamientos en ríos y lagunas, en otros casos induciendo la escasez de agua, no por su disponibilidad

²⁵ DOMINGUEZ, Efraín. RIVERA, Hebert. y VANEGAS, Raquel. Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 32(123): 195-212, 2008. ISSN 0370-3908. Colombia. Última Actualización 07.03.2012. p. 197.

sino por la calidad inadecuada para el consumo humano o para el uso en actividades productivas.

Ante esta respuesta a los diferentes casos de comunidades con problemas de abastecimiento de agua potable se inició el uso de sistemas para el aprovechamiento de agua lluvia, sin embargo gran parte de ellos son poco tecnificados ocasionando una baja calidad en el agua y baja eficiencia de los sistemas, como lo es el caso de la comunidad de la Bocana en Buenaventura, algunos asentamientos de la isla de San Andrés, la vereda Casuarito del municipio de Puerto Carreño (Vichada), el Barrio el Ponzón de Cartagena, el asentamiento subnormal de Altos de Menga en la ciudad de Cali, entre otros lugares²⁶.

En algunas edificaciones de tipo institucional o comercial, se han realizaron diseños de instalaciones hidráulicas para el aprovechamiento del agua lluvia cubriendo total o parcialmente la demanda, entre ellos se cuenta²⁷:

- ✓ El almacén Alkosto de Venecia (Bogotá), se aprovechan 6.000 m² de cubierta para captar alrededor de 4.820 m³ de agua lluvia al año, con lo cual se satisface el 75% de la demanda actual de agua potable de la edificación.
- ✓ El almacén Alkosto de Villavicencio, tiene una cubierta de 1.061m² con la cual se capta el agua lluvia para ser almacenada en un tanque de 150m³, posteriormente el agua es tratada por medio de los procesos de floculación, filtrado y cloración realizados en una planta de tratamiento, el sistema proporciona agua potable para todas las necesidades del almacén durante todo el año.
- ✓ El Complejo Acuático Simón Bolívar en Bogotá: La cubierta recoge el agua lluvia y la envía a un tanque de purificación. Luego de ser procesado, el líquido pasa a un tanque de aguas tratadas para que un sistema especializado, verifique su saneamiento y finalmente la inyecte al sistema hidráulico, para usos tales como el llenado de piscinas, labores de limpieza y adecuación de baños, cocinas o jardines.
- ✓ El edificio de Postgrados de Ciencias Humanas de la sede Bogotá de la Universidad Nacional, cuenta con un sistema en el cual en su cubierta protegida con grava se capta agua lluvia que es llevada a un tanque subterráneo, desde el que se bombea agua para la descarga de los inodoros, y alimentar las fuentes y los espejos de agua.
- ✓ Las sedes de Compensar de Bogotá (Av 68 y Calle 94) funcionan con un sistema de captación y filtración de aguas lluvias para suplir necesidades de mantenimiento de áreas verdes y sanitarios.

1.1.3. Manuales o Técnicas de Diseño:

²⁶ BALLEEN Op. cit., p10

²⁷ RAMIREZ, Jorge. Reciclaje Hídrico y Construcción [Conferencia, grabación sonora]. Holcim. Bogotá. Abril 2010.

http://www.construdata.com/BancoConocimiento/R/reciclaje_hidrico_construccion/reciclaje_hidrico_construccion.asp

Dentro de los manuales técnicos nombrados anteriormente, se realizó un cuadro comparativo de cada uno de los componentes que se ofrece para los lineamientos de diseño y construcción los cuales son:

| NOMBRE | AUTOR (ES) | PAIS | AÑO | CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO | | | | | | | |
|---|--|--------------|------|--------------------------------------|--|---|--|--|---|--------------------------------------|--|
| Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano. | Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud | PERU - Lima | 2003 | Determinación de la demanda y oferta | Determinación de la precipitación promedio mensual | Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento | Potencial de ahorro de agua potable | Red de distribución de agua lluvia | Sistema de bombeo | Características de la bomba | |
| Texas Water Development Board Third Edition The Texas Manual on Rainwater Harvesting | Hari J. Krishna, P.E., Contract Manager | EEUU - Texas | 2005 | Estimación de la Demanda | Los cálculos precipitación promedio | Estimación de Costos | | | | | |
| Manual de Captación de Agua de Lluvia para Áreas Rurales: Sistemas de Captación y aprovechamiento del Agua de Lluvia para uso doméstico y consumo humano en América Latina y el Caribe PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) | ANAYA, Garduño Manuel MARTINEZ, Jose Juan | MEXICO | 2007 | Determinación de la demanda de agua | Cálculo de la precipitación pluvial neta - Área de Captación | Área de captación del agua de lluvia | Sistema de conducción del agua captada | Volumen del sedimentador o trampa de sólidos | Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada | Bombeo del agua de lluvia almacenada | Diseño del sistema de purificación de agua de lluvia |
| Performance of rainwater harvesting systems for new-build developments in the UK, based modelling tool for the hydrological and financial assessment of RWH systems for non-potable uses. | Richard Roebuck, PhD, Bradford University | UK Londres | 2008 | Modelo Conceptual | Métodos de Modelización de la Performance Hidrológico de Sistemas de captación de agua de lluvia | Evaluación Financiera de los Sistemas de agua de lluvia | Desarrollo del modelo aprovechamiento de aguas lluvias (software). | | | | |
| Guidelines for Residential. Rainwater Harvesting Systems. HANDBOOK | Christopher Despins, M.Sc., P.Eng & Chantelle Leidl, M.Sc. | CANADA | 2010 | Agua lluvia y transporte | Almacenamiento de las aguas lluvias y dimensionado del tanque | Calidad y tratamiento del agua | Bombeo y sistema de distribución | | | | |
| GUIA TECNICA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES EN EDIFICIOS | Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas (AQEA ESPAÑA) | ESPAÑA | | Captación | Filtración | Almacenamiento | Distribución | | | | |

Tabla 1.3 Manuales o Técnicas de Diseño. Características de Diseño.

Fuente: Recopilación del autor según fuente encontrada en la red.

1.2. JUSTIFICACIÓN:

Es claro que a nivel mundial el índice de escasez de agua es una gran problemática que se enfrenta hoy en día. Por su parte Colombia, una nación de precipitaciones continuas, catalogado como el cuarto país del mundo por su disponibilidad hídrica, sin embargo, está enfrentando un conflicto por el uso del espacio para su desarrollo socio-económico y para protección de la oferta hídrica natural²⁸. El crecimiento actual del país ha congregado la demanda hídrica sobre regiones donde su oferta es escasa y en las cuales los procesos de crecimiento poblacional amplifican la presión sobre un recurso que registra altos requerimientos para mantener la estructura socio-económica instalada.

En consecuencia ante esta crisis mundial, hoy por hoy diferentes países fomentan una cultura para preservar su medio ambiental, desde iniciativas y aranceles en diferentes sectores que minimicen el consumo energético. En el caso de Henkel Colombiana S.A.S, siendo una compañía multinacional Alemana fomenta su visión y valores a nivel mundial de la siguiente forma:

²⁸ DOMINGUEZ Op. cit., p180

VISION: Líder global en marcas y tecnologías²⁹.

VALORES:

1. Ponemos a nuestros **clientes** en el centro de lo que hacemos.
2. Valoramos, ponemos retos y recompensamos a nuestra **gente**.
3. Dirigimos una actuación financiera sostenible basada en la **excelencia**.
4. Estamos comprometidos con ser líderes en **sostenibilidad**:

“Somos una compañía orientada a los resultados y comprometida en aumentar el valor de nuestro negocio y proporcionar un retorno competitivo a nuestros accionistas. Estamos comprometidos con ser líderes en sostenibilidad “

5. Construimos nuestro futuro sobre los cimientos de nuestro negocio **familiar**.

Henkel define sostenibilidad como un conjunto de personas viviendo bien y con los recursos limitados del planeta. Sin embargo, la huella humana a nivel global ya es mayor de lo que los recursos del planeta pueden soportar. La población sigue creciendo muy rápidamente y este crecimiento está cambiando también la forma de consumir. Como resultado de esto, la presión sobre los recursos naturales se va acelerar de modo dramático en las próximas décadas. No obstante aunque estos desarrollos son retos para el futuro, también ofrecen un enorme potencial: innovar y conseguir más con menor será la clave para ser sostenible si tener que sacrificar la calidad de vida de las personas.

Para ello necesita realizar productos que permitan a la gente vivir bien utilizando cada vez menos materiales. Esta es la clave de la Estrategia de sostenibilidad 2030 de Henkel: alcanzar más con menos. Buscando la manera de crear más valor para sus clientes, consumidores, comunidades y la propia compañía de mano con la huella medioambiental.³⁰

Se tiene como reto a largo plazo mejorar la relación entre el valor que se produce y la huella en un Factor de 3, para un periodo de 20 años. Esto significa que en 2030 todos los productos y procesos deberán ser el triple de eficientes de lo que son hoy en día. A este objetivo se le llamamos: “Factor 3”. A su vez, se han definido objetivos más específicos a 5 años para las 6 áreas focales en las que se concentraría la compañía. (ver figura 1.8).



²⁹ HENKEL REGION ANDINA. Visión y Valores. www.henkel.com.

³⁰ HENKEL REGION ANDINA. Sostenibilidad. www.henkel.com.

Figura 1.8 Áreas Focales y Objetivos de la Compañía desde 2010 a 2015.

Fuente: http://www.henkel.es/ess/content_images/HENKEL_CSR_Graphic_frei_254632_web_561W.jpg

Para el consumo de Agua y aguas residuales se enfocan en la reducción del consumo de agua durante sus procesos y uso de productos para evitar la generación de aguas residuales.

En efecto, el aprovechamiento de las aguas lluvias tanto a nivel mundial, nacional y local han resultado y seguirán siendo una respuesta ante la problemática de escasez para un uso adecuado del agua en los sectores agrícolas, industriales, comerciales y domésticos, como ejes principales de demanda en cualquier país. A continuación se nombran algunas ventajas del sistema³¹:

Ventajas Económicas

- El agua lluvia es un recurso gratuito e independiente de otros recursos o servicios públicos.
- El uso de agua lluvia supone una reducción substancial de la factura de agua y alcantarillado.
- Requiere de una infraestructura sencilla para su captación, filtración, almacenamiento y distribución, comparada con los procesos industriales actuales
- Ahorro del 50% en el uso de detergentes y suavizantes al usar agua de lluvia en diferentes procesos no potables.
- Prolonga las reservas de agua potable.

Ventajas Ambientales

- Las aguas pluviales representan altas propiedades físico-químicas
- Reduce en cierta medida las inundaciones y la erosión.
- Ayuda a mitigar la demanda en ciertos sectores donde se tenga acceso limitado al agua dulce.

Ventajas de Calidad

- Es un agua relativamente limpia, debido a que no entra en contacto con el suelo y las rocas donde se disuelven las sales y minerales, en comparación con las fuentes comunes de agua dulce disponible.
- El agua lluvia es óptima para la irrigación de los jardines y cultivos o para diferentes usos no potables.

2. OBJETIVO:

2.1. General:

Realizar un estudio técnico-económico de un sistema de aprovechamiento pluvial, para la planta de producción de la compañía Henkel Colombiana S.A.S.

2.2. Objetivos Específicos:

- ✓ Estimar la precipitación promedio de agua lluvia en la ciudad de Bogotá.
- ✓ Recopilar la demanda actual de los consumos de agua durante un periodo de 3 meses, y estableciendo medidores en las áreas establecidas por la compañía.

³¹ OTTO GRAF GMBH. Sistema de aprovechamiento de agua lluvia. Beneficios de Recuperar el agua de lluvia Carat S. España. Ed. 2010. 6p.

- ✓ Diseñar el sistema de aprovechamiento pluvial, de acuerdo a la demanda establecida y cada uno de sus componentes (captación, recolección, conducción, almacenamiento, filtración, distribución y bombeo de agua a las áreas seleccionadas).
- ✓ Estimar el ahorro potencial del sistema diseñado.
- ✓ Estimar el costo-beneficio del sistema diseñado.
- ✓ Elaborar cronograma detallado sobre las actividades para su implementación.

3. MARCO TEÓRICO:

Los referentes teóricos a usar en el proyecto serán las normas para el diseño de aprovechamiento pluvial establecidas a nivel mundial como lo es la norma DIN 1989 y la norma BS 8515, a nivel nacional nos apoyaremos en el reglamento técnico RAS-2000 y finalmente en las metodologías mostradas encontradas en el estado del arte.

3.1. DIN 1989: Estándar Alemán para la recolección de agua de lluvia. (2005)

El estándar para la recogida de aguas pluviales ha sido desarrollado de acuerdo a las normas generalmente reconocidas de la tecnología para instalaciones de agua potable tales como las normas DIN1988 y DIN EN 1717. Para los sistemas de drenaje de se establece de acuerdo con la serie estándar DIN EN 12056 y DIN 1986.

➤ Parte 1- 2001: planificación, instalación, operación y mantenimiento

Esta norma se aplica a los sistemas que utilizan agua de lluvia en los hogares y las empresas comerciales e industriales, así como en las organizaciones públicas, en el que se utiliza para inodoros, con fines de refrigeración, para lavar y limpiar los sistemas y para riego de zonas verdes.

➤ Parte 2 -2004: Filtro de agua de lluvia para la cosecha

Esta parte establece la norma y las pruebas de los filtros mecánicos de trabajo que se instalan en la oferta de depósitos para los sistemas de recolección de agua lluvia.

➤ Parte 3 – 2003: El agua de lluvia - Almacenamiento

Esta parte establece los estándares, pruebas y evaluaciones de la conformidad de productos manufacturados y depósitos monolíticos, de fabricación para múltiples piezas de almacenamiento y depósitos realizados en el lugar.

➤ Parte 4 - 2004: Componentes para el Control y la oferta complementaria

Esta parte establece las pruebas para la fabricación y montaje unidades de alimentación suplementaria para el almacenamiento, para unidades de control del sistema de bombeo y las unidades híbridas.

3.2. BS 8515 – 2009: BSI British Standards - Sistemas de recogida de aguas pluviales Código de buenas prácticas:

Esta abarca el diseño, instalación, la calidad del agua, el mantenimiento y el riesgo gestión de los sistemas de recolección de agua lluvia. El uso de las culatas de agua y el diseño del sistema componentes no están cubiertos pero sí se aplica por igual a los

de nueva construcción y los proyectos de modernización. No obstante esta norma está basada con respecto a la norma anterior.

3.3. RAS-2000. Reglamento técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Sistemas de Recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales (Colombia):

Establece las condiciones requeridas para la concepción y desarrollo de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales. De esta manera permite orientar la planificación, diseño, construcción, supervisión técnica, operación, mantenimiento y seguimiento de estos sistemas y sus componentes.

3.4. Clases de Sistemas de Aprovechamiento Pluvial:

Según establecida la demanda y disponibilidad de área se puede aplicar tres tipos básicos de sistemas de captación de agua de lluvia (Figura 3.1):

- a) el agua recogida en el tanque de almacenamiento (s) y se bombea directamente a los puntos de uso;
- b) el agua recogida en el almacenamiento del tanque (s) y alimentado por gravedad a los puntos de uso;
- c) el agua recogida en el tanque de almacenamiento (s), bombeada a una elevada cisterna y alimentado por gravedad a los puntos de uso.

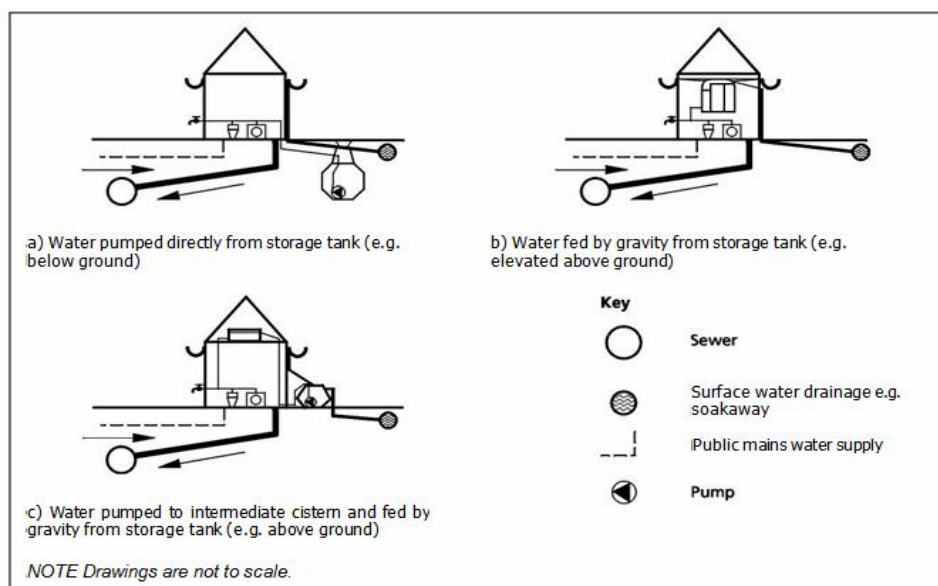


Figura 3.1 Ejemplos de sistemas de captación de agua de lluvia.

Fuente: BS 8515 – 2009: BSI British Standards

Dentro de estos tipos básicos, hay variaciones, tales como:

- 1) lugares internos o externos de los tanques;
- 2) depósitos conectados uno o varios;
- 3) independiente o tanques enterrados, total o parcialmente;
- 4) tanques de suministro de múltiples propiedades comunales;
- 5) los sistemas de envasados o componentes.

3.5. Componentes:

Dentro de los componentes principales establecidos por la norma DIN 1989 son los siguientes:

3.5.1. Captación

Es la superficie sobre la cual cae la lluvia. La mayoría de los sistemas utilizan la captación en los techos, los cuales deben tener adecuada pendiente (no inferior al 5%) y superficie, que faciliten el escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de recolección. Los materiales con que están construidas las áreas de captación, no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia de los sistemas de tratamiento demás, la superficie debe ser de tamaño suficiente para cumplir la demanda y tener la pendiente requerida para facilitar el escurrimiento pluvial al sistema de conducción; es importante mencionar que solo se debe considerar la proyección horizontal del área de captación y expresarla en m^2 .

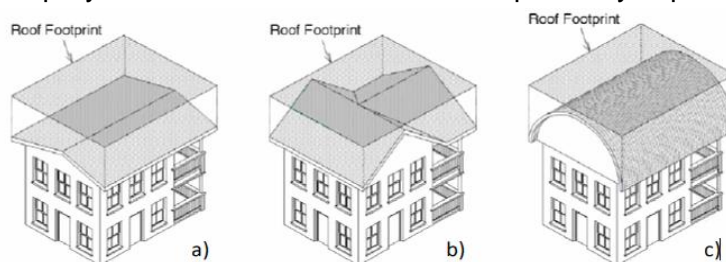


Figura 3.2 Áreas de captación para tres tipos diferentes de techos

Fuente: The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Texas Water Development Board.

3.5.2. Sistema de conducción

Son el conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento a través de bajadas. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Para tal objetivo se pueden emplear materiales sugeridos por el manual de ANAYA como el bambú, la madera, el metal o el PVC.

La norma DIN 1989, recomienda para que el agua no se contamine con compuestos orgánicos o inorgánicos, colocar rejillas o filtros con el fin de evitar basura, sólidos y hojas, evitando la obstrucción del flujo en la tubería de conducción. (Figura 3.3).

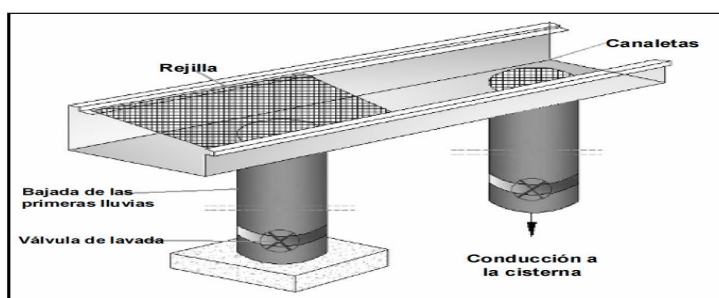


Figura 3.3 Sistema de colección y trampa de sólidos.

Fuente: CONAFOVI, 2005

3.5.3. Almacenamiento

Son cisternas o tanques donde se almacena el agua de lluvia captada, que puede utilizarse, previo al tratamiento para uso doméstico durante todo el año. La unidad de

almacenamiento debe ser duradera y según la norma DIN 1989 debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración
- De no más de 2m de altura para minimizar las sobre-presiones
- 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
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales
- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje.

Los materiales más utilizados para la construcción de las cisternas o tanques de almacenamiento establecidos por la norma DIN 1989 son los siguientes:

- Plásticos: Fibra de vidrio, polietileno y PVC
- Metales: Barril de acero, tanque de acero galvanizado.
- Concreto: Ferro cemento, piedra y bloque de concreto.
- Madera: Madera roja, abeto, ciprés (es eficiente pero cara).

3.5.4. Filtración

Es el proceso para separar un sólido del líquido en el que está suspendido, al hacerlo pasar, a través de un medio poroso (filtro) y por el cual, el líquido puede pasar fácilmente. Cuando el agua de lluvia es captada de los techos, se debe instalar un tanque para almacenar temporalmente las primeras lluvias contaminadas por basura, hojas y polvo.

En los sistemas de captación del agua de lluvia se puede reducir la turbidez mediante la construcción e instalación de un sedimentador o bien la instalación de un filtro modular de sedimentos (Figura 3.4). Esto depende en la calidad de agua que requiera la aplicación.

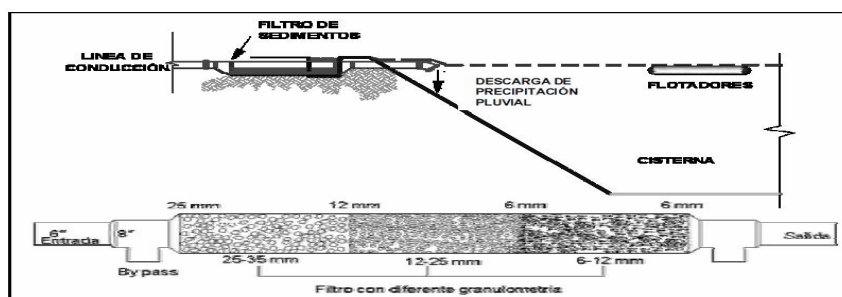


Figura 3.4 Instalación del filtro modular de sedimentos

Fuente: CIDECALLI-CP. México. 2006.

3.5.5. Sistema de Distribución:

El sistema de distribución del agua de lluvia captada, será de aplicación uso industrial, estará sometido a su ubicación y se tendrán en cuenta los mismos materiales establecidos para la captación según la norma DIN 1989.

3.6. Diseño:

La capacidad de almacenamiento del sistema de agua de lluvia será determinada usando los siguientes métodos³²:

- a) Enfoque intermedio que utiliza fórmulas sencillas para calcular una estimación más precisa de la capacidad de almacenamiento que el enfoque simplificado
- b) Enfoque detallado de los sistemas no estándar, donde la demanda es variable a través del año.

NOTA \: Para los sistemas más grandes de agua de lluvia, el tamaño del sistema necesita ser analizada con un enfoque detallado para garantizar una solución costo-efectiva se desarrolla, como las variaciones estacionales en las precipitaciones puede afectar a los requisitos de tamaño, incluso cuando la demanda es relativamente predecible y consistente.

3.6.1. Información Pluviométrica:

Es importante la información pluviométrica de la zona, la cual debe ser de mínimo diez a quince (10 – 15) años consecutivos, para tener mayor confiabilidad en el diseño. Adicionalmente, para un mejor análisis de la información se debe tener presente si durante el periodo contemplado se presentaron los fenómenos de El Niño y La Niña, pues dichos fenómenos intervienen directamente con la disponibilidad de agua lluvia, ya sea porque ésta se vuelva escasa o abundante. Los promedios mensuales de precipitación se estiman, según ecuación 1³³:

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

Dónde:

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

n: Número de años evaluados

pi: Valor de precipitación mensual del mes “i” (mm).

3.6.2. Coeficiente de rendimiento:

La posición, inclinación, la orientación y la composición de la zona de recogida han de ser tomadas en consideración en la determinación del coeficiente de rendimiento. Los valores en la tabla 3.1 se puede utilizar como una base para la planificación de la inclinación y la composición de la zona de recogida:

³² BS 8515 – 2009: BSI British Standards. P13.

³³ ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA EL CONSUMO HUMANO. CPISCA. Peru. 2003

| Composition | Yield Coefficient % e |
|---|--------------------------|
| Slanted hard roof ^a | 0.8 |
| Flat roof, without gravel | 0.8 |
| Flat roof, with gravel | 0.6 |
| Green roof, intensive | 0.3 |
| Green roof, extensive | 0.5 |
| Paved surface/compound paved surface | 0.5 |
| Asphalt covering | 0.8 |
| ^a Deviations depending on the absorbency and roughness | |

Tabla 3.1 Coeficiente de rendimiento.

Fuente: DIN 1989-1 2001.

Para aplicar un enfoque intermedio para determinar el tamaño del sistema de recolección de agua de lluvia para no potable, la capacidad de almacenamiento debe ser calculada según la norma DIN 1989 a partir de las siguientes ecuaciones y debe ser el menor de 5% el rendimiento anual de agua de lluvia o el 5% de la anual de agua no potable demanda.

El 5% del rendimiento anual de agua de lluvia debe ser calculado utilizando la ecuación:

$$YR = A \times E \times H \times H \times 0,05 \quad (2)$$

Donde:

YR: es el rendimiento anual de agua de lluvia (L);

A: es el área de recepción (m²);

e: es el coeficiente de rendimiento (%);

h: es la profundidad de precipitación (mm);

q: es la eficiencia del filtro hidráulico.

3.6.3. Demanda:

El 5% de la demanda anual de agua no potable, según la norma DIN 1989 deberá calcularse utilizando la ecuación:

$$DN = Pd \times n \times 365 \times 0,05 \quad (3)$$

Donde:

DN: es el anual de agua no potable la demanda de agua (L);

Pd: es el requerimiento diario por persona (L);

n : es el número de personas o procesos

3.6.3.1. Demanda de agua en el mes "i" (Di)

La demanda de agua se puede estimar de diferentes maneras, una de ellas, es la siguiente: a partir de la dotación asumida por persona en este caso proceso, se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades de este y ser beneficiados en cada uno de los meses.

$$Di = \frac{Nu * Nd * Dot * 25\%}{1000} \quad (4)$$

Dónde:

Di: demanda mensual (m³)

Nu: número de usuarios o procesos que se benefician del sistema.

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (L/persona/día)

25%: porcentaje de consumo de equipos.

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

Teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años 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.

$$A_i = \frac{P_{pi} * C_e * A_c}{1000} \quad (5)$$

Dónde:

Ai: oferta de agua en el mes "i" (m³)

Ppi: precipitación promedio mensual (L/m²)

Ce: coeficiente de escorrentía

Ac: área de captación (m²)

De acuerdo con los manuales muchos diseñadores asumen un valor del 20% anual en pérdidas debidas a la evaporación, a la textura del material del techo, a las pérdidas en las canaletas y en el almacenamiento, y a la ineficiencia del sistema de captación, por tal razón se afecta el volumen de la oferta disponible por ese porcentaje para no sobredimensionar el sistema e incluir en el diseño las pérdidas asociadas. De ésta manera ese valor porcentual se distribuye uniformemente durante los doce meses del año para determinar la oferta mensual, de la siguiente manera:

$$A'i = A_i - \left(A_i * \frac{0.2}{12} \right) \quad (6)$$

Dónde:

A'i: oferta de agua en el mes "i" teniendo en cuenta las pérdidas (m³)

Ai: oferta de agua en el mes "i" (m³)

A continuación se procede a calcular la diferencia de los valores acumulados de oferta y demanda de cada uno de los meses.

3.6.5. Oferta acumulada (Aai)

Se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$A_{ai} = A_{a(i-1)} + A'i \quad (7)$$

Donde:

Aai: oferta acumulada al mes "i" (m³).

Aa_(i-1): oferta acumulada al mes anterior "i-1" (m³).

Aⁱ: oferta del mes "i" teniendo en cuenta las pérdidas (m³)

3.6.6. Volumen de almacenamiento (V_i):

Para conocer el volumen necesario de almacenamiento se debe encontrar la diferencia entre la oferta acumulada y la demanda acumulada para cada mes, de ésta manera el mayor valor de diferencia será el volumen del tanque adoptado. Si las diferencias dan valores negativos, quiere decir que las áreas de captación no son suficientes para satisfacer la demanda:

$$V_i = A_{ai} - D_{ai} \quad (8)$$

Donde:

V_i: volumen de almacenamiento del mes "i" (m³)

A_{ai}: oferta acumulada al mes "i" (m³)

D_{ai}: demanda acumulada al mes "i" (m³)

3.6.7. Área de Captación:

El área de captación del agua de lluvia se obtiene con la ecuación:

$$A = a \times b$$

Donde:

A= Área de captación, m²

a= Ancho de cubierta, m

b= Largo de la cubierta, m

3.6.8. Sistema de conducción de agua lluvia Captada:

Cuando la pendiente es mayor al 10% y se trata de laderas colectoras del agua de lluvia, es necesario contar con un dispositivo hidráulico o un sedimentador para reducir la velocidad del agua y al mismo tiempo sedimentar los sólidos en suspensión contenidos en el escurrimiento del agua del área de captación. El caudal de conducción en la tubería se obtiene con la siguiente expresión:

$$Q_c = \frac{5}{18} (A_{ec} * I_{lluvia}) \quad (9)$$

El diámetro se determina despejando el área de la ecuación de continuidad (Sotelo, 2005).

$$D = 2 * \sqrt{\frac{Q_c}{\pi v}} \quad (10)$$

Dónde:

Q_c = caudal de conducción, lps,

5/18 = Factor de conversión de m³h⁻¹ a lps,

A_{ec} = es el área efectiva de captación del agua de lluvia, m²

I_{lluvia} = es la intensidad máxima de lluvia en la zona, 0.05 m h⁻¹

D = diámetro de tubería, m,

V = velocidad media, m s-1

π (pi) = 3.1416

3.6.9. Interceptor de primeras aguas

Éste elemento permite recolectar las primeras aguas lluvias que caen y lavan el techo, por lo tanto es necesario desviarlas para no ser almacenadas en el tanque. Su diseño, de acuerdo con los parámetros establecidos en la metodología del CEPIS, establece que se requiere un litro de agua lluvia para lavar un metro cuadrado del techo, es decir que el volumen del tanque interceptor se calcula de la siguiente manera:

$$V_{\text{int}} = \left(1 \frac{L}{m^2} * A_{\text{techo}} \right) / 1000 \quad (11)$$

Donde:

V_{int} : Volumen del interceptor (m^3)

A_{techo} : Área del techo a captar (m^2)

3.6.10. Red de distribución de agua lluvia:

La determinación de los caudales y los diámetros de cada tramo, se realiza por medio del Gasto Máximo Posible, el cual se encuentra con la ecuación 12.

$$\text{GastoMáximoPosible} = Q_i * n \quad (12)$$

Donde:

Q_i : Caudal instantáneo de cada aparato sanitario (L/s)

n: Número de aparatos comunes.

3.6.11. Sistema de bombeo

Para el cálculo hidráulico de la bomba requerida para el tanque de almacenamiento. Se debe tener en cuenta el material y características de la bomba, el motor, la tubería de impulsión y de succión; así como las cotas entre los puntos de inicio (tanque de almacenamiento) y llegada (unidad sanitaria más alejada). Los principales parámetros a tener en cuenta son:

3.6.11.1. Tubería de succión

Al calcular la tubería de succión, se asume un diámetro de tubería, para verificar las velocidades mínima y máxima de acuerdo con el caudal a transportar. Asumiendo un diámetro de succión de la bomba, el área y la velocidad calculada serán:

$$A = \frac{\pi * \phi^2}{4} \quad (13)$$

Donde:

A= Área de la tubería (m^2)

ϕ = Diámetro de la tubería (m)

De acuerdo con el caudal obtenido para el abastecimiento de las unidades sanitarias, despejando la siguiente ecuación se determina el valor de la velocidad de succión:

$$Q = V * A \quad (14)$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

V: Velocidad (m/s)

A: Área de la tubería (m²)

El reglamento (RAS 2000) establece para la velocidad mínima se recomienda un valor de 0,45m/s para la velocidad máxima, recomienda 1.45m/s para el diámetro asumido.

3.6.11.2. Chequeo de la tubería de impulsión

Para este caso, se asume un valor para el diámetro de impulsión y se calcula de nuevo el área y la velocidad de la tubería de impulsión con las ecuaciones 13 y 14. El valor obtenido para la velocidad de impulsión debe cumplir el rango establecido en el literal B.8.5.6.2 del RAS 2000, $1 > V_i > 3$ m/s.

3.6.11.2.1. Calculo de la altura dinámica total.

3.6.11.2.1.1. Altura dinámica total en la succión:

La altura dinámica de succión es la sumatoria de la altura estática de succión (h), las pérdidas totales en la succión y las pérdidas por fricción en la succión.

El valor de la altura estática de succión es la diferencia de altura entre el nivel del agua en el tanque de almacenamiento y la bomba. Para determinar la pérdida de carga unitaria (J) se despeja la siguiente ecuación:

$$Q = 0.2785 * C * \phi^{2.63} * J^{0.54} \quad (15)$$

Donde:

Q= Caudal (m³/s)

C= Coeficiente de Hazen Williams

Ø= Diámetro de la tubería (m)

J= Pérdida de carga unitaria (m/m)

3.6.11.2.1.1.1. Pérdidas totales en la succión:

Las pérdidas que se generan en cada accesorio, se relacionan como longitud equivalente, de acuerdo con la tabla 3.2, y su sumatoria son las pérdidas totales de la succión (Δh). Los accesorios para la succión son:

- Válvula de retención liviana
- Codo de 90° de radio corto
- Longitud recta de tubería

3.6.11.2.1.1.2. Pérdidas por fricción en la succión:

Estas pérdidas se relacionan con la fricción del líquido contra las paredes de la tubería, y se determinan así:

$$K = \frac{V^2}{2g} \quad (16)$$

Donde:

K= Pérdidas por fricción (m)

V= Velocidad (m/s)

g= Aceleración de la gravedad (m/s²)

La altura dinámica total en la succión se calcula entonces por medio de la siguiente ecuación:

$$Hd = h + (J * \Delta h) + K \quad (17)$$

Donde:

Hd: Altura dinámica total (m)

h: Altura estática (m)

J: Pérdida de carga unitaria (m/m)

Δh : Sumatoria de las pérdidas totales (m)

K: Pérdidas por fricción (m)

3.6.11.2.1.2. Altura dinámica total en la impulsión:

La altura dinámica de impulsión es la sumatoria de la altura estática de impulsión (h), las pérdidas totales en la impulsión y las pérdidas por fricción en la impulsión. El valor de la altura estática de impulsión es la diferencia de altura entre el bombeo y la parte más alta del tanque de almacenamiento. Para determinar la pérdida de carga unitaria (J) se utiliza la ecuación (15).

3.6.11.2.1.2.1. Pérdidas totales en la impulsión:

Las pérdidas que se generan en cada accesorio, se relacionan como longitud equivalente, de acuerdo con la Tabla 3.2, y su sumatoria son las pérdidas totales de la succión (Δh). Los accesorios para la impulsión son:

- Válvula de compuerta
- Válvula de retención liviana
- Codo de 90° de radio corto
- Reducción
- Salida de tubería
- Longitud recta de tubería

3.6.11.2.1.2.2. Pérdidas por fricción en la impulsión:

Estas pérdidas también se obtienen con la ecuación 16. La altura dinámica total en la impulsión se encuentra con la ecuación 16. Ahora, la altura dinámica total es igual a la altura dinámica de succión más la altura dinámica total de la impulsión, de manera que:

$$Hd = Hd,s + Hd,i \quad (18)$$

Donde:

Hd: Altura dinámica total en la succión e impulsión (m)

Hd,s: Altura dinámica en la succión (m)

Hd,i: Altura dinámica en la impulsión (m)

Se debe aplicar un factor de seguridad del 20%.

| DIAMETRO (pu/g) | CODO 90° RADIO LARGO | CODO 90° RADIO MEDIO | CODO 90° RADIO CORTO | CODO 45° | ENTRADA NORMAL | ENTRADA DE BORDA | VALVULA DE CONTEN ABIERTA | VALVULA DE GLOBO ABIERTA | TEE DE PASO DIRECTO | TEE PASO DE LADO | TEE SALIDA BILATERAL | SALIDA DE TUBERIA | VALVULA DE RETENCION TIPO LLAVE | VALVULA DE RETENCION TIPO POZO |
|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|----------------|------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|------------------|----------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 1/2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 4,9 | 0,3 | 1,0 | 1,0 | 0,4 | 1,1 | 1,6 |
| 3/4 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 0,1 | 6,7 | 0,4 | 1,4 | 1,4 | 0,5 | 1,6 | 2,4 |
| 1 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,4 | 0,3 | 0,7 | 0,2 | 8,2 | 0,5 | 1,7 | 1,7 | 0,7 | 2,1 | 3,2 |
| 1 1/4 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 0,5 | 0,4 | 0,9 | 0,2 | 11,3 | 0,7 | 2,3 | 2,3 | 0,9 | 2,7 | 4,0 |
| 1 1/2 | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 0,6 | 0,5 | 1,0 | 0,3 | 13,4 | 0,9 | 2,8 | 2,8 | 1,0 | 3,2 | 4,8 |
| 2 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 0,8 | 0,7 | 1,5 | 0,4 | 17,4 | 1,1 | 3,5 | 3,5 | 1,5 | 4,2 | 6,4 |
| 2 1/2 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 0,9 | 0,9 | 1,9 | 0,4 | 21,0 | 1,3 | 4,3 | 4,3 | 1,9 | 5,2 | 8,1 |
| 3 | 1,6 | 2,1 | 2,5 | 1,2 | 1,1 | 2,2 | 0,5 | 26,0 | 1,6 | 5,2 | 5,2 | 2,2 | 6,3 | 9,7 |
| 4 | 2,1 | 2,8 | 3,4 | 1,5 | 1,6 | 3,2 | 0,7 | 34,0 | 2,1 | 6,7 | 6,7 | 3,2 | 8,4 | 12,9 |
| 6 | 3,4 | 4,3 | 4,9 | 2,3 | 2,5 | 5,0 | 1,1 | 51,0 | 3,4 | 10,0 | 10,0 | 5,0 | 12,5 | 19,3 |
| 8 | 4,3 | 5,5 | 6,4 | 3,0 | 3,5 | 6,0 | 1,4 | 67,0 | 4,3 | 13,0 | 13,0 | 6,0 | 16,0 | 25,0 |
| 10 | 5,5 | 6,7 | 7,9 | 3,8 | 4,5 | 7,5 | 1,7 | 85,0 | 5,5 | 16,0 | 16,0 | 7,5 | 20,0 | 32,0 |
| 12 | 6,1 | 7,9 | 9,5 | 4,6 | 5,5 | 9,0 | 2,1 | 102,0 | 6,1 | 19,0 | 19,0 | 9,0 | 24,0 | 38,0 |
| 14 | 7,3 | 9,5 | 10,5 | 5,3 | 6,2 | 11,0 | 2,4 | 120,0 | 7,3 | 22,0 | 22,0 | 11,0 | 28,0 | 45,0 |

Tabla 3.2 Longitud equivalente en pérdidas localizadas (en metros de tubería rectilínea)

Fuente: Silva G., L.F. Diseño de Acueductos y Alcantarillados. Bogotá, D.C., 2000

3.6.12. Características de la Bomba:

Para el diseño se debe contemplar qué tipo de bomba se va a utilizar, si ésta es de succión negativa es importante considerar el fenómeno de cavitación. Éste se genera como consecuencia de la vaporización del líquido dentro de la tubería; es decir, la presencia de aire dentro del sistema, lo cual contribuye a un mayor desgaste de la máquina. Para minimizar el efecto de la cavitación se calculará la "Cabeza Neta de Succión Positiva Disponible" (NPSHd), la cual indica la máxima altura de succión que otorga el sistema; adicionalmente se debe cumplir que la "Cabeza Neta de Succión Positiva Requerida" (NPSHr), cuyo valor lo proporciona el fabricante de la bomba, debe ser menor que el NPSH disponible, para evitar la cavitación.

El cálculo del NPSHd se debe hacer primero correcciones de la presión barométrica y de la presión de vapor de la siguiente manera:

Corrección de la presión barométrica:

$$\frac{Pa}{\gamma} = 10,33 - \left(\frac{1,2 * H_{snm}}{1000} \right) \quad (19)$$

Corrección de la presión de vapor:

$$\frac{P_v}{\gamma} = ((6 \times 10^{-7} * T^4) + (1 \times 10^{-5} * T^3) + (1,6 \times 10^{-3} * T^2) + (4,34 \times 10^{-2} * T) + (0,6102)) * \left(\frac{1000}{\frac{\rho}{g}} \right) \quad (20)$$

Donde:

Pa / γ: Presión barométrica corregida en el sitio (m)

Hsnm: Altura sobre el nivel del mar de la bomba (m)

Pv / γ: Presión de vapor a la temperatura indicada (m)

T: Temperatura media del agua en el sitio de bombeo (°C)

ρ : Densidad del agua a la temperatura indicada (Kg/m³)

g: Valor de la aceleración de la gravedad (m/s²).

Ahora se determina el valor del NPSHd por medio de la siguiente ecuación:

$$NPSHd = \left(\frac{Pa}{\gamma} \right) + \left(\frac{Pv}{\gamma} \right) - Hd,s - M - N \quad (21)$$

Donde:

NPSHd: Cabeza neta de succión positiva disponible (m)

Pa / γ : Presión barométrica corregida en el sitio (m)

Pv / γ : Presión de vapor a la temperatura indicada (m)

Hd,s : Altura dinámica de la succión (m)

M: Corrección por posibles depresiones barométricas (m)

N: Corrección por vacío imperfecto de las bombas (m)

3.6.12.1. Potencia del Motor de la Bomba

Para hallar la potencia del motor de la bomba es necesario primero hallar la densidad relativa del agua, de la siguiente manera:

$$\gamma = \frac{\rho}{\rho_r} \quad (22)$$

Donde:

γ = Densidad relativa del agua

ρ = Densidad del agua a la temperatura indicada (°C)

ρ_r = Densidad del agua a 4°C

Adicionalmente es necesario que el fabricante proporcione el valor de la eficiencia de la bomba (η). La potencia del motor se halla entonces, de la siguiente manera:

$$P = \left(\frac{g * Qi * Hd}{\frac{\eta}{100} * 75} \right) \quad (23)$$

Donde:

P= Potencia del motor (HP)

g= Aceleración de la gravedad (m/s²)

Qi= Caudal en la impulsión (l/s)

Hd=Altura dinámica total (m)

η = Eficiencia de la bomba (%)

3.6.12.2. Verificación de la cavitación en el sistema:

En la "Curva Característica de la Bomba" se proporcionan datos sobre la eficiencia óptima del motor y la "Cabeza Neta de Succión Positiva Requerida" (NPSHr), a partir de estos, se puede verificar la cavitación con la siguiente relación:

$$C = NPSH_d - NPSH_r \quad (24)$$

Si $C > 0$: "No se genera cavitación"

Si $C < 0$: "Se genera cavitación"

3.6.12.3. Golpe de Ariete:

Un efecto que comúnmente se presenta en los sistemas de bombeo es el conocido como "Golpe de Ariete", el cual es una sobre presión que se genera en la tubería de impulsión, debido principalmente a los eventuales cortes de energía eléctrica o a la suspensión del flujo. Por lo anterior, se procederá a calcular el efecto, para conocer la resistencia que debe tener la tubería en los puntos críticos donde se presente dicho fenómeno de sobre presión.

Para determinar el Golpe de Ariete se deben considerar los siguientes factores:

- Velocidad del sonido en el agua (V_w)
- Módulo de elasticidad del agua (E_w)
- Material de la tubería de impulsión
- Diámetro de la tubería de impulsión (ϕ_i)
- Espesor pared tubería de impulsión (e) (Valor suministrado por el fabricante)
- Módulo de elasticidad de la tubería (E)
- Velocidad del agua en la impulsión (V_i)
- Aceleración de la gravedad (g)
- Altura estática de impulsión (h_i)

Con los valores anteriores, es necesario hallar la velocidad de la onda de presión (V_p) de la siguiente manera:

$$V_p = \frac{V_w}{\left(1 + \left(\frac{E_w * \phi_i}{E * e}\right) * \frac{1}{2}\right)} \quad (25)$$

También se debe hallar la sobre presión producida por el golpe de ariete con la siguiente ecuación:

$$S = \left(\frac{V_i * V_p}{g}\right) \quad (26)$$

Ahora, la presión obtenida cuando ocurra golpe de ariete se calcula con la ecuación 27, (de acuerdo con el Literal B.8.5.7 del RAS 2000).

$$P = (h_i + S) \quad (27)$$

3.6.12.4. Potencial de ahorro de agua potable:

El potencial de ahorro de agua potable se determina de acuerdo con el volumen de agua lluvia posible de ser recolectada y la demanda existente, en un mes, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$PPWS = 100 * \frac{VR}{PWD} \quad (28)$$

Donde:

PPWS: Potencial de Ahorro de Agua Potable (por sus siglas en inglés) (%)

VR ó Ai: Volumen mensual de agua lluvia que puede ser recolectado (m³/mes)

PWD ó Di: Demanda mensual de agua potable (m³/mes).

3.7. Coste y Beneficio

Los manuales encontrados en el estado del arte su gran mayoría no contempla el costo de vida y el retorno de la inversión, para ello se maneja de manera general un modelo implementado en el Reino Unido conocido como RainCycle ©. Este fue diseñado para atender específicamente las deficiencias percibidas en los métodos de evaluación en la mayoría de los sistemas de captación de agua de lluvia.³⁴

Se busca a largo plazo evaluar el costo-efectividad del sistema propuesto mediante: evaluar el sistema de recolección de agua lluvia propuesta, evaluar el sistema principal de agua actual y finalmente realizar la comparación de los dos sistemas. (Figuras 3.5 – 3.6 y 3.7)

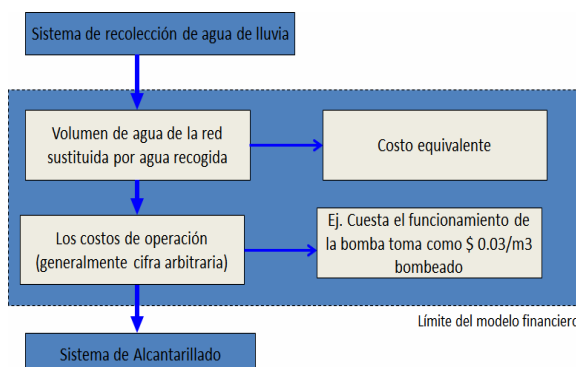


Figura 3.5 Evaluación sistema agua lluvia.

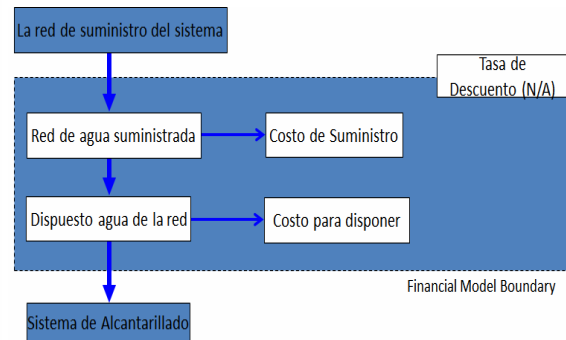


Figura 3.6 Evaluación sistema principal agua.

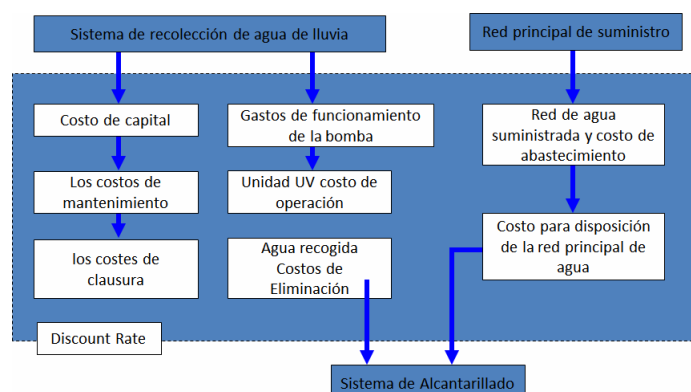


Figura 3.7 Comparación de los dos sistemas.

Fuente: Pennine Water Group

³⁴ RICHARD Ashley. Predicting the Hydraulic and Life-Cycle Cost Performance of Rainwater Harvesting Systems Using a Computer Based Modelling Tool. UK. 2009. 4p

4. METODOLOGÍA:

4.1. Fase de documentación, recolección y sistematización de datos

En la fase de documentación se prevé el desarrollo de las siguientes actividades: estimar la precipitación promedio, es necesario consultar datos históricos de la precipitación en Colombia y específicamente del área a desarrollar el sistema. Una fuente principal podría ser el grupo de Meteorología Aeronáutica del Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM), el cual realiza boletines diarios del estado del tiempo de la estación El Dorado desde hace más de 15 años, siendo la más cercana al punto de evaluación. En esta fase, también se recopilarán los datos existentes sobre los puntos de mayor consumo en la compañía, datos de consumo de equipos o áreas de uso del agua, sin embargo de acuerdo a la información encontrada será necesario implementar medidores para tener una mayor certeza del consumo y poder tener una trazabilidad de los mismos. En seguida de los datos de utilización se establecerá la demanda actual del agua, teniendo en cuenta el consumo de equipos vs la producción requerida.

4.2. Fase de diseño del sistema de recolección

4.2.1. Sub-fase de diseño A

La ecuación (1) nos servirá para calcular la precipitación promedio en la ciudad, de acuerdo a los datos obtenidos en la anterior fase. Después de establecida la demanda, se realizarán levantamientos de las áreas con mayor captación en la compañía con el fin de establecer la posible oferta ante la demanda establecida

4.2.2. Sub-fase de diseño B

Se realizarán los cálculos y diseños de cada uno de los componentes principales del sistema: Captación, Conducción, Almacenamiento, Filtración o Tratamiento y Distribución y bombeo, según las ubicaciones actuales y futuras de la compañía (debido a que una mayor distancia al punto de almacenamiento y filtración requerirá un mayor costo de mantenimiento y distribución), teniendo en cuenta las normas establecidas para el diseño, especialmente la norma europea DIN 1989, y apoyados en algunos criterios de los manuales encontrados, permitirán establecer los materiales y características técnicas de cada uno de los componentes.

De acuerdo a la demanda encontrada y la oferta establecida, se podrá evaluar el potencial de ahorro del consumo de agua según ecuación 28.

Finalmente se realizará un cronograma preliminar detallando cada una de las actividades tales como compra de equipos, instalación de cada uno de los componentes del sistema, pruebas y puesta en marcha.

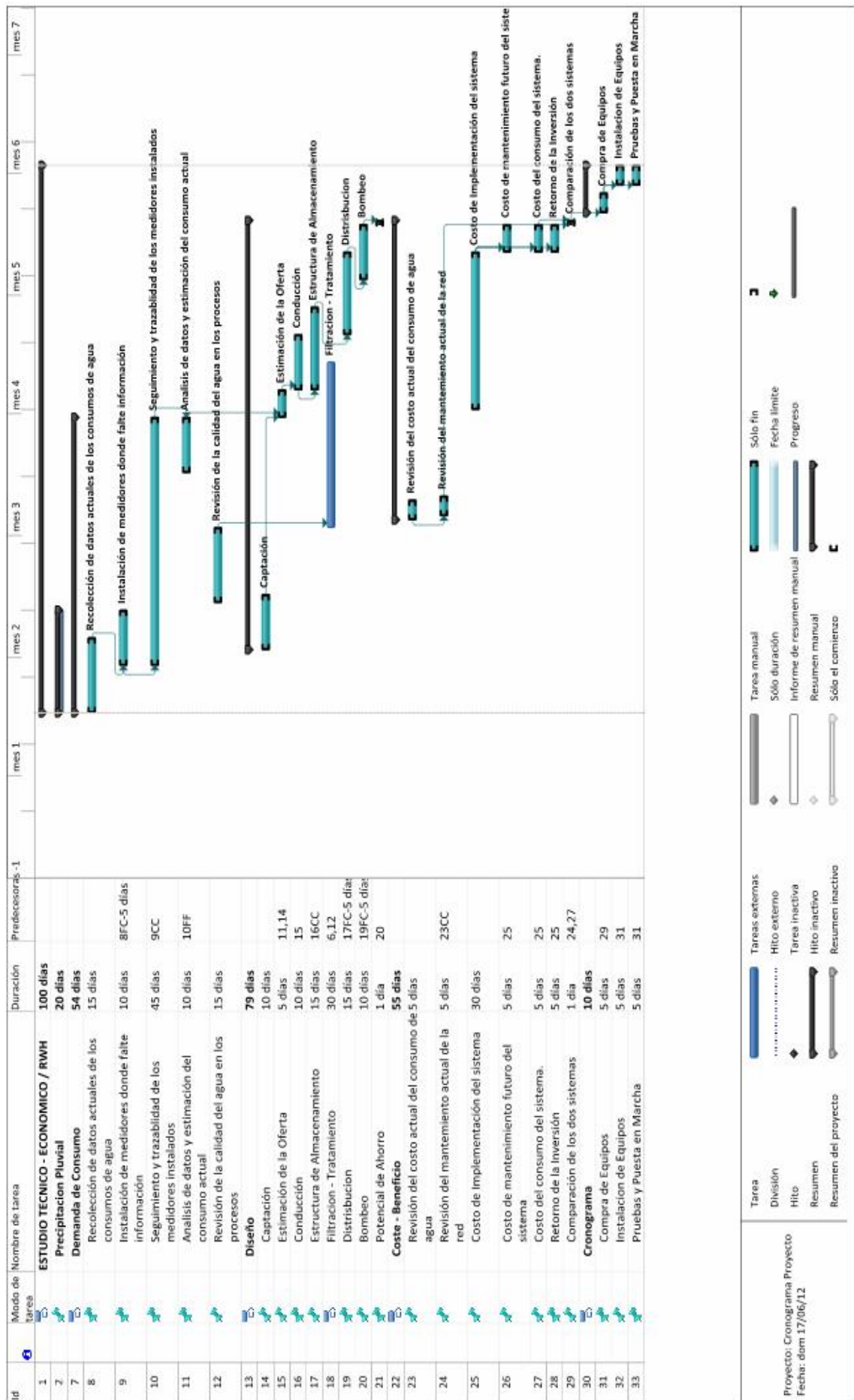
4.3. Fase de costos

Según la estimación teórica encontrada se espera encontrar un ahorro relevante del consumo de agua con el fin de poder estimar el costo - beneficio. Para ello se debe relacionar el costo del consumo actual de agua vs el costo de consumo con agua lluvia, también se deberá incluir el retorno de la inversión de acuerdo a las especificaciones establecidas en el diseño.

4.4. Fase de elaboración de productos finales

La Fase de Elaboración de Productos Finales, corresponde a actividades de construcción del documento de tesis de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, siguiendo las normas ICONTEC disponibles para tal fin. Asimismo, se elaborará la documentación necesaria para acompañar el diseño de la red, como: memorias de cálculo, manual de mantenimiento, etc.

5. CRONOGRAMA:



6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN:

| | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------------|
| Duración estimada en meses | | 6 | |
| Semanas | | 24 | |
| Descripción | Costo asociado | | Fuentes de financiación |
| Recurso Humano Asociado | \$ 8.533.320 | | |
| 1 Autores del proyecto | \$ 3.631.200 | | Personal |
| 1 Director o tutor (interno) | \$ 1.815.600 | | Institucional |
| 1 Director o tutor (externo) | \$ 907.800 | | Empresarial |
| 1 Profesor (responsable interno) | \$ 1.089.360 | | Empresarial |
| 1 Apoyo técnico | \$ 1.089.360 | | Empresarial |
| 0 Apoyo administrativo | \$ - | | |
| 0 Asesor | \$ - | | |
| Software o equipo de apoyo | \$ 420.000 | | Compañía |
| Gastos Generales | \$ 655.500 | | Empresarial |
| Diseño Prototipo | \$ - | | |
| Condiciones específicas | \$ 300.000 | | Empresarial |
| | Subtotal | \$ 9.908.820 | |
| 4% Imprevistos | \$ 396.353 | | |
| Total presupuestado | \$ 10.305.173 | | |

| Descripción | Cantidad de personas | Dedicación semanal | Valor Hora | Costo personal |
|--------------------------------|----------------------|--------------------|------------|----------------|
| | Número | Horas | Pesos | Pesos |
| Autores del proyecto | 1 | 240 | \$ 10.000 | \$ 2.400.000 |
| Director o tutor (interno) | 1 | 24 | \$ 25.000 | \$ 600.000 |
| Director o tutor (externo) | 1 | 24 | \$ 50.000 | \$ 1.200.000 |
| Profesor (responsable interno) | 1 | 24 | \$ 25.000 | \$ 600.000 |
| Apoyo técnico | 1 | 24 | \$ 30.000 | \$ 720.000 |
| Apoyo administrativo | | | | \$ 0 |
| Asesor | | | | \$ 0 |
| | | | | \$ 5.520.000 |
| Carga Prestacional | | | 51,30% | \$ 2.831.760 |
| | | | | \$ 8.351.760 |

| Generales | Detalle | Unidad de medida | Cantidad | Valor unitario | Total |
|---|---------------------------|------------------|----------|----------------|------------|
| | Fotocopias | unitario | 100 | \$ 45 | \$ 4.500 |
| | Libros | | | \$ - | \$ - |
| | Planos | unitario | 20 | \$ 3.500 | \$ 70.000 |
| | Horas de taller | | | \$ - | \$ - |
| | Horas de laboratorio | horas | 1 | \$ 25.000 | \$ 25.000 |
| | Impresión de planos | unitario | 20 | \$ 500 | \$ 10.000 |
| | Impresión documentos | unitario | 60 | \$ 100 | \$ 6.000 |
| | Suministros de oficina | | 10 | \$ 4.000 | \$ 40.000 |
| | Transportes | global | 1 | \$ 500.000 | \$ 500.000 |
| Gastos Generales asociados al proyecto | | | | | \$ 655.500 |
| Software | Detalle | Costo referencia | % Uso | Costo Uso | Total |
| | Licencia 1 | | 1% | \$ - | \$ - |
| | Licencia 2 | | 1% | \$ - | \$ - |
| | Licencia 3 | | 1% | \$ - | \$ - |
| | Licencia 4 | | 1% | \$ - | \$ - |
| | Licencia 5 | | 1% | \$ - | \$ - |
| | Digitación 1 | HORAS | 100% | \$ 50.000 | \$ 50.000 |
| | Digitación 2 | HORAS | 100% | \$ 50.000 | \$ 50.000 |
| | Computador | HORAS | 100% | \$ 300.000 | \$ 300.000 |
| | Suministros de computador | | 100% | \$ - | \$ - |
| | Internet | HORAS | 100% | \$ 20.000 | \$ 20.000 |
| Costos de licencias, conexión y computador | | | | | \$ 420.000 |
| Condiciones específicas | Detalle | Referencia | % Uso | Costo Uso | Total |
| | Ensayos de laboratorio | | - | \$ - | \$ - |
| | Patentes y registros | | 1 | \$ - | \$ - |
| | Normas Técnicas | norma DIN | 100 | \$ 150.000 | \$ 150.000 |
| | Equipos especiales | medidores | 5 | \$ 120.000 | \$ 120.000 |
| | Depreciación equipos | | 25% | \$ 30.000 | \$ 30.000 |
| | Licencias y permisos | | | \$ - | \$ - |
| | Otros especiales | | - | \$ - | \$ - |
| Costos especiales al proyecto | | | | | \$ 300.000 |

7. BIBLIOGRAFIA:

- ABDULLA, F.A. and Al-Shareef, A. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. Desalination (2009).
- ANAYA. Garduño Manuel. Manual de captación de agua de lluvia para áreas rurales pnuma (programa de las naciones unidas para el medio ambiente). México. 2007. 149p.
- BALLEEN, Jose. Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. VI – SEREA. Seminario Iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano de agua. Brasil. Universidad Nacional. Colombia. 2006.
- BURKE. Eduard. Patent: uspto assignment database. ee.uu. 2009/0166275 a1 tanque para sistema de aprovechamiento agua lluvia. EE.UU. 2009.
- BRITISH STANDARDS. BSI BS 8515 – 2009. Rainwater Harvesting Systems Code Practice. UK. 2009.
- CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE., ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Y ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano. 2003.
- CRUZ. Jaime. Viabilidad del aprovechamiento de las aguas residuales generadas en los edificios. Primer Informe para CMS. España. 2007. p40.
- DESPINS. Christopher. Ontario Guidelines for Residential Rainwater Harvesting Systems. Canadá. 2010. p91.
- ESTUPIÑAN. Jorge. Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá. Trabajo de Grado. Maestría en Ingeniería Civil. Universidad Javeriana. Colombia. 2010. 172p.
- HERRERA. Monroy Luis Alberto. Tesis de Maestría. Estudio de alternativas para el uso sustentable del agua lluvia. Instituto Politécnico Nacional. México. D.F. 2010. 179p.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. IDEAM. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia. Estudio Nacional del Agua Relaciones de demanda de agua y oferta hídrica. Colombia. 2010.
- INSTITUTO DE NORMALIZACIÓN ALEMAN. Estándar Alemán para la recolección de agua de lluvia. DIN-1989. 2001. Berlin.
- PALACIO. Natalia. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas, Antioquia. Trabajo de Grado. Ingeniera Sanitaria. Universidad Nacional. Colombia. 2010. 60p.
- PEREZ. Maria del Carmen. Plan Distrital del Agua “Agua para todos”. Contribución de la Secretaría Distrital de Ambiente. 2011. p19.

- REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO. RAS – 2000. Sección II. Título D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales. Colombia. 2000.
- ROEBUCK, R.M. Predicting the hydraulic and life-cycle cost performance of rainwater harvesting systems using a computer based modelling tool. 7th International Conference on Urban Drainage Modelling. Melbourne, Australia. 2006
- TORRES. Andrés. Evaluación preliminar de la calidad de la escorrentía pluvial sobre tejados para su posible aprovechamiento en zonas periurbanas de Bogotá. Universidad Nacional. Colombia. 2011.
- VILLAMIZAR. C. IV Sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo. Plan Nacional. Ministerio del Medio Ambiente. 2011.
- WATER TEXAS DEVELOPMENT BOARD. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Development, EE.UU. 2005. 88p.

8. PERFIL DEL ESTUDIANTE REQUERIDO:

El desarrollo del proyecto requiere de un estudiante de ingeniería, donde aplique conocimientos del medio ambiente, mecánica de fluidos, máquinas hidráulicas, con cierta experiencia y conocimiento de montaje en tuberías y manejo de personal. Debe ser una persona activamente comunicativa y preferiblemente que se encuentre finalizando carrera con el fin de tener conceptos y conocimientos de evaluación de proyectos y estados financieros.

9. FUNCIONES A DESARROLLAR POR EL ESTUDIANTE:

Las funciones a desarrollar, será realizar cada uno de las actividades planteadas en la metodología, realizar mediciones actuales de los consumos de la compañía, informando cada uno de los avances y requerimientos por el tutor o por el área encargada del desarrollo del proyecto dentro de la compañía. Manteniendo confidencialidad en cada uno de los procesos y datos obtenidos en el proyecto.

10. COMPETENCIAS QUE DEBE TENER EL ESTUDIANTE:

El desarrollo del proyecto requiere de competencias tales como el manejo de office, especialmente EXCEL, manejo de software para dibujo AutoCAD, manejo de inglés medio, para poder realizar y entender los métodos implementados en otros países.