

# Esquema general de intervención para diseño del sistema de recolección de aguas lluvias en una planta de producción ubicada en Cundinamarca.

Darly Lozano Londoño  
[Dalolo2180@hotmail.com](mailto:Dalolo2180@hotmail.com)

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Especialización En Gerencia Ambiental Y Desarrollo Sostenible Empresarial

## **Resumen**

Este proyecto se realiza con el propósito de poder establecer en algunas áreas de la planta un esquema de intervención para el diseño de un sistema de recolección de aguas lluvias que permita dar cumplimiento a la normatividad vigente y a los programas de uso eficiente de agua a través del aprovechamiento del recurso en una planta de producción ubicada en Cundinamarca. Lo que se plantea es poder demostrar a través de un sistema muy simple el aprovechamiento que se puede obtener mediante un esquema con posibles soluciones que plantean de manera coordinada, planificada y sostenible generando ahorros económicos, generando una cultura del cuidado del ambiente, evitando los desperdicios de agua y siendo un referente en las plantas de la Región Andina por ser ambientalmente responsables.

Palabras Clave: Agua lluvia, recolección, sostenible, abastecimiento, sistemas aprovechamiento aguas lluvias

## **Abstract**

This project is carried out with the purpose of being able to establish in some areas of the plant an intervention scheme for the design of a rainwater collection system that allows compliance with current regulations and efficient water use programs through Use of the resource in a production plant located in Cundinamarca. What is proposed is to demonstrate through a very simple system the use that can be obtained through a scheme with possible solutions that pose in a coordinated, planned and sustainable way generating economic savings, generating a culture of environmental care, avoiding waste of water and being a reference in the plants of the Andean Region for being environmentally responsible

Keywords: Rainwater, collection, sustainable, supply, rainwater harvesting systems

## **1. INTRODUCCIÓN**

Una de las alternativas para enfrentar la escasez de agua es la utilización eficiente del agua de lluvia, tradición que se practica desde hace 5000 años a través de actividades como la recolección y posterior utilización del agua de lluvia que se descarga de las superficies duras, como los techos o el escurrimiento de suelos. Durante diferentes épocas y culturas en todo el mundo se desarrollaron métodos para recoger y utilizar el recurso pluvial a través de diferentes sistemas de recolección, sin embargo, estas prácticas se fueron abandonando dado los nuevos sistemas de acueducto y de alcantarillado instaladas en diferentes zonas de la región. Ahora, ante el reto que supone el aumento de la población y la escasez del suministro de agua por el cambio climático y la afectación a diferentes naciones, se está viendo la necesidad de volver a estas prácticas que subsanaron servicios en años anteriores en las diferentes naciones, tanto en las zonas urbanas como rurales.

Los sistemas de recolección de aguas lluvias no tienen grandes diferencias entre sí, en la mayoría intervienen tres (3) componentes: captación, conducción y almacenamiento (Abdulla, F. Al-Shareef, 2009). Pero dependiendo de los usos para los cuales el sistema esté diseñado y de su complejidad, también podemos tener en cuenta otros componentes adicionales, como: el interceptor de las primeras aguas, el sistema de distribución por gravedad o por bombeo, y el tratamiento (desinfección, cuando el agua es para consumo humano), los cuales representan mayores costos. Es por esto que la captación y el aprovechamiento de las aguas lluvias requieren de la aplicación de algunas técnicas provenientes de

las ingenierías.

La Ley 373 de 1997, por la cual se estable el programa para el uso eficiente y ahorro de agua, obliga a contemplar en cada proyecto el reciclaje de aguas lluvias, pero el desconocimiento de la misma hace que poco se aplique. Congreso de la Republica (04 de Junio de 1997) [Ley 373]. Por el cual se establece el programa para uso eficiente y ahorro de agua.

Lo que se pretende es se comience a tomar conciencia en la planta de que todo diseño arquitectónico e hidrosanitario de edificaciones nuevas o usadas deben contar con un sistema de captación y aprovechamiento del agua lluvia, ya sea en el casino, las bodegas, los vestiers o cualquier otra área que se constituya como edificio interno y rinda con las especificaciones para la construcción de este sistema. Esto con el fin de evitar y aminorar el desperdicio de las aguas pluviales que existe en la zona en los meses de Abril, Mayo, Octubre y Noviembre que está por encima de 200 mm frente a otros municipios de la zona, como Cajicá o Chía que sólo manejan volúmenes de lluvias entre 1,6 y 1,9 mm en la misma época. En este sentido, se debe promover un diseño arquitectónico e hidrosanitario eficiente para captar el agua, conducirla, almacenarla, tratarla y usarla. Es de aclarar que el sistema no sólo debe usarse para las temporadas de mayor lluvia sino que debe ser diseñado para que recolecte agua durante todo el año, buscando un aprovechamiento sostenible.

El aprovechamiento del agua lluvia es utilizada como una práctica muy valiosa no solamente de forma ambiental para subsanar el abastecimiento de agua en diferentes regiones, si no también se está pensando en que este tipo de recolección sea también empleada para sistemas de bombeo presurizado para la red contra incendio de una industria según la (Evaluación económica de captación de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico en la institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia 2011). (Arroyave, J. Vergara, D. 2011). Se debe tener en cuenta que para realizar este tipo de prácticas se debe clarificar o tratar el agua mediante un proceso químico previo, dado que la tubería de la red contra incendios pueden deteriorarse o taponarse los ductos de los sistemas que lo componen como los Sprinklers o las válvulas es decir que no podríamos utilizarlas directamente. Adicionalmente debemos tener en cuenta que con esta práctica ambiental podemos lograr ahorros en los servicios públicos ya que también puede ser empleada para uso de baños, riego, proceso productivo y demás según lo mencionado en el (Decreto 3930 del 25 de Octubre de 2010), en conclusión tendríamos múltiples opciones para el uso del agua en la implementación de alternativas con aprovechamiento pluvial.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

A lo largo de los años han existido estudios más avanzados con respecto al cuidado del medio ambiente y hoy por hoy podemos decir que aparte de la normatividad que existe en cada país para el cuidado de los recursos naturales, existen múltiples empresas que desean que sus procesos productivos sean limpios, reduciendo los efectos sobre el ambiente. Pensando en la importancia del aporte que cada uno quiere dar en esta materia podemos observar que los sistemas para recolección de aguas lluvias son cada día más relevantes, no solo en las comunidades que se encuentran lejos de la civilización y carecen de servicios de acueducto, sino en las industrias que cada día se por la normatividad vigente o por incentivo propio se observa un cambio frente a la necesidad de manejar sistemas que permitan la recolección de aguas lluvias. Anteriormente los escurrimientos pluviales eran denotados como un problema que afectaba la producción en la planta, debido a las filtraciones en techos y los encharcamientos, sin embargo ahora se observan como un recurso que se puede aprovechar y reutilizar para bajar el consumo de agua en algunos procesos industriales o incluso para su potabilización y reúso en todos los servicios.

Para la recolección de aguas lluvias debemos tener en cuenta conceptos como:

**Área de captación:** Lugar donde se almacenan las aguas lluvias antes de realizar la disposición final. Lo más común es emplear superficies como bodegas, techos, las vías, los estacionamientos y otras superficies que deben ser impermeabilizadas para garantizar una buena captación

**Estructura de captación:** Son aquellos como los sumideros, el alcantarillado, las descargas de las viviendas y otros que puedan recolectar aguas lluvias que cae de los techos o se recoge de los patios o estructuras de captación. **Sistema de conducción:** Hace referencia a las tuberías o canales construidos en diferentes materiales y formas que tienen como propósito conducir el agua lluvia al área de depósito o de captación hasta el almacenamiento final. Se recomienda que los materiales sean resistentes, livianos y que no suelten materiales de descomposición orgánicos o inorgánicos.

**Dispositivo de retiro de contaminantes y filtración:** Es muy recomendable que antes de dirigir el agua al

almacenamiento se coloque un filtro que permita captar residuos como grasas, metales, u otros contaminantes, de esta manera el agua llegará sin residuos tóxicos al lugar de disposición final para ser almacenada.

**Tanques de almacenamiento:** Son tinajas o sistemas modulares donde se conserva el agua lluvia que se ha recolectado, estos pueden ubicarse en la superficie o pueden ser enterrados siempre y cuando sean en materiales resistentes e impermeables que eviten las pérdidas de agua o el ingreso de materiales que la puedan contaminar.

**Tanques tormenta:** Consisten en depósitos que capturan y retienen el agua lluvia en especial cuando se presentan precipitaciones muy intensas que disminuyen la posibilidad de inundaciones y en los casos en que la capacidad de escurrido del agua sea menor que el volumen de lluvia.

**Vertedor:** Es la estructura de una obra hidráulica de almacenamiento a través de la cual se descargan los volúmenes que exceden la capacidad del embalse, con objeto de evitar fallas por desbordamiento.

### Situación en el Mundo y en América

En países como Inglaterra, Japón, Alemania o Singapur, realizan aprovechamiento del agua lluvia y realizan la recolección en los edificios para ser utilizada para el servicio de baños o en combate de incendios, con esta práctica han logrado un ahorro del 15% según los datos encontrados en hidrológicos. En Inglaterra especialmente disminuye notablemente el costo de los servicios públicos mediante este tipo de prácticas, dado que el servicio de agua es muy costoso en este país.

En ciudades, como Bangalore o Delhi en la India se desarrollan políticas que permiten la captación del agua lluvia para ser utilizada en regadíos.

En África, más exactamente en la zona urbana de Zambia, sólo el 43% de la población cuenta con agua potable, por lo que se han explorado proyectos enfocados a la recolección de aguas lluvias que aunque son escasas en la región se están desaprovechando, es por esta razón que se están dictando talleres para que las mujeres aprendan las técnicas de recolección con bombas de mano y a través de pozos poco profundos que permitan mejorar su calidad de vida y el uso de este recurso se optimice. (León, A. Córdoba, J. Carreño, U. 2016).

En la República Popular de China se presentaron problemas de suministro de agua que fueron subsanados con nuevas tecnologías de captación de agua lluvia las cuales fueron implementadas en 15 provincias de la región de Gansu, siendo un proyecto piloto llamado “121”, con muy buena aceptación de la población y muy buenos resultados.

En los Estados Unidos y Australia, se han desarrollado planes y normas que generan reconocimiento en algunos estados por la recolección de aguas lluvias las cuales se emplean para el consumo doméstico y abastecimiento de la ganadería.

En Australia se utiliza el aprovechamiento de agua lluvia como una solución muy viable para abastecer y solucionar sus problemas de abastecimiento de agua y es por esto que la Oficina Australiana de Estadística realizó un estudio demostrando que el 6.5% de los habitantes de las ciudades y el 30.4% de los que se albergan en zonas rurales aprovechaban el agua lluvia para cocinar sus alimentos y abastecer otras necesidades, lo que fomentó el uso de estas prácticas muy a menudo. (Ballen, J. Galarza, M. Ortiz, R. 2006).

En México cada familia del área urbana desperdicia entre 150 L/día y 300 L/día por los malos hábitos de conservación del líquido trayendo consecuencias mayores en las zonas desérticas e han realizado análisis que demuestran que si se captara la lluvia de los techos y el suelo podrían ahorrar entre el 10% y el 15% del agua que se utiliza en los diferentes hogares. Tobías, S. Hernández, J. (2019) realizó un estudio en la Ciudad de Juárez donde demostró la eficiencia de un sistema combinado entre Escudo Techo y la recolección pluvial obteniendo mayores volúmenes de captación de agua que mejorarían los niveles de abastecimiento y promoviendo la optimización del sistema y reduciendo el desperdicio de agua en una ciudad tan desértica como la mencionada.

Una práctica que es muy importante destacar en México es que cuenta con un Centro Internacional de Demostración

y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALLI) que brinda a las comunidades más vulnerables el asesoramiento en sistemas de suministro y calidad del agua, (Anaya, M. 2008) demuestra como este tipo de sistemas son rentables para la comunidad y como a través de diferentes tecnologías se logra brindar autosuficiencia de abastecimiento.

En Perú más exactamente en la comunidad de Vilca Maquera en el distrito de Pelicuyo encontraron que esta población rural contaba con pozos sépticos para abastecerse de agua para consumo humano, aumentando las probabilidades de contraer infecciones gastrointestinales, es por esto que deciden realizar encuestas aplicables a familias en el año 2013 para determinar la demanda de agua por familia y así lograr establecer el sistema más apropiado para recolección de aguas lluvias que diera cobertura a la población y mejorara su calidad de vida. (Chino, M. Velarde, E. Espinoza, J. 2016).

En el 2015 un grupo de estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería en Perú (Grandez, P. 2015). realizaron un estudio para analizar el aprovechamiento de agua lluvia, para optimizar el uso de agua potable residencial y es de suma importancia como en su investigación mencionan que no existen en el país normas que obliguen a los constructores de nuevas edificaciones a construir con sistemas que permitan la recolectar, almacenar y distribuir el agua lluvia en regiones con altos niveles pluviales, es por eso que una de sus propuestas es permitir sensibilizar a la sociedad de la importancia que esto puede tener no sólo para disminuir el costo de su facturación si no por la sustentabilidad del ambiente y la contribución al cambio climático.

La Corporación Autónoma Regional en Colombia (CAR) mantiene programas como “Lluvia para la Vida” con el cual han logrado ingresar a las de 4053 familias en más de 83 Municipios sólo en el año 2017. Este programa motiva a las familias con prácticas autónomas para el aprovechamiento y la recolección de agua lluvia generando un excelente programa de uso y ahorro de agua permitiendo a la vez aportar al cambio climático. Es por esta razón que esta iniciativa de la CAR está directamente relacionada con el cumplimiento de la (Ley 373 de 1997) donde se menciona que las Corporaciones Autónomas Regionales son las encargadas de ejercer control y protección a los recursos hídricos de sus respectivas jurisdicciones. Lo cual permite que los habitantes se familiaricen con estas iniciativas y contribuyan una vez más a las acciones encaminadas a la protección del medio ambiente.

Por otra parte la CAR proporciona a los usuarios tanques de mil litros, canales, accesorios y bajantes para instalar los sistemas de recolección de aguas lluvias, obteniendo como resultado que el 81% de la población usara el agua para usos doméstico, el 37% para riego y el 17% para uso agropecuario durante el año 2017. También entregaron a 61 Municipios de Cundinamarca el sistema de recolección de aguas lluvias mencionado anteriormente los cuales fueron distribuidos así: 216 en Jerusalén, 111 en Simijaca, 115 en Tocaima, 112 en Útica, 145 en Pulí, 221 en La Palma, 206 en Quebrada Negra 213 en el Peñón, 127 en Fúquene y 111 en Simijaca. Este es un claro ejemplo de la importancia de que entidades que regulan el Plan de Ordenamiento Territorial se unan con la Gestión Ambiental de cada Municipio, Región o Localidad con el fin de formular proyectos que con soluciones socio-ambientales contribuyan a la toma de decisiones para la mejora de las condiciones ambientales de la comunidad. (Libro de investigación en gestión ambiental Bogotá 2012).

Javier Neila en el año 2000 menciona en su artículo (Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible) acerca de la importancia de hacer nuevas construcciones con condiciones adecuadas de temperatura, humedad, calidad del aire, sistemas de abastecimiento sostenible de agua, energía aprovechables entre otras, sin embargo menciona como el empleo de sanitarios más eficaces y cisternas de doble descarga entre otros logran ser abastecidos por los sistemas de recolección de aguas lluvias y permiten mediante la combinación de varios sistemas ser atomizadores para reducir el consumo de agua diario no solo con los medios convencionales si no a través de estas prácticas que aunque son milenaria se han perdido a través de la actualización del siglo XXI.

En Colombia más exactamente en la Isla de San Andrés se presenta una problemática que ha afectado a las comunidades a través del tiempo y es la escases de agua, esta Isla es muy visitada no sólo con personas del mismo país si no por los extranjeros que se maravillan con su inmenso mar y los hermosos arrecifes coralinos, sin embargo es una comunidad de muy bajos recursos que carece de agua potable para toda su población y se ven en la necesidad de hacer pozos en sus viviendas los cuales son administrados por las mujeres cabeza de hogar dado que sostenerse con agua embotellada o desalinizar la del mar es muy costoso para sus economías diarias (Pacheco, M. 2008). Es por esta razón que

se ven en la necesidad de buscar prácticas ancestrales como recolectar el agua lluvia o hacer pozos en sus casas que muchas veces pueden estar contaminados por su cercanía a las alcantarillas lo que perjudica la salud de sus habitantes; otro método que han estado utilizando son los carros cisterna que el gobierno ha estado enviando a las poblaciones más remotas para puedan tener un abastecimiento de este recurso con calidad, sin embargo esta es sólo una de las penumbras que pasan los habitantes de esta Isla tan importante para el país que teniendo tanta agua a su alrededor carecen de ella.

No podemos esperar a que el estado solucione nuestros problemas de abastecimiento de agua ya que en gran parte esta problemática es por el mal uso que le damos al desperdiciar día a día este recurso tan valioso para la humanidad, sin embargo es también por desconocimiento de la sociedad que estas prácticas no se implementan y en algunas regiones no se hacen campañas para mejorar las condiciones que hoy por hoy estamos viviendo y que van a ser en un futuro devastadoras para la sociedad. La implementación de un sistema de captación de agua lluvia sea colectivo o individual permite el desarrollo sustentable (Manual de captación de agua lluvia para centros urbanos 2008), y este manual determina condiciones muy viables para la implementación de un sistema que permita beneficios para suplir algunas de las necesidades de las comunidades. (Adler, I. Carmona, G. Bojalil, J. 2008).

- 3. SEGÚN EL ESTUDIO NACIONAL DE AGUA (ENA) REALIZADO POR EL IDEAM AL REALIZAR EL ANÁLISIS DE RELACIÓN DEMANDA OFERTA DE AGUA Y PROYECCIONES ENTRE EL 2015 Y 2025 INDICARON QUE EL 50% DE LOS HABITANTES DE ÁREAS URBANAS ESTARÍAN EN DESABASTECIMIENTO DE AGUA Y EL 80% DE LAS MUNICIPALIDADES ESTARÍAN EN ALTO RIESGO, CIFRAS QUE SON MUY ALARMANTES PARA LAS CONDICIONES QUE ESTAMOS VIVIENDO ACTUALMENTE YA QUE AÚN LLEGA EL AGUA A LOS GRIFOS DE NUESTROS HOGARES PERO NO NOS DAMOS CUENTA DEL DAÑO QUE ESTAMOS OCACIONANDO CONTAMINANDO LOS RÍOS, TALANDO LOS ARBOLES INNECESARIAMENTE Y TENIENDO CADA VEZ MENOS GARANTÍAS PARA ABASTECERNOS Y MUCHO MENOS EJERCIENDO BUENAS PRÁCTICAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS BAJO SISTEMAS ALTERNATIVOS QUE MEJOREN NUESTRA CONDICIÓN ACTUAL Y PARA EL FUTURO. ES POR ESTO QUE CONCUERDO EN LO VALIOSO QUE SE ESTÁ VOLVIENDO PARA ALGUNAS UNIVERSIDADES EN COLOMBIA EL VISUALIZAR LA POSIBILIDAD DE HACER SUS CAMPUS URBANAMENTE SOSTENIBLES CON PROYECTOS QUE ENRIQUECEN Y COMPRUEBAN LOS AHORROS QUE PUEDAN PRESENTAR AL REALIZAR SISTEMAS PARA APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS, ESTE ES EL CASO DE LA UNIVERSIDAD JAVERIANA EN BOGOTÁ Y LA UNIVERSIDAD TECNOLOGÍA DE PEREIRA DONDE ESTÁN REALIZANDO ESTUDIOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA PARA EL CAMPUS QUE AUNQUE EN OCASIONES NO SON RENTABLES POR LA INFRAESTRUCTURA QUE DEBEN DE TENER PARA INSTALAR EL SISTEMA EN OTRAS ES EXTREMADAMENTE VIABLE DONDE PODRÍAN TENER AHORROS HASTA DEL 25% MENSUAL, ADEMÁS SE DEJAN PRECEDENTES DE LA IMPORTANCIA DE APLICAR ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN A TRAVÉS DE LOS SUMIDROS CERCANOS Y DE HACER LAS CONSTRUCCIONES NUEVAS SEDES CON UN SENTIR Y UN PENSAR URBANÍSTICAMENTE SOSTENIBLES Y AMIGABLE CON EL MEDIO AMBIENTE. (TORRES, A. MÉNDEZ, S. LARA, J. ESTUPIÑAN, J. ZAPATA, H. TORRES, O. 2012). HENAO, J. CASTAÑO, J. (2016). METODOLOGÍA**

Durante el planteamiento que vamos a analizar se ha establecido la siguiente metodología:

**Fase 1:** Definición de estructuras y estado de techos y canales del área de planta térmica para determinar en dónde se podría instalar el sistema de recolección de aguas lluvias.

Durante esta etapa se realizaron visitas a la planta con el equipo responsable de Producción, Ingeniería y EHS para determinar el estado de los techos, canales, bajantes y toda estructura que conformara los techos con el fin de evaluar el estado de los mismos dado que la planta data de más de 30 años y las estructuras son muy antiguas.

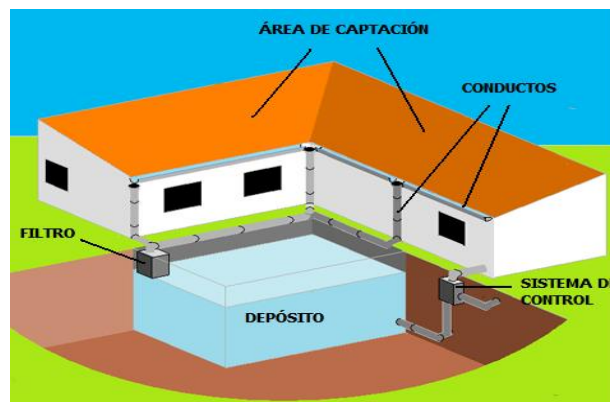
Es importante tener en cuenta que durante el recorrido se encontró el 40% de las canales y bajantes obstruidos con objetos y arena del proceso productivo (por fugas de arena en los colectores cercanos) al igual que bajantes con orificios que permitirían fugas del agua recolectada, evidenciando esta problemática se informó al Gerente de planta de la necesidad de realizar mantenimientos menores a estos elementos con el fin de tener la zona en excelente estado una vez se inicie con el proyecto.

**Fase 2:** Definir la metodología de evaluación para calcular el volumen de captación de aguas lluvias mediante metodología determinada.

De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud se usara la metodología SCAPT (Sistema e Capacitación e Agua Pluvial en Techos) la cual consiste en identificar las partes de la edificación implicadas en el sistema propuesto y así establecer las dimensiones generales del tanque o reservorio a desarrollar. (Organización Panamericana de la Salud; CEPIS 04.122/2004).

**Fase 3:** Determinar el caudal de agua y plantear el diseño y pre-dimensionamiento del tanque

Una vez establecida e implementada la metodología del SCAPT, determinadas las zonas de influencia y definido el uso de acuerdo a las necesidades de la planta las cuales destinarían el mayor porcentaje del agua recolectada para descargue de sanitarios en las diferentes áreas, se plantea como diseño preliminar la secuencia que tendría el sistema planteado para el área.



Fuente: [www.sitiosolar.com](http://www.sitiosolar.com)

- a. **Área de captación:** Techados y cubiertas que no sean de asbesto, se debe realizar inventario de las cubiertas que existen en la planta para garantizar que no presenten fugas y que sus formas favorezcan la recolección del agua lluvia, es posible que encontremos techos con forma de: cubierta plana, cubierta de pavimento, placa maciza, Cubierta no transitible, cubierta metálica, cubiertas inclinadas, cubierta mono-direccional (un agua), cubierta multi-direccional (varias aguas), cubierta de teja de barro entre otras (Robayo, J. Perez, R. 2016).
- b. **De Conductos:** Sentido de inclinación del techo, canales y desagües
- c. **Filtro:** Sistemas de filtración que se ubican en el tanque para eliminar las partículas de sólidos, metales y sustancias químicas. Después se debe analizar el agua para determinar si requiere un tratamiento adicional con sustancias químicas (ej. Cloro) para realizar una desinfección que permita garantizar la calidad del agua combatiendo los microorganismos y bacterias entre otros (Solano, C. Gonzaga, F. Espinoza, F. Espinoza, J. 2015).
- d. **Deposito:** Tanque de almacenamiento que permite recolectar el agua para uso. Estos tanques pueden ser de mampostería, plásticos, de fibrocemento o placas de concreto, la determinación del material dependerá del análisis del área donde se vayan a instalar, de la capacidad constructiva local, de la facilidad para obtener los materiales, la vida útil y de la aceptación por parte de los interesados. Es indispensable realizar el análisis de riesgos para movimientos sísmicos dada la criticidad del almacenamiento (Basan, N. Sánchez, L. Toslini, R. Tejerina, F. Jordán, P. (2018) y contar con la aprobación de la aseguradora de la planta para efectos de auditorías.
- e. **Sistema de control:** Sistemas opcionales que permiten llevar el control de los niveles de agua para mantener el control de abastecimiento.

Uno de los parámetros de gran importancia para tener en cuenta en el diseño de un sistema para recolección de aguas lluvias es la determinación de los volúmenes de almacenamiento lo cual permite potencializar el ahorro de agua para ser potabilizada (Palacio, N. 2010). Adicionalmente según lo estipulado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Decreto 3930 2010 Atr.5) es indispensable tomar medidas de la calidad del agua para definir la idoneidad del

recurso hídrico que estamos obteniendo, razón por la cual se deberá contratar un experto para realizar dichas pruebas y estar seguros del estado del agua para determinar su uso.

**Fase 4:** Definición el esquema general y dimensionamiento del tanque o reservorio

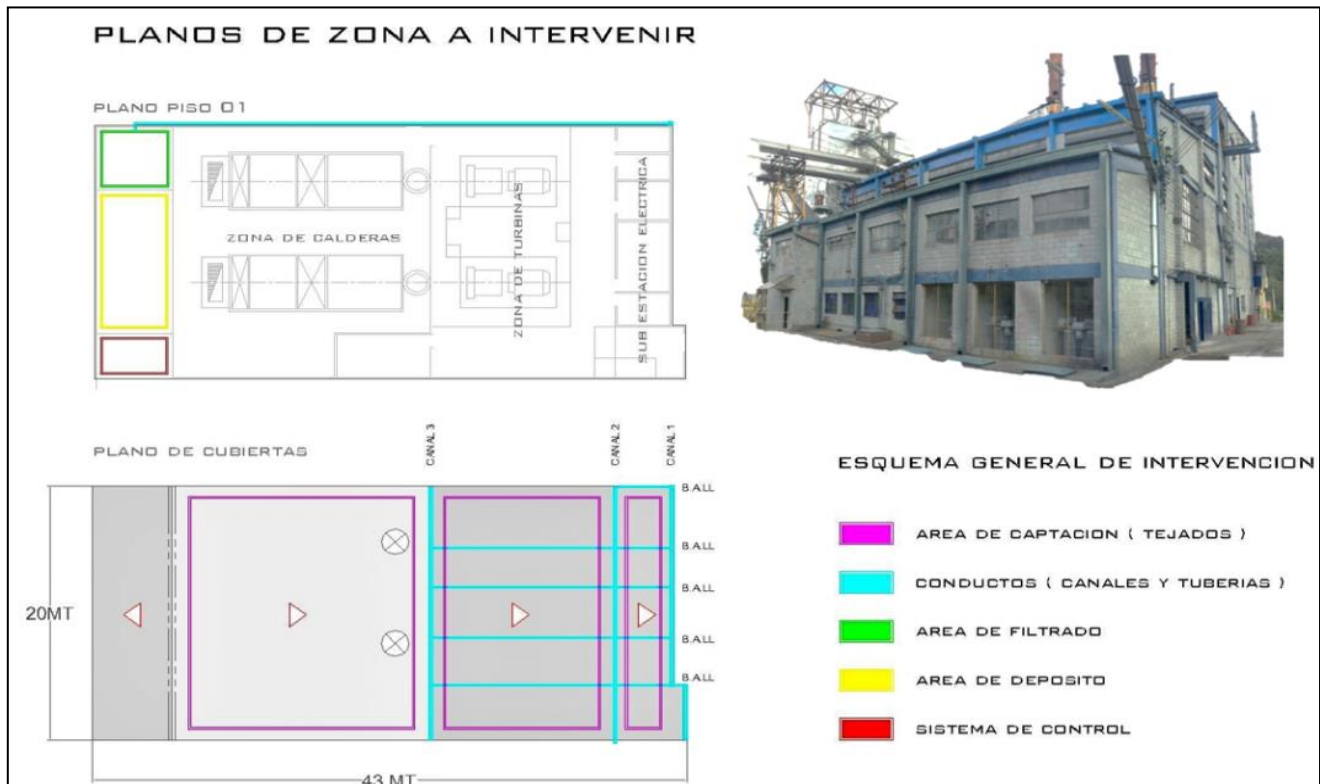
Para establecer las dimensiones generales del tanque fue necesario tener en cuenta diferentes factores determinantes en la formulación del esquema general de intervención, el primero de ellos es el registro de las precipitaciones en la zona que de acuerdo a los datos suministrados por el IDEAM, la zona presenta un promedio de lluvias de 1100Lt por m<sup>2</sup> anual, alrededor de 91,6Lt por m<sup>2</sup> en el mes. (Alcaldía de Zipaquirá, diagnostico plan de desarrollo (2012-2015))

El segundo factor que se analizo fue el área de captación, el cual hace referencia al área de cubierta utilizada para la recolección del recurso hídrico, que para efectos de este proyecto es de 860m<sup>2</sup>.

El tercer factor a tener en cuenta tiene que ver con el consumo y la demanda del recurso en la zona de intervención, para ello se acudió a datos proporcionados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) quienes sugieren en varias de sus publicaciones un promedio de consumo de 100Lt de agua al día por persona, y teniendo en cuenta que en la edificación que se desarrolla la propuesta laboran 24 personas tendrían un promedio de consumo de 72,000Lt por mes. (Actualidad Ambiental; (2017)).

De acuerdo a los datos analizados se establece que la capacidad de recolección de la propuesta según el área y el volumen del recurso es de 78,833Lt por mes, que se obtienen de multiplicar el promedio de precipitación 1100Lt por m<sup>2</sup> año por 860m<sup>2</sup> que tiene la cubierta dividido los 12 meses del año, por esta razón según lo expuesto anteriormente se propone construir un tanque con una capacidad de 80,000Lt con unas dimensiones aproximadas de (8mts de largo x 4mts de ancho y 2,5mts de altura) cuya capacidad logra mitigar las fluctuaciones que se presenten y garantiza un óptimo y eficiente aprovechamiento del recurso.

A continuación un esquema del plano del área que se intervendrá.



Fuente: Elaboración propia.

**Fase 5:** Hacer entrega a la planta del esquema general para el diseño de del sistema de recolección de aguas lluvias de las áreas definidas.

El sistema será entregado a la Gerencia como opción para ejecutar el proyecto, sin embargo dependería de la planta la asignación del recurso económico a través de un CAPEX y de los mantenimientos que se deben hacer en las canales y desagües para garantizar la efectividad del sistema.

#### 4. CONCLUSIONES

- A través de la intervención en la Fase 1 la planta logro identificar el estado de algunas canales, bajantes y desagües que se encuentran en mal estado y los cuales es indispensable se realicen las mejoras para poder implementar el proyecto y para que en la época de lluvia se eviten inundaciones en la planta, caso que sería muy crítico dado que las turbinas y calderas reposan de manera activa en esa área.
- La correcta implementación de este proyecto permitiría el ahorro en los consumos de agua de la planta y abriría los caminos para lograr la implementación en otras zonas de la planta al igual que contribuiría a mantener un proceso ambientalmente sostenible, lo que permitiría tener en cuenta este tipo de sistemas en obras de infraestructura futuras.
- Se lograría dar cumplimiento a la normatividad legal vigente y al programa de uso y ahorro eficiente de agua del cual hace parte del Sistema de Gestión Ambiental de la planta, permitiendo consolidar la cultura ambientalmente responsable
- Habría una disminución en el costo de los servicios públicos dada la efectividad que el sistema pueda presentar.
- La planta sería un ejemplo a seguir en las plantas de producción de la Región Andina por su compromiso con el medio ambiente.

#### 5. REFERENCIAS

- Abdulla, F. Al-Shareef, (2009). Roof Rainwater Harvesting System for Household Water Supply in Jordan. *Desalination*, 243, 195-207.
- Adler, I. Carmona, G. Bojalil, J. (2008). Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos. *Actualidad Ambiental*; (2017), [www.actualidadambiental.pe/debemos consumir 100 litros de agua al dia](http://www.actualidadambiental.pe/debemos consumir 100 litros de agua al dia).
- Alcaldía de Zipaquirá, diagnostico plan de desarrollo (2012-2015)Oficina asesora de planeación.
- Anaya, M. (2008). Objetivos y logros del centro internacional de demostración y captación de aprovechamiento del agua lluvia.
- Arroyave, J. Vergara, D. (2011). Evaluación económica de la captación de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. [1-9].
- Ballen, J. Galarza, M. Ortiz, R. (2006). Seminario iberoamericano sobre sistemas desabastecimiento urbano de agua. *Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia*.
- Basan, N. Sanchez, L. Toslini, R. Tejerina, F. Jordán, P. (2018). Sistemas de captación de agua para consumo humano sinónimo de agua segura. [1-11].
- Chino, M. Velarde, E. Espinoza, J. (2016). Reporte de Caso. Captación de agua lluvia en cobertura de viviendas rurales para consumo humano en la comunidad de Vilca Maquera, Puno-Perú. Volumen 18. [365-373].



El Congreso de la República (04 de Junio de 1997) [Ley 373]. Por el cual se establece el programa para uso eficiente y ahorro de agua.

Galarza, S, Torres, A. (2017). Sizing method for stormwater harvesting tanks using daily resolution rainfall and water demand data sets.

Grandez, P. (2015). Aprovechamiento de agua lluvia, para optimizar el uso de agua potable residencial. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. (Trabajo de grado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

Henao, J. Castaño, J. (2016). Gestión ambiental universitaria a partir del aprovechamiento de agua pluvial caso de estudio, Universidad Tecnológica de Pereira. (Trabajo de Grado). Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELILLERIA. (2015). Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100. Herramientas científicas para la toma de decisiones-Enfoque Nacional-Regional: Tercera comunicación Nacional de cambio climático.

Leon, A. Cordoba, J. Carreño, U. (2016) Revisión del estado del arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. Revista Tecnura, 20(50) [141-153].

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (25 de Octubre de 2010) [Decreto 3930] Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el capítulo II del Título II del Decreto-Ley 2811 de 1974 en cuanto uso del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Neila, J. (2000). Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas edificatorias

Organización Panamericana de la Salud; CEPIS 04.122/2004; Área de desarrollos sostenible y salud ambiental.

Pacheco, M. (2008). Avances en la gestión del agua lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible de agua, el caso de “Lluvia” en México. Revista especializada Internacional Sostenibilidad Tecnología y Humanismo. Volumen (3). [1-19].

Palacio, N. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora en Caldas Antioquia. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Robayo, J. Perez, R. (2016). Análisis de la captación y aprovechamiento del agua lluvia para la utilización en el campus de la Universidad Católica de Colombia (Bogotá), de acuerdo a las características de sus sedes. (Trabajo de grado). Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia.

Ruíz, F. Gutiérrez, J. Dorado, J. Mendoza, J. Martínez, C. Rojas, M, Hernández, D. Rodríguez M. (2015). Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia del 2011 al 2100.

Solano, C. Gonzaga, F. Espinoza, F. Espinoza, J. (2015). Sistema de captación de agua lluvia para uso doméstico, Isla Jambelí, cantón Santa Rosa. [151-159].

Tobías, S. Hernandez, J. (2019). El techo escudo como captador pluvial en ciudad Juárez, México. Revista Hábitat Sustentable (Vol. 9), [32-45].

Torres, A. Mendez, S. Lara, J. Estupiñan, J. Zapata, H. Torres, O. (2012). Hacia equipamientos urbanos sostenibles: aprovechamiento de aguas lluvias en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá.