

**Prediseño de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia para una Institución  
Educativa de la Sabana de Bogotá**

**Autores**

Cristian C. Fiquitiva V.

Johan M. Guzmán C.

**Director de proyecto**

Antonio Preziosi R.

**Jurado 1**

Ing. Fabio E. Díaz L.

**Jurado 2**

Ing. Mónica Y. Lara P.

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás

Bogotá D.C, Colombia

2021

## **Dedicatoria**

### **Johan**

Dedico el presente proyecto a toda mi familia, quienes me dieron su total apoyo en mi desarrollo educativo, de manera especial a mi madre quien me ha cuidado, a mi padre que me ha educado como persona, a mi hermano por ayudarme en el proceso universitario, a mi padrino quien siempre estuvo a mi lado, a Camilo Novoa, quien fue un hermano para mí y me oriento en la vida, a los amigos más allegados a mi familia que me enseñaron y apoyaron en la carrera.

### **Cristian**

Este proyecto se lo dedico a mis padres por todo su apoyo durante estos años en los que a pesar de los momentos difíciles nunca dejaron de creer en mí, a mi abuelita Mercedes y a mis bisabuelitos Isabel y Carlos por su apoyo y compañía constante, a Leónidas Borrero por su incondicional apoyo durante mi vida universitaria y por ultimo a aquellos familiares que ya no me acompañan pero que siempre creyeron en mí.

## **Agradecimientos**

Agradecemos primeramente a Dios por darnos la sabiduría necesaria para culminar nuestros estudios.

De manera especial al ingeniero Antonio Preziosi Ribero por todo el acompañamiento y asesoramiento prestado para la exitosa elaboración del presente estudio. Agradecemos a los jurados encargados de verificar la calidad del trabajo, además de toda la planta de maestros desde las ciencias básicas, pasando por las humanidades y profesores de ingeniería civil que de manera directa e indirecta han tenido influencia en todo el proceso de elaboración de este documento.

Al personal del acueducto de la vereda de La Moya, a la alcaldía municipal de Cota, al ingeniero Carlos Martínez, a Saúl Nieto y a Jeymmy Arevalo Melo por su colaboración durante el desarrollo del proyecto de grado.

## Tabla de Contenido

Resumen	10
Abstract	10
Introducción	11
Generalidades	13
Formulación del Problema	13
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Justificación	15
Marco Referencial	16
Estado del Arte	16
Antecedentes	17
Marco Teórico	20
Precipitación	20
Métodos para el Cálculo de Datos Faltantes	21
Métodos de Series Anuales.	21
Método de Regresión lineal.	21
Método por razones de distancias.	22
Método de Regresiones Múltiples.	22

	5
Métodos para el Cálculo de la Precipitación Media en una Cuenca	23
Método Aritmético.	23
Polígonos de Thiessen.	23
Método de las Isoyetas.	24
Sistema de Captación de Agua Lluvia y sus Componentes	26
Procedimientos de Pre-Tratamiento	28
Tipos de SCALL	29
Consideraciones y Evaluación de los SCALL	34
Marco Legal	35
Normatividad Aplicable.	37
Metodología	38
Prediseño de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia en el Colegio Gimnasio Jireh	42
Localización del Colegio Gimnasio Jireh	42
Demanda de la Institución	44
Estaciones Hidroclimáticas	48
Precipitación Media en la Cuenca del Colegio Gimnasio Jireh	52
Método Promedio	52
Método Polígonos de Thiessen	53
Método de Isoyetas	55
Resultados de precipitación media	58

	6
Sistema de Captación de Agua Lluvia	61
Captación	61
Recolección y conducción	66
Canales.	66
Diseño de canales.	68
Distribución de Gumbel – Curvas IDF.	71
Bajantes.	80
Tubería de conducción.	82
Interceptor	83
Almacenamiento	85
Distribución	87
Bomba	87
Diseño de Bomba.	88
Estudio Financiero	94
Presupuestos	94
Conclusiones	96
Referencias	98

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> Componentes de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia.....	27
<b>Tabla 2</b> Normativas del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.....	37
<b>Tabla 3</b> Metodología del proyecto de Prediseño de SCALL para el Gimnasio Jireh.....	39
<b>Tabla 4</b> Registro histórico de la demanda de la institución educativa Gimnasio Jireh.....	44
<b>Tabla 5</b> Consumo promedio mensual de la institución educativa Gimnasio Jireh.....	45
<b>Tabla 6</b> Estaciones seleccionadas.....	49
<b>Tabla 7</b> Precipitación mínima mensual multianual.....	50
<b>Tabla 8</b> Método promedio para las 10 estaciones por cada mes [mm].....	52
<b>Tabla 9</b> Método de polígonos de Thiessen.....	54
<b>Tabla 10</b> Valores de área y precipitación ponderada de las Isoyetas.....	57
<b>Tabla 11</b> Precipitación media mensual multianual. Métodos Promedio, Polígonos de Thiessen e Isoyetas.....	58
<b>Tabla 12</b> Precipitación máxima entre los métodos de promedio, polígonos de Thiessen e Isoyetas.....	60
<b>Tabla 13</b> .....	63
<b>Tabla 14</b> Condiciones de flujo de agua lluvia recolectada.....	69
<b>Tabla 15</b> Parámetros de flujo de agua lluvia en el canal y dimensiones.....	70
<b>Tabla 16</b> Total de accesorios para la instalación de canales.....	70
<b>Tabla 17</b> Precipitación máxima diaria multianual de las estaciones.....	72
<b>Tabla 18</b> Distribución acumulada de Gumbel y Mediana de precipitación máxima diaria multianual.....	73

<b>Tabla 19</b>	Precipitación máxima por día, según tiempos de duración y periodos de retorno. ....	74
<b>Tabla 20</b>	Intensidad de Lluvia, Curva IDF según distribución de Gumbel. ....	75
<b>Tabla 21</b>	Resumen de aplicación de regresión potencial. ....	77
<b>Tabla 22</b>	IDF de la cuenca. ....	79
<b>Tabla 23</b>	Puntos de entrega para el sistema de distribución. ....	88
<b>Tabla 24</b>	Diámetros de tubería de succión e impulsión. ....	89
<b>Tabla 25</b>	Pérdidas en la succión. ....	90
<b>Tabla 26</b>	Pérdidas en la impulsión. ....	90
<b>Tabla 27</b>	Altura dinámica total del sistema de distribución. ....	91
<b>Tabla 28</b>	Información técnica de la bomba. ....	93
<b>Tabla 29</b>	Presupuestos del SCALL en el colegio Gimnasio Jireh. ....	94

### Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	Cuenca, Polígonos de Thiessen. ....	24
<b>Figura 2</b>	Cuenca, Polígonos de Thiessen e Isoyetas. ....	25
<b>Figura 3</b>	Esquema de cisterna filtrante con pozo en Venecia. ....	29
<b>Figura 4</b>	Tanques modulares para la recolección de agua de lluvia (Tanque Atlantis). ....	30
<b>Figura 5</b>	Detalle de tanque modular para la recolección de agua de lluvia (Tanque Atlantis). ...	31
<b>Figura 6</b>	Instalación para la utilización de agua lluvia a nivel comunitario en Tokio, Japón. ....	32
<b>Figura 7</b>	Sistema de captación por cisterna para uso doméstico. ....	32
<b>Figura 8</b>	Sistema de captación por cisterna para usos variados. ....	33
<b>Figura 9</b>	Metodología del proyecto. ....	41
<b>Figura 10</b>	Vista satelital de la cabecera del municipio de Cota – Cundinamarca. ....	42

<b>Figura 11</b> Consumo promedio mensual multianual de la institución educativa Gimnasio Jireh.	46
<b>Figura 12</b> Municipio de Cota, división administrativa. ....	48
<b>Figura 13</b> Programación en ArcGis, método polígonos de Thiessen. ....	53
<b>Figura 14</b> Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación media, por medio del Método de Isoyetas. ....	55
<b>Figura 15</b> Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación media, por medio del Método de Isoyetas. ....	56
<b>Figura 16</b> Precipitación media para los métodos Promedio, Polígonos de Thiessen e Isoyetas..	59
<b>Figura 17</b> Cubiertas de la institución educativa. ....	62
<b>Figura 18</b> Grafica comparativa entre volúmenes de agua captado contra volúmenes de agua demandados por mes. ....	65
<b>Figura 19</b> Esquema del canal Amazonas. ....	66
<b>Figura 20</b> Canal del sistema de captación de agua lluvia para el Colegio Gimnasio Jireh. ....	67
<b>Figura 21</b> Graficas de Intensidad de lluvia (mm/hr) contra duración (min). ....	76
<b>Figura 22</b> Resumen de aplicación de regresión potencial. ....	78
<b>Figura 23</b> Curva Intensidad-Duración-Frecuencia. IDF. ....	80
<b>Figura 24</b> Diseño de canal, bajante y conducción del SCALL del proyecto. ....	81
<b>Figura 25</b> Interceptor de las primeras aguas. ....	83
<b>Figura 26</b> Interceptor de primeras lluvias. ....	84
<b>Figura 27</b> Bomba centrífuga ABA-1.5W. ....	92

## **Resumen**

Este proyecto presenta la propuesta de un sistema de captación de agua lluvia en la institución educativa Gimnasio Jireh con el fin de apoyar el sistema de acueducto perteneciente a la vereda La Moya del municipio de Cota, Cundinamarca, que abastece la institución. Los análisis realizados se llevaron a cabo mediante datos hidroclimáticos obtenidos por la página web del IDEAM e información brindada por la institución educativa con base en los consumos que han presentado durante los últimos años. A partir de ello se genera un análisis de la demanda del colegio y oferta por parte del sistema de aprovechamiento de agua lluvia, teniendo en cuenta los registros históricos, condiciones de escasez de lluvia y una prospección futura, además se selecciona un sistema de aprovechamiento de agua lluvia acorde con la institución. Después de seleccionar el tipo de sistema de captación de aguas lluvias se procede a evaluar sus componentes, seleccionando los elementos acordes con las características del diseño y se calcula el presupuesto del proyecto.

## **Abstract**

This project presents the proposal for a rainwater harvesting system in the Gimnasio Jireh educational institution to support the water system belonging to the La Moya district that supplies the institution. The analyses were carried out using hydro-climatic data obtained from the IDEAM website and information provided by the educational institution. Based on this, an analysis of the school's demand and supply by the rainwater harvesting system is generated, taking into account historical records, low rainfall conditions and a future prospect, in addition to selecting a rainwater harvesting system in accordance with the institution. After selecting the type of rainwater harvesting system, its components are evaluated, selecting the elements in accordance with the design characteristics and the project budget is drawn up.

## **Introducción**

En el transcurso de la historia, la escasez del agua ha sido una problemática de gran importancia en la comunidad investigativa debido a la contaminación de los ríos, sequías u otros factores de riesgo ambiental que perjudican a las comunidades que no disponen de una fuente estable y/o confiable para recolectar el recurso hídrico.

En el panorama colombiano, se puede observar que, a pesar de que dispone de una gran cantidad de recursos hídricos, existen sectores de la geografía nacional que no cuentan con un servicio de agua que cubra las diferentes necesidades de los habitantes. Por tanto, es necesario buscar algunas alternativas para que estos recursos sean más accesibles para el consumo.

La recolección de agua lluvia es una actividad que tiene gran importancia en la historia de la humanidad. Desde la antigüedad en su aplicación para la agricultura, hasta el día de hoy donde se utilizan sistemas de captación de agua lluvia como fuente alternativa para obtener el recurso hídrico. La captación de agua lluvia es un sistema práctico y eficaz para múltiples aplicaciones diarias que no requieren de agua potable.

Las instituciones educativas, como grandes consumidores, tienen mayores ventajas en la aplicación de estos sistemas, ya que, siendo una tecnología sostenible disminuye la demanda en los sistemas de acueducto y reduce las descargas generadas en las fuentes hídricas receptoras (Manco-Silva et al., 2017).

Por consiguiente, este trabajo consistirá en el prediseño de un sistema de captación de agua lluvia para la institución educativa Gimnasio Jireh teniendo como referencias las nuevas tecnologías que permitan el aprovechamiento de aguas lluvias para diferentes usos.

Para cumplir con este propósito se busca estudiar los diferentes métodos que se han planteado para la recolección de las aguas lluvias en diferentes proyectos y, posteriormente, aplicar una de estas metodologías en el colegio Gimnasio Jireh, dándole un básico tratamiento al agua captada, con el fin de alcanzar las características suficientes para su almacenamiento, y, del mismo modo, diseñar su distribución para su respectivo uso.

## Generalidades

### Formulación del Problema

¿Se logra suplir la demanda no satisfecha en el colegio Gimnasio Jireh mediante un sistema de captación de agua lluvias?

El agua es un recurso fundamental que se ha considerado una fuente inagotable para la humanidad, sin embargo, en la interpretación del ciclo hidrológico se excluye de este planteamiento la cantidad disponible del recurso, pues este se ha visto afectado tanto por la contaminación y sus factores subyacentes como el cambio climático, provocando de esta manera la insuficiencia del recurso hídrico. (Velandia Bernal & Ortiz Forero, 2017).

La sabana de Bogotá dispone de diferentes acueductos para suplir las necesidades de la población, y, para el caso del municipio de Cota, se dispone del servicio de acueducto a través de la entidad Emsercota, quien se encarga de los servicios del municipio, no obstante, para la vereda la Moya, Cota, cuenta con una planta independiente de la empresa La Moya quien ofrece el servicio no solo a la vereda, sino también a la institución Gimnasio Jireh.

El problema que pretende abordar el proyecto de investigación es el aprovechamiento de agua lluvia por medio de fuentes sostenibles, para suplir la demanda no satisfecha por el acueducto en el municipio de Cota, vereda La Moya, y, de esta manera, mejorar la disponibilidad del servicio en las instalaciones de la institución.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Prediseñar un sistema de recolección de agua lluvia para el Gimnasio Jireh del municipio de Cota, como complemento a la oferta del acueducto local, supliendo total o parcialmente la demanda de agua no potable de la institución.

### ***Objetivos Específicos***

- Cuantificar la demanda hídrica de la institución por medio de información primaria, secundaria y técnicas encontradas en la literatura.
- Estimar la oferta total de agua lluvia sobre la institución, por medio de análisis de información hidro-climática.
- Evaluar las diferentes alternativas para la recolección de agua lluvia en las instalaciones del colegio.
- Prediseñar las estructuras hidráulicas que componen el sistema de captación, almacenamiento y distribución de aguas lluvias.

## Justificación

La implementación de los sistemas de aprovechamiento de agua en las infraestructuras es una metodología de captación que facilita el proceso de recolección del recurso hídrico y que además no afecta el área de instalación. El uso de este modelo de recolección de agua se ha ido implementando en los actuales sistemas constructivos en el mundo para alcanzar un desarrollo sostenible. Específicamente en Colombia se cuenta con una gran cantidad de fuentes hídricas alcanzando una condición favorable a nivel continental y mundial, sin embargo, este recurso no es bien distribuido en algunas zonas del país y sufren la escasez de este (Alfonzo & Arévalo, 2017), por ende, es necesario proponer alternativas viables para satisfacer las necesidades mediante proyectos sostenibles.

Para el municipio de Cota, desde hace más de 15 años se ha incrementado la población municipal, desde un punto de vista más exacto, entre el año 2005 al 2015 la población creció un 60,07%, pasando de una población de 19.909 a 31.868 habitantes (Ciguenza, 2019), esto se debe principalmente a que los municipios de la sabana (centro y occidente) han comenzado a ser una alternativa de vivienda para los habitantes de la ciudad de Bogotá que están en busca de un lugar más tranquilo. El crecimiento poblacional ha generado que los servicios públicos del municipio sean insuficientes para cubrir la demanda de la población provocando cortes recurrentes del servicio de agua potable. Por tanto, el presente proyecto pretende proponer una alternativa sostenible para la institución educativa donde su principal aporte de agua sea el agua lluvia, lo que generará que el sistema de acueducto de la zona pueda atender otras necesidades.

## Marco Referencial

### Estado del Arte

Los sistemas de captación agua lluvia son modelos sostenibles de aprovechamiento de agua pluvial, diseñados como alternativa para colaborar con el sistema de acueducto y de esta forma cubrir la creciente demanda del agua potable. Estos sistemas implican los procesos de recolección, que consisten en el uso de una superficie lo suficientemente apropiada como para la captación del agua lluvia, que, por medio de pendientes, dirigen al líquido hacia una canaleta hasta el área de almacenaje en un tanque. (Suárez, Mesa, Bravo, & Prieto, 2015).

Existen modelos de recolección y sistemas de distribución, diseñados recientemente, especialmente acondicionados para una captación más eficiente, utilizando este recurso para las necesidades del hogar y el almacenamiento para su posterior uso.

El agua de lluvia recolectada es una valiosa fuente de agua para miles de usos. Sin embargo, el agua para el consumo humano y uso doméstico debe estar libre de importantes concentraciones de contaminantes, haciéndose necesaria la implementación de algún tipo de sistema para su purificación. (Suárez, Mesa, Bravo, & Prieto, 2015).

Actualmente, los Sistema de Captación de Agua Lluvia (SCALL) acoplan sistemas de tratamiento del agua, retención de partículas, cloración u otros métodos de limpieza del agua. El aprovechamiento de agua lluvia ha mejorado a lo largo de los años en sus estudios para llegar al punto de garantizar la sostenibilidad en los lugares donde se introduce esta tecnología.

Los sistemas de captación de agua lluvia nacen de la necesidad de agua en las regiones que presentan fuentes de mediana o baja capacidad para abastecer a una población. Según Montero (2016);

Estas metodologías utilizadas para la captación y almacenamiento del agua lluvia, son el producto de las necesidades (demanda de agua), los recursos disponibles (dinero para invertir y materiales de construcción), las condiciones ambientales (contaminación del agua, disponibilidad de agua subterránea y superficial, precipitación y temperatura), las experiencias culturales y la legislación actual de cada región.

Las características del lugar y el tipo de tecnología a implementar definen los elementos fundamentales de un sistema de captación de agua ya que garantizan los volúmenes de agua para satisfacer las necesidades, cumpliendo con los criterios de diseño que soportan el comportamiento hidrológico de la zona. Además, estos sistemas se encargan de cumplir con las necesidades básicas de la población, ya sea para actividades cotidianas, captación de agua para consumo o implementación de sistemas de riego en cultivos con agua lluvia captada.

### *Antecedentes*

Para comprender la relevancia de los sistemas de captación de aguas lluvias, es necesario considerar los antecedentes históricos, desde los sistemas de recolección de agua para su aprovechamiento en las cosechas, hasta los modelos actuales de Sistema de Captación de Agua Pluvial en Tejados (SCAPT) que comprenden los nuevos panoramas de sostenibilidad.

Unos de los primeros modelos de captación de aguas lluvias se ubican en el Desierto de Negev, en Israel y Jordania, donde han sido descubiertos sistemas de captación de agua

de lluvia que datan de 4.000 años o más, estos sistemas consistían en el desmonte de lomeríos para aumentar la escorrentía superficial, que era entonces dirigida a predios agrícolas en las zonas más bajas. (Ballén J, et al., 2006).

Desde la antigüedad la captación de aguas lluvias ha sido un método práctico para suplir las necesidades en las poblaciones donde el agua ha sido un recurso escaso. Es importante tener en cuenta que este método de cosecha de agua no solo inició en el medio oriente, sino también, en todos los continentes en diferentes tiempos y con modelos totalmente únicos, casos tales como; la república romana que utilizaba estanques (impluvium) en viviendas denominadas “Domus”, donde caía el agua a través de un espacio abierto (atrio), en Irán con modelos los abarbans de captación y almacenaje, en Centro América donde el imperio Maya utilizó áreas de entre 100 y 200 metros cuadrados para recolectar y seguidamente almacenar el agua lluvia, en Cerros – México se implementó el sistema de canales y diques usados para dirigir el agua lluvia a depósitos que abastecen a la comunidad (Ballén J, et al., 2006).

En Campeche – Edzná, los pobladores precolombinos de esta ciudad construyeron un canal de casi 50 m de ancho y de 1 m de profundidad para aprovechar el agua de lluvia, este canal proporcionaba agua para beber y regar los cultivos (Ballén J, et al., 2006). Mientras que para la ciudad de Sassai de Matera en Italia, donde la ciudad está construida a orillas de profundos barrancos, los techos fueron tallados en la misma piedra junto con posos recolectores alrededor de un patio con grandes excavaciones de aljibes que recogen el agua de los tejados, el agua de la lluvia se colecta por un sistema de drenaje de las cuevas compuesto por canales de terracota que llevan el agua al aljibe (Montero, 2016).

En el transcurso de los siglos, nuevas prácticas de captación de agua fueron implementadas, supliendo los sistemas de captación de aguas lluvias. Muchas de las situaciones

político militares cambiaron las condiciones de algunos países y sus sistemas de recolección de aguas terminaron siendo dejados de lado. En la península de Yucatán se dejó de lado el aprovechamiento de agua lluvia debido a la invasión española en el siglo XIV, los españoles colonizaron los territorios introduciendo otros sistemas de agricultura, animales domésticos, plantas y métodos de construcción europeos. (Ballén J, et al., 2006).

Actualmente los sistemas de recolección y tratamiento de aguas lluvias son una respuesta sostenible, siendo una metodología que puede tener un gran impacto gracias a la desafortunada situación de cambio climático y la contaminación constante de las fuentes de captación de agua, como ríos o pozos de agua subterránea.

## **Marco Teórico**

### ***Precipitación***

La precipitación es un proceso meteorológico perteneciente al ciclo hidrológico, donde el agua se transporta de un lugar a otro cambiando de estado físico. Este cambio ocurre desde la atmósfera donde se acumulan los gases por efecto de la gravedad y descienden hasta la superficie terrestre. Según Aparicio (1992) "... la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua."

La hidrometeorología es la encargada de estudiar los fenómenos del agua en la atmósfera, lo que concierne a la precipitación desde su concentración en la atmósfera como vapor de agua hasta llegar a la superficie de la tierra para continuar con el ciclo del agua.

En relación a la acumulación del vapor de agua en la atmósfera, inicialmente sucede por medio de las altas temperaturas que evaporan el agua en diferentes fuentes (mares, ríos, vegetación a partir de la evapotranspiración, etc.) alcanzando el estado gaseoso. Por otra parte, el vapor de agua, al alcanzar una menor densidad que el aire, asciende hasta la atmósfera para que se acumule, y, mediante un proceso de presión y temperatura, llega al punto de condensación cayendo en forma de lluvia, llovizna, granizo o nieve (Aparicio,1992).

La pluviometría y pluviógrafos se encarga de medir la precipitación a través de estaciones ubicadas en la mayor parte del territorio nacional, registrando la cantidad de lluvia en unidades de longitud con diferentes ocurrencias e intensidades en una cuenca.

### ***Métodos para el Cálculo de Datos Faltantes***

Las estaciones pluviométricas registran los datos de precipitación desde el momento en que son instaladas o ubicadas en la zona de estudio, sin embargo, por efectos de mantenimiento, errores en el registro u otras circunstancias, los valores de precipitación se encuentran incompletos, y, por tanto, es necesario estimar los datos faltantes mediante la comparación entre estaciones. Entre algunos de los métodos utilizados se encuentran;

**Métodos de Series Anuales.** Razón  $q$ . Se aplica a pares de estaciones, donde A tiene los datos completos y B no. La razón  $q$  entre los valores mensuales, anuales o medios, tiende a ser constante (Gidahatari, s.f). Por tanto, al tener dos estaciones se establece la constante;

$$q = \frac{\sum b_i}{\sum a_i} \quad (1)$$

Lo que se define como la sumatoria de los datos correspondientes a la estación A en su totalidad, dividido la sumatoria de los valores en la estación B (únicamente faltando el valor a determinar), evaluando de esta forma la constante  $q$ , y, de esta manera se determina el valor faltante  $b_j = q * a_j$ .

Este método es útil para determinar los datos faltantes mediante una comparación frente a una estación cercana con los datos completos o una estación con un comportamiento similar.

**Método de Regresión lineal.** Este método es uno de los más utilizados; se recomienda para la estimación de datos mensuales y anuales de la estación en estudio y las de una estación pluviométrica cercana, que cuente con una estadística consistente y observada. (Pizarro, R. et al, 2009).

Se establece una regresión y correlación lineal entre una estación patrón y la estación con datos faltantes, mediante la ecuación;

$$y = a + b * x \quad (2)$$

Donde  $y$  equivale al valor estimado de la precipitación,  $x$  es el valor de precipitación registrado en la estación patrón y  $a$ ,  $b$  son las constantes de regresión.

**Método por razones de distancias.** Este método se utiliza para la estimación de datos menores de un año, en zonas planas no montañosas; las estaciones deben tener una disposición espacial lineal. La estación con carencia de datos debe quedar entre dos estaciones que presenten una estadística completa, y, de esta forma, se puede estimar el dato faltante;

$$PX = PA + a * \left[ \frac{PB - PA}{(a + b)} \right] \quad (3)$$

Donde  $PX$ ,  $PA$ ,  $PB$ , representan la precipitación para las estaciones  $X$  (intermedia, datos faltantes),  $A$  y  $B$ , respectivamente, para el período en estudio. (Pizarro, R. et al, 2009).

**Método de Regresiones Múltiples.** Del mismo modo, este método se implementó en la estimación de datos faltantes ya que es un planteamiento más completo. Este método, es una extensión del método de regresión simple y su forma de estimar la precipitación se basa en la expresión matemática;

$$y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 + \dots nX_i \quad (4)$$

Donde;  $y$  corresponde al valor de precipitación a estimar en la estación sin datos,  $X_i$  equivale al valor de precipitación en estaciones con información completa y  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $n$  son las constantes de regresión. (Pizarro, R. et al, 2009).

### ***Métodos para el Cálculo de la Precipitación Media en una Cuenca***

La precipitación media es la precipitación promedio o estimación de precipitación mensual basada en los valores registrados en una red pluviométrica.

**Método Aritmético.** Este método consiste en el promedio aritmético de precipitación registradas en cada estación;

$$h_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{pi} \quad (5)$$

Donde  $h_p$  es la altura de precipitación media,  $n$  es el número de estaciones analizadas para el estudio hidrológico de la zona, y  $h_{pi}$  es la altura de precipitación registrada en la estación  $i$ .

**Polígonos de Thiessen.** Los polígonos de Thiessen comprenden un método de cálculo de áreas de influencia por estación y determina la precipitación media a través de la relación media de las estaciones evaluadas.

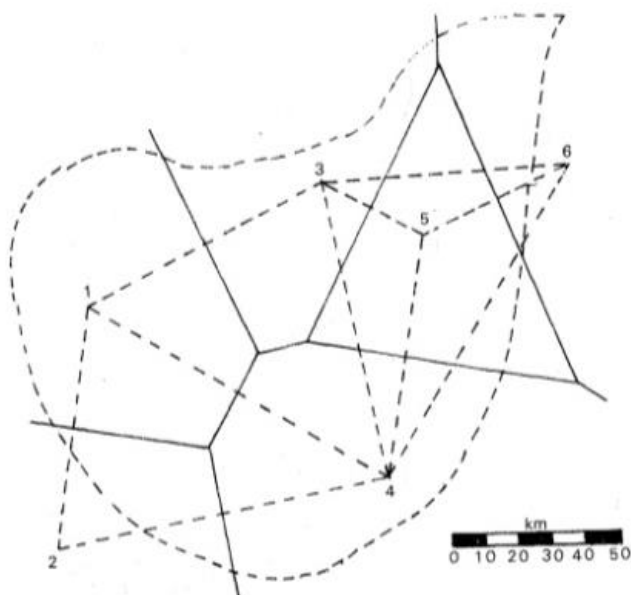
Como primer procedimiento se conectan las estaciones más cercanas entre ellas con líneas rectas en un plano de la cuenca generando triángulos de diferentes dimensiones, en segunda instancia se trazan líneas que bisectan los lados de los triángulos, estas líneas convergen en un punto y generan polígonos que rodean cada estación (figura 1).

Finalmente, el área de cada uno de estos polígonos deberá ser calculada ( $A_i$ ) para poder realizar el cálculo de la precipitación media sobre la cuenca mediante la expresión:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * A_i}{\sum A_i} \quad (6)$$

## Figura 1

*Cuenca, Polígonos de Thiessen.*



*Nota.* Cálculo de precipitación media de una cuenca, Aparicio, F. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. México: Limusa.

**Método de las Isoyetas.** Sobre los valores de precipitación de cada estación se construyen interpolaciones para generar líneas de igual precipitación dentro de la cuenca, como se muestra en la figura 2. Estas líneas generadas se denominan isoyetas y se asemeja al planteamiento topográfico de las curvas o líneas de nivel.

Como se observa de la anterior expresión este método asume que la lluvia media entre dos isoyetas sucesivas es igual al promedio numérico de sus valores.

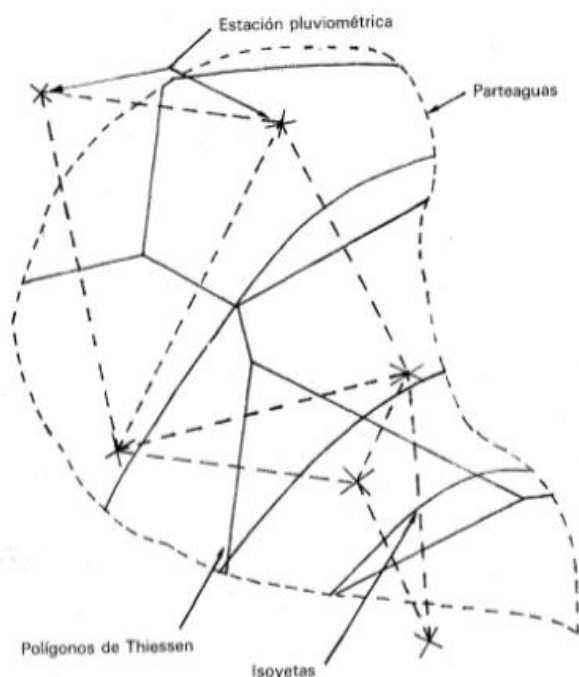
Este método es útil y preciso, ya que permite, además de calcular el valor medio de precipitación, también plantea el comportamiento de la distribución de precipitación de la cuenca en el periodo de tiempo evaluado. Al establecer las isoyetas en la cuenca se determina la precipitación media según la expresión:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^m \left[ \frac{P_j + P_{j+1}}{2} \right] * A_j}{\sum_{j=1}^m A_j} \quad (7)$$

Donde  $P_j$  es la precipitación de la Isoyeta  $j$ ,  $A_j$  es el área incluida entre dos Isoyetas consecutivas y  $m$  es el número total de Isoyetas. (Aparicio, 1992).

## Figura 2

Cuenca, Polígonos de Thiessen e Isoyetas.



*Nota.* Cálculo de precipitación media de una cuenca, Aparicio, F. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. México: Limusa.

Las isoyetas representan gráficamente el comportamiento de precipitación de la cuenca, seccionando áreas que se generan por las isoyetas, teniendo éstas valores específicos para evaluar los puntos requeridos a través del cálculo por interpolación.

### *Sistema de Captación de Agua Lluvia y sus Componentes*

Los sistemas de captación de agua lluvia son estructuras que comprenden la simple función de recolectar el agua lluvia en un depósito o tanque. Existen diversos sistemas de captación de agua lluvia, con elementos totalmente diferentes y adaptados para cada edificación en donde se instalen, sin embargo, todos ellos poseen algunas características similares para su funcionamiento.

Los SCALL son estructuras modeladas con la finalidad de reemplazar o apoyar los sistemas de acueducto que abastecen una población, o, también, se instauran como fuente alternativa donde no se posea un sistema de acueducto. Además, su aplicación depende de la tecnología del sistema, pues los SCALL pueden distribuir el agua lluvia para actividades donde no se requiera agua potable o tratar el agua lluvia para su consumo.

Así mismo, permiten reducir costos en factura de agua, favorecen al ambiente, evitan el gasto de energías utilizadas en otros modelos como el acueducto donde se consume gran cantidad de energía para abastecer a una población.

Por otro lado, la mayor parte de los SCALL tienen los siguientes componentes; captación, recolección, sistema interceptor, almacenamiento, bombeo y potabilización como se evidencia en la tabla 1, describiendo cada elemento. Cada componente depende de las características de la zona, los volúmenes de agua y la disponibilidad de recursos.

En relación a la captación, existen diversas metodologías para acumular el agua lluvia en un área específica, ya sea subterránea, superficial o por condensación del vapor de agua. Del mismo modo, el sistema de recolección, interceptor y almacenamiento, pueden trabajar de diferentes formas, pero su utilidad es la misma.

**Tabla 1**

*Componentes de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia.*

<b>COMPONENTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Área de captación	El techo de la edificación, debe tener la superficie y pendiente adecuadas para facilitar la recolección.
Recolección y conducción	Conjunto de canaletas adosadas en los bordes más bajos del techo y tuberías, que llevan el agua lluvia al tanque de almacenamiento, a través de bajadas con tubos PVC.
Sistema interceptor o de distribución	Depende de la geografía y topografía del lugar y del uso que se dé al agua captada, si es para consumo humano, doméstico, etc.
Almacenamiento	Tanque donde se guarda el agua lluvia limpia para el consumo humano debe tener: tapara, una entrada para poder limpiarlo, mallas en la entrada y el rebose, dispositivos para sacar el agua y drenaje.
Sistema de bombeo	El sistema de bombeo distribuirá el agua desde el tanque de almacenamiento hacia las unidades requeridas, con la presión necesaria
Sistema de potabilización	El agua que se saca del tanque de almacenamiento debe ser tratada, si es para consumo humano directo, con filtros y cloro.

*Nota.* Tomada de Barreto Urrego, J. C., Gualteros Arboleda, J. A., & Vargas Castro, E. M. A. (2018). Diseño de sistema de captación de aguas lluvias para el abastecimiento total de la finca agroturística mesopotamia finca hotel ubicada en la vereda caney bajo en el km 14 vía Villavicencio–Cumaral.

## Procedimientos de Pre-Tratamiento

Los sistemas de captación de aguas lluvias requieren de algunos componentes que les permitan evitar elementos indeseados, y, de esta forma, almacenar el agua para usos variados. El primer elemento para su pre-tratamiento son las mallas o tamices, con el fin de evitar los elementos arrastrados en los tejados o en las superficies de recolección. “La malla deberá estar fabricada de un material no-corrosivo, y que no tenga aperturas mayores a 0.15 mm (1,500 micras o 1/16 de pulgada)” (Hidropluviales, 2018).

Seguidamente se encuentra el separador de contaminación de primeras lluvias que comprende un sistema automático, encargado de dirigir un volumen de agua determinado para evitar recolectar las primeras lluvias que arrastran consigo las partículas contaminantes como el polvo que queda acumulado sobre los tejados.

Existen varios modelos de interceptores de agua lluvia entre ellos; los modelos de desviación se encargan de separar un volumen de agua ajustable, los modelos de acumulación que retienen y decantan un volumen de agua captada, el modelo de retención se encarga de almacenar dentro de un filtro por retención, sedimentación y/o adsorción las partículas suspendidas, y, por último, el modelo híbrido, que agrupa los anteriores mecanismos. Así mismo “... deberán estas colocados de tal manera que sean accesibles para el mantenimiento e inspección, acorde a las especificaciones del fabricante.” (Hidropluviales, 2018).

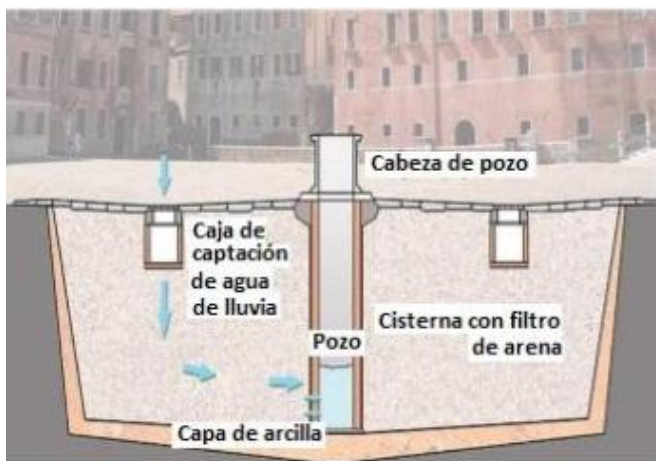
Otro elemento útil para el pretratamiento de agua son los filtros naturales que constan de arena, gravilla y carbón activado, reteniendo los contaminantes en una condición físico-química, pues la arena y gravilla se encargan de frenar el paso de partículas, mientras que el carbón elimina impurezas (filtro químico).

## Tipos de SCALL

Es necesario comprender que existen dos modelos de captación de agua lluvia, los Sistemas de Captación de Aguas Lluvias (SCALL) y los Sistemas de Captación de Agua Pluvial en Techos (SCAPT). El primer modelo (SCALL) comprende el segundo, y, sin embargo, este sistema no solo cuenta con el área proporcionada por los techos de las edificaciones para aprovechar el agua lluvia, también existen modelos como el presente en la figura 3, donde se evidencia la utilización de áreas del suelo en Venecia para recolectar el recurso.

### Figura 3

*Esquema de cisterna filtrante con pozo en Venecia.*

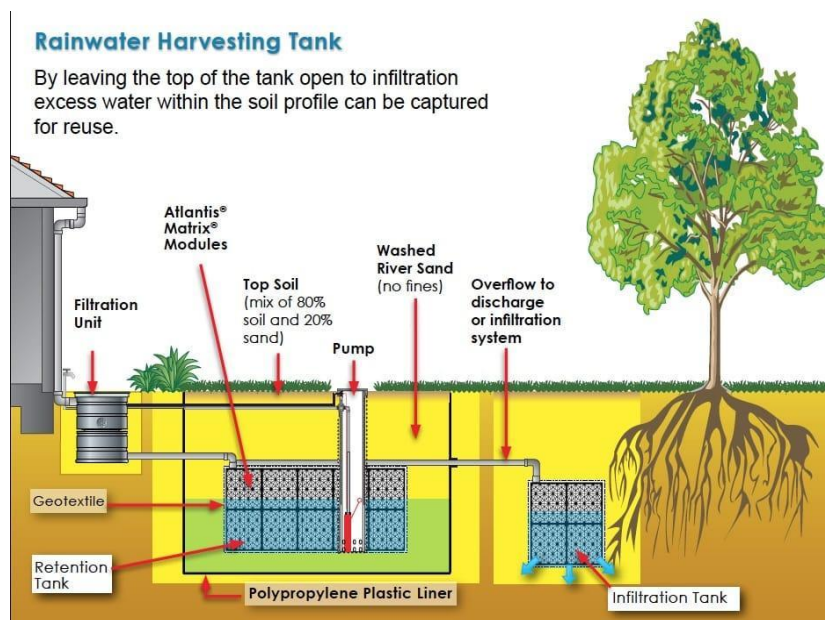


*Nota.* Modelo de captación de agua lluvia subterráneo, Tomada de Torres Hugues, R., 2019.

Del mismo modo, como se evidencia en la figura anterior, los sistemas de captación de aguas lluvias (SCALL), son modelos diseñados con el fin de aprovechar el agua lluvia desde cualquier superficie permisible. Otro ejemplo más reciente es el sistema de tanque Atlantis – presentado en la figura 4 y 5 – el cual se compone de una estructura cúbica cubierta con una capa plástica para retener el agua lluvia infiltrada, un geotextil que tiene la finalidad de impedir el acceso al tanque de las partículas más pequeñas.

## Figura 4

*Tanques modulares para la recolección de agua de lluvia (Tanque Atlantis).*

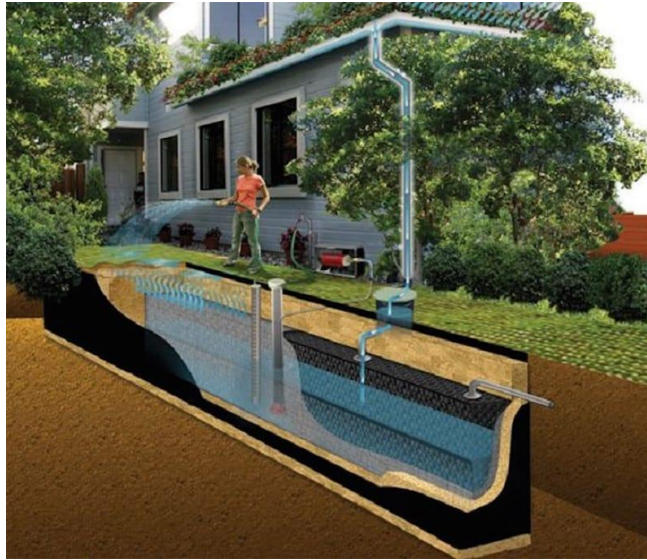


*Nota.* Este sistema cuenta con la implementación de SCAPT, y posee un tanque adjunto para descarga para desbordamiento. Tomado de <https://atlantisaurorambiental.cl/>.

Su construcción debe realizarse considerando el área de instalación, esta debe contar con un espacio permeable y ajardinado, evitando elemento como: "... losas de concreto, balcones, techos o alguna otra estructura que sobresalga del nivel de banqueta; además debe ser libre de cualquier tipo de construcción subterránea como: sótanos, losas de cimentación y otras estructuras que impermeabilicen el suelo." (Hidropluviales, 2018).

**Figura 5**

*Detalle de tanque modular para la recolección de agua de lluvia (Tanque Atlantis).*



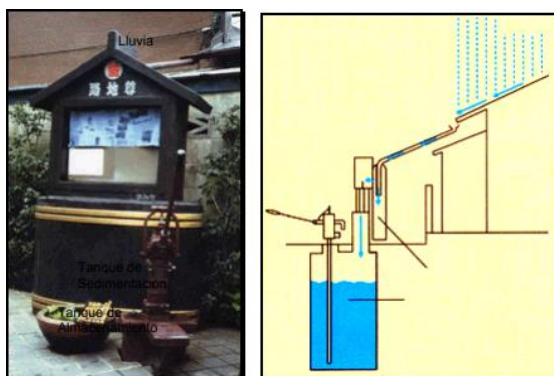
*Nota.* Este sistema cuenta con la implementación de SCAPT, y posee un tanque adjunto para descarga para desbordamiento. El agua lluvia se reutiliza a través de una bomba. Tomado de <https://atlantisaurorambiental.cl/>.

Estos sistemas de captación de aguas lluvias deben contar con una conexión adicional al sistema de alcantarillado de la alcaldía, con el fin de drenar los excedentes de agua captada.

Los SCAPT son los sistemas más utilizados y estudiados en el campo de la recolección de aguas lluvias, pues permiten un modelo acorde a las edificaciones recientes de sostenibilidad, y se utilizan para disponer el agua en varios fines. Como se muestra en la figura 6 se evidencia el funcionamiento de los SCAPT para uso comunitario en la ciudad de Tokio.

### Figura 6

*Instalación para la utilización de agua lluvia a nivel comunitario en Tokio, Japón.*

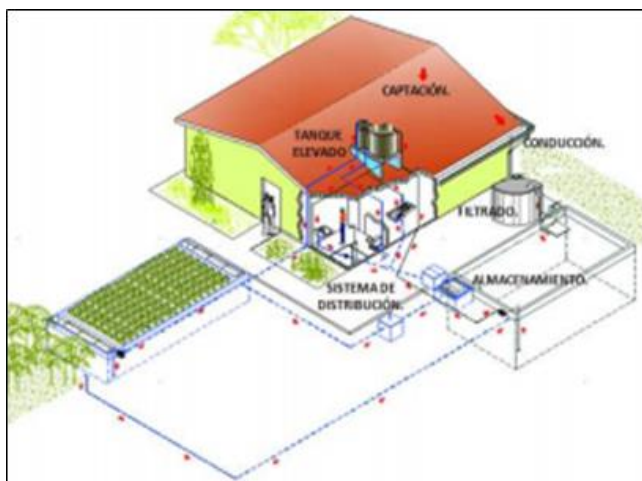


*Nota.* Instalación para la utilización de agua lluvia a nivel comunitario en Tokio, Japón., Suárez, J., García, M. & Mosquera, R., 2006.

La captación de aguas lluvias no sólo se implementa para el aprovechamiento en actividades domésticas (figura 7), como riegos de jardines, lavado de patios, descarga de inodoros, entre otros, también se emplean en las industrias como método económicamente viable.

### Figura 7

*Sistema de captación por cisterna para uso doméstico.*



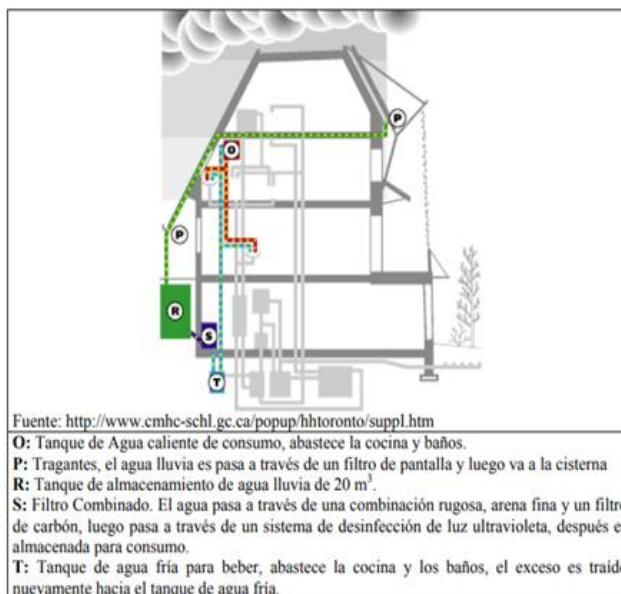
*Nota.* SCALL por cisterna para uso doméstico, Duran, P., Herrera, L., & Guido, P., 2010.

También existen modelos de SCAPT más elaborados como se muestra en la figura 8, el sistema;

HEALTHY HOUSE el cual se compone de una casa familiar de tres habitaciones con un área de 158 m<sup>2</sup>, independiente del sistema de acueducto municipal. 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 remover todas las impurezas y por último es sometida a un proceso de desinfección mediante luz ultravioleta. (Suárez et al., 2006).

### Figura 8

*Sistema de captación por cisterna para usos variados.*



*Nota.* Sistema Healty House, diseño de captación, distribución y almacenamiento para una casa autosuficiente, Suárez, J., García, M., & Mosquera, R., 2006, <http://www.cmhc-schl.gc.ca/popup/hhtoronto/suppl.htm>

## **Consideraciones y Evaluación de los SCALL**

Entre los SCALL se puede comprender una división entre los sistemas de captación de agua lluvia por medio de cubiertas y los sistemas subterráneos, que se encargan de captar el agua lluvia por escurrimiento libre y filtración. Ambos sistemas se especializan en la recolección de agua lluvia dependiendo del medio de captación, y, al mismo tiempo, trabajan con condiciones totalmente diferentes tales como área requerida para el sistema, agentes contaminantes y volúmenes de agua captados.

Los SCALL dependen en su totalidad del área de captación, pues definen su volumen de agua a captar con la cantidad de lluvia. Considerando los SCAPT, se puede mencionar que al utilizar el área de la estructura como medio de captación le brinda una gran ventaja frente a los SCALL subterráneo. No obstante, se debe tener en cuenta que los SCALL también pueden implementarse en campos o grandes áreas libres, favoreciendo los modelos subterráneos.

Por otra parte, teniendo en cuenta los factores económicos, cada sistema de captación de agua lluvia depende de la complejidad del sistema y su instalación. Sin embargo, para los SCAPT se pueden reducir los costos al tener en cuenta las áreas de captación de las estructuras, mientras que los sistemas subterráneos requieren de una estructura especializada para la captación de agua lluvia.

Finalmente, en el caso de los contaminantes que recogen los sistemas de captación del agua lluvia, en el caso de los SCAPT, reciben directamente sustancias fácilmente filtrables de los techados. Por otro lado, para los SCALL subterráneos, deben contar con filtros o geotextiles que impiden el acceso de sustancias indeseables, pero las sustancias químicas o disueltas y filtradas en el suelo pueden ocasionar la contaminación del agua haciendo más complejo su tratamiento.

### ***Marco Legal***

La normativa colombiana, leyes, decretos y normas, cuenta con pocas medidas legales con respecto a los sistemas de captación de agua lluvia y su utilidad en el sector constructivo, sin embargo, existen algunas normas que las mencionan o tienen una proximidad a la temática.

Una de las normas más importantes para el control de la calidad de los bienes y servicios del agua en la construcción corresponde a la resolución 330 de 2017, donde se establecen las condiciones acordes para buscar un recurso hídrico adecuado.

Del mismo modo, existen leyes que pretenden aprovechar los recursos minimizando el impacto ambiental, planteando alternativas sostenibles. “Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional.” (Ley 23, 1973, art. 1).

La Ley 373 de 1997 establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua, correspondiente al manejo sostenible del agua y permite la creación de proyectos con obligatoriedad, teniendo en cuenta el cuidado del recurso, dando a las entidades ambientales la potestad para sancionar a las constructoras que incumplan con lo planteado por la ley. Esta ley debe articularse con el Objetivo de Desarrollo Sostenible ODS número 6, el cual plantea la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa para el uso eficiente y ahorro de agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades

encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico. (Ley 373, 1997, art. 1).

Según la constitución política de Colombia, se plantean unos artículos de los derechos colectivos y del ambiente, donde establecen que:

La ley regulará el control de calidad de bienes y servicios ofrecidos y prestados a la comunidad, así como la información que debe suministrarse al público en su comercialización. Serán responsables, de acuerdo con la ley, quienes en la producción y en la comercialización de bienes y servicios, atenten contra la salud, la seguridad y el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuarios. (C.P.C,1991, arts.78)

Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. (C.P.C,1991, art.79)

El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Asimismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas. (C.P.C,1991, art.80).

Una de las leyes que propende por mejorar las condiciones de calidad de agua, es la Resolución 2115 de 2007, la cual señala un control riguroso de las condiciones del agua.

**Normatividad Aplicable.** En la tabla 2 se definen las normativas presentes según el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

**Tabla 2**

*Normativas del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.*

Año	Documento	Restrictor
1973	Ley 23 de 1973 Nivel Nacional	Se faculta al Gobierno para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente. Prevención y control de la contaminación del medio ambiente.
1974	Decreto 2811 de 1974 Nivel Nacional	Dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el cual tiene por objeto preservación, restauración y conservación del ambiente, prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables, y regular la conducta humana, individual o colectiva y la Administración Pública.
1978	Decreto 1608 de 1978 Nivel Nacional	Reglamenta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente, administración, manejo, protección, aprovechamiento y recursos de fauna silvestre, obligaciones, prohibiciones y sanciones relacionadas.
1998	Sentencia 126 de 1998 Corte Constitucional	Sentencia C-126 de 1998 abril 1 Corte Constitucional Distinción entre precisión y generalidad Distinción entre legislación ambiental y legislación civil Régimen de concesiones y de propiedad de la explotación de los recursos naturales Distinción entre dominio eminente y propiedad estatal o privada.

*Nota.* Alcaldía de Bogotá, Congreso de Colombia. (s.f)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=26934>.

## Metodología

Para desarrollar el presente proyecto, se realizará, en primer lugar, un estudio que permita determinar la demanda requerida por la institución educativa tomando como referencia los consumos de la institución en los años más recientes, a partir de los datos brindados por la oficina del acueducto. Una vez establecido este parámetro se deberá hacer una identificación y análisis de datos de las estaciones hidroclimáticas de la zona, que permita determinar la intensidad de la lluvia de la zona de estudio, y, de esta manera conocer la cantidad de agua que se puede aprovechar.

A medida que se obtengan esta información, se recurrirá a diferentes fuentes bibliográficas que permitirán seleccionar una alternativa para la recolección del agua lluvia, con el fin de hacer el prediseño de las diferentes estructuras necesarias en el proyecto como sistemas de recolección, tanque de almacenamiento y redes de distribución.

Finalmente, se establecerá una previa evaluación del costo sobre el diseño de un sistema de captación de agua lluvia en la institución y se considerará la rentabilidad del uso de modelos sostenibles.

Para considerar todas las condiciones del colegio Gimnasio Jireh se solicitaron los planos correspondientes a la estructura, redes hidráulicas y sanitarias, planos de cubiertas y planos topográficos, los cuales fueron otorgados por la institución y la alcaldía del municipio.

La tabla 3 y figura 9 presenta la metodología ligada a los objetivos específicos del proyecto. Se identifican, además, las actividades y su respectiva descripción.

**Tabla 3***Metodología del proyecto de Prediseño de SCALL para el Gimnasio Jireh.*

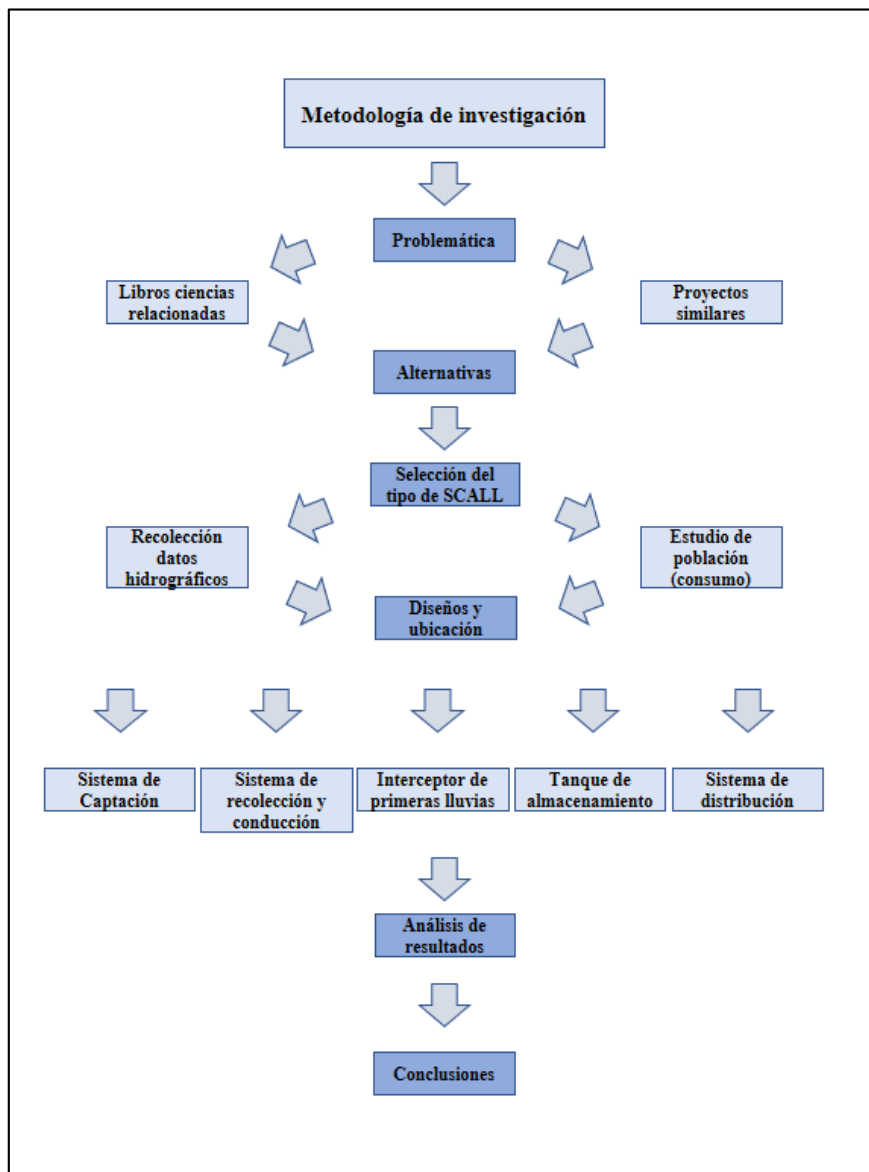
Objetivo	Actividad	Descripción
Analizar la demanda hídrica de la institución por medio de la recolección de información primaria.	Recolección de información en la oficina del acueducto local.	Por medio de esta información establecer la demanda promedio que necesita la institución.
	Evaluar la demanda requerida para una institución educativa.	Desarrollar encuestas para evaluar la demanda requerida para una institución educativa.
Estimar la oferta total de agua lluvia sobre la institución, por medio de análisis de información hidroclimática.	Revisar en la literatura los consumos correspondientes a una institución educativa.	Mediante las fuentes bibliográficas se establecen los consumos requeridos para una institución educativa.
	Identificación de las estaciones hidroclimáticas de la zona.	Por medio de la modelación
Evaluar las diferentes alternativas para la recolección de agua lluvia en las	Solicitud de la información necesaria al IDEAM.	solicitar al IDEAM por medio de un correo electrónico la información medida por las estaciones.
	Análisis y completado de la información recibida de las estaciones.	Completar datos faltantes o datos erróneos de la información.
Evaluar las diferentes alternativas para la recolección de agua lluvia en las	Establecer la oferta que puede ser aprovechada del agua lluvia	Según los datos obtenidos calcular cual es la máxima oferta posible de agua lluvia que podemos aprovechar
	Identificar las ventajas y desventajas de aplicar cada uno de los modelos de captación de agua lluvia	Escoger el sistema más adecuado para la zona y el ambiente en el cual se está trabajando

instalaciones del colegio.	Revisar el manual de los SUDS, para evaluar las diferentes estructuras de drenaje urbano.	Comparar los sistemas de drenaje urbano planteados por el manual de los SUDS.
Prediseñar las estructuras hidráulicas que componen el sistema de captación, almacenamiento y distribución de aguas lluvias.	Prediseño del sistema de captación.	Establecer el trazado necesario para lograr aprovechar la mayor cantidad de agua
	Identificación de un sistema de tratamiento básico para el agua recolectada	Escoger una alternativa que permita ofrecer agua de buena calidad
	Prediseño de un tanque de almacenamiento	Dimensionar adecuadamente un tanque que nos permita almacenar la cantidad demandada
	Evaluación de los posibles puntos de distribución	Consultando al personal encargado del colegio, establecer los puntos donde se necesitará el servicio
	Prediseño de la red de distribución.	Dimensionar la red de distribución según los puntos de entrega
	Cuantificación inicial estimada de lo requerido para el sistema a plantear.	Calcular un presupuesto detallado para saber cuánto cuesta la construcción del proyecto.

*Nota.* Estructura del proyecto según su planteamiento.

**Figura 9**

*Metodología del proyecto.*



*Nota.* Diagrama de la metodología.

## Prediseño de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia en el Colegio Gimnasio Jireh

### Localización del Colegio Gimnasio Jireh

El lugar en el que se decidió aplicar el proyecto corresponde al colegio Gimnasio Jireh, ubicado en la vereda La Moya, del municipio de Cota departamento de Cundinamarca. Este colegio ofrece grados desde jardín hasta 11, contando con aproximadamente 250 estudiantes, el área total del colegio son aproximadamente 6300 m<sup>2</sup>. El colegio lleva en esta ubicación más de 5 años.

### Figura 10

*Vista satelital de la cabecera del municipio de Cota – Cundinamarca.*



*Nota.* Ubicación del colegio Gimnasio Jireh, demarcado en la leyenda en la Vereda la Moya, Cota – Cundinamarca.

Actualmente la institución educativa presenta falencias en el sistema de acueducto pues se generan constantes cortes de agua y en algunos casos no hay suministro continuo de agua. Esto se debe a la planta de tratamiento de la empresa La Moya, que es insuficiente para la vereda, lo que permite ofrecer el proyecto como una alternativa favorable para el apoyo del sistema de distribución de agua en el colegio. Es necesario tener en cuenta que el servicio de acueducto de la institución corresponde a "...una planta independiente de la empresa llamada La Moya, donde EMSERCOTA vende agua cruda..." (Superservicios, 2016), por tanto, la empresa la Moya se encarga del recurso.

El colegio Gimnasio Jireh se encuentra ubicado en un área rural que comprende grandes áreas verdes aledañas, de las cuales el colegio utiliza como zonas de esparcimiento recreativo para los estudiantes. Por otra parte, la totalidad de la institución se compone de cuatro estructuras que corresponden a los salones, comedor, salas comunes y áreas administrativas. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede verificar la disposición de espacios útiles para los sistemas de captación de agua lluvia, aprovechado las áreas verdes o de los tejados de la estructura para el componente de captación del sistema. Además, es preciso destacar que el colegio pretende implementar sistemas de captación de agua lluvia pues cuenta con un SCALL, sin embargo, es deficiente y rudimentario.

### Demanda de la Institución

El colegio Gimnasio Jireh se encuentra ubicado en el municipio de Cota – Vereda la Moya, donde se abastece de agua a través del servicio de acueducto de la empresa EMSERCOTA. A continuación, mediante el registro de la demanda de agua brindado por la entidad encargada del servicio de acueducto, se establecerá un análisis de los datos entre los años 2017 a 2019.

**Tabla 4**

*Registro histórico de la demanda de la institución educativa Gimnasio Jireh.*

TIEMPO	2017	2018	2019
[Mes]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
ENERO	19	16	13
FEBRERO	60	28	27
MARZO	35	28	19
ABRIL	35	33	4
MAYO	43	33	7
JUNIO	43	7	2
JULIO	48	7	20
AGOSTO	46	28	39
SEPTIEMBRE	64	20	28
OCTUBRE	48	13	14
NOVIEMBRE	38	14	31
DICIEMBRE	5	2	5

*Nota.* Demanda mensual de la institución educativa Gimnasio Jireh en los años 2017, 2018 y 2019. Véase anexo 1.

El consumo promedio mensual se calculó mediante los registros históricos de los años 2017 al 2019, ya que proceden de los registros confiables del acueducto EMSERCOTA (véase

anexo 1). A partir del análisis de los registros históricos mensuales de la demanda del colegio, se interpreta inconsistencia en los datos correspondientes al año 2019, ya que se evidencia en la tabla 4 una disminución irregular en la demanda de agua en comparación a los años anteriores. No obstante, se tuvieron en cuenta los datos para calcular el promedio mensual multianual.

Se calculó una media o promedio de los datos presentes en la tabla anterior, y se estableció el máximo valor de demanda promedio mensual.

**Tabla 5**

*Consumo promedio mensual de la institución educativa Gimnasio Jireh.*

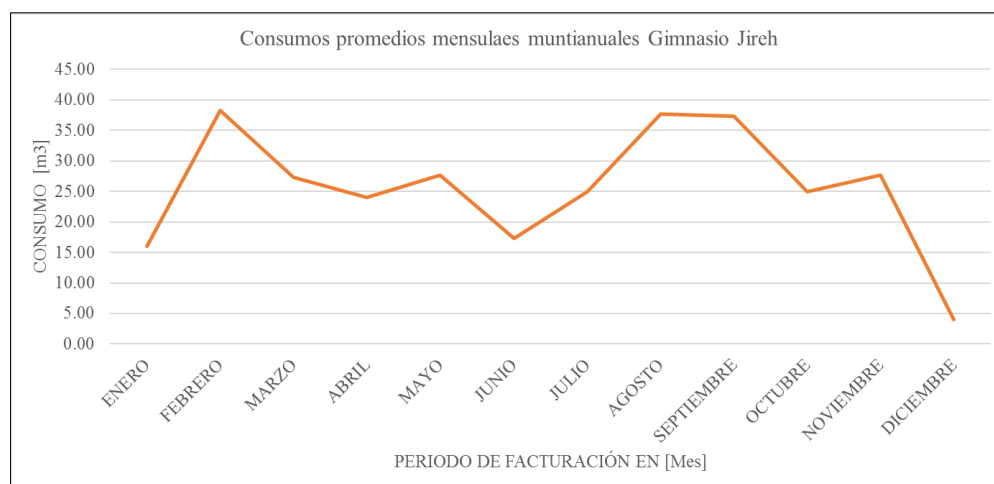
TIEMPO [Mes]	PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL
	[m <sup>3</sup> ]
ENERO	16,00
FEBRERO	<b>38,33</b>
MARZO	27,33
ABRIL	24,00
MAYO	27,67
JUNIO	17,33
JULIO	25,00
AGOSTO	37,67
SEPTIEMBRE	37,33
OCTUBRE	25,00
NOVIEMBRE	27,67
DICIEMBRE	4,00

*Nota.* Consumos mensuales multianuales, promedio del consumo histórico de los años 2017, 2018 y 2019.

Adicionalmente se establece una gráfica de los valores promedio del consumo histórico, o consumo mensual multianual, y, de esta manera, definir una tendencia del consumo, comprendida entre el consumo por metro cúbico y el periodo de facturación mensual.

### Figura 11

*Consumo promedio mensual multianual de la institución educativa Gimnasio Jireh.*



*Nota.* El gráfico representa la tendencia del consumo promedio mensual multianual.

Según la gráfica del consumo promedio mensual multianual, es posible establecer una tendencia para determinar la demanda de la institución educativa según las fechas de actividad en la institución, sin embargo, mediante los datos obtenidos, se establece el consumo máximo del colegio, lo que permitirá conocer la oferta del sistema de captación de agua lluvia en conjunto con el acueducto.

Se determina la oferta para el sistema de captación de agua lluvia a través de dos opciones; en primera instancia se procura cubrir la demanda no potable del colegio por mes con el mayor consumo registrado en la tabla anterior, teniendo en cuenta que la demanda máxima obtenida representa el agua potable y no potable demandada del colegio, como segunda opción,

se estima que la demanda no potable es el 75% de la demanda total del acueducto de acuerdo con el estudio de la demandas institucionales realizada por Manco-Silva (2017).

Para la primera opción se establece el valor máximo en la tabla 5, siendo el  $38,33 m^3$  la mayor cantidad de agua consumida en el año para el mes de febrero, mientras que, en el segundo método, es necesario organizar los valores de menor a mayor, establecer el 75% de la cantidad total de datos a evaluar (noveno puesto de menor a mayor), y determinar el valor encontrado en la lista, es decir,  $27,67m^3$ .

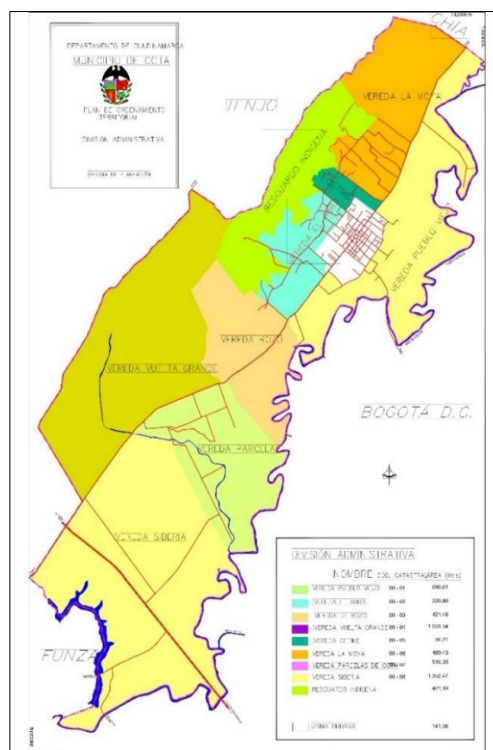
Para concluir, se definió la primera opción como el método de cálculo de la demanda, teniendo en cuenta que el valor obtenido supone el máximo entre los dos planteamientos, y, esto implica que el sistema de captación de aguas lluvias deberá aportar más para complementar con el sistema del acueducto, además de que se considera un valor de aporte de agua no potable más alta para el SCALL teniendo en cuenta las variaciones en la demanda de consumo de agua no potable del colegio. Por otra parte, se considera el diseño para una perspectiva a futuro donde el colegio plantee una ampliación, y, por tanto, la institución requerirá de mayor oferta de agua.

## Estaciones Hidroclimáticas

Las estaciones hidro-meteorológicas son los componentes utilizados para registrar los datos de precipitación y su información se encuentran a disposición en la página web del IDEAM<sup>2</sup>, donde se consultan y descargan los datos o parámetros de medición en un periodo de tiempo asignado. Estas se seleccionan según el área de influencia de la zona a evaluar, en el caso del proyecto, el colegio Gimnasio Jireh – Cota (La Moya) como punto central del análisis (figura 12).

### Figura 12

*Municipio de Cota, división administrativa.*



*Nota.* Mapa de Cota, ubicación del colegio Gimnasio Jireh, vereda La Moya<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Página web del IDEAM; <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

<sup>3</sup> Tomado de <https://portal.cota-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx#>

Del mismo modo, se escogieron las estaciones teniendo en cuenta la cercanía con respecto a la institución educativa y los parámetros mencionados anteriormente (tabla 6).

**Tabla 6**

*Estaciones seleccionadas.*

Detalles de las Estaciones							
#	Código	Categ.	Nombre	Municipio	Elev	Longitud	Latitud
1	21201230	PM	Enmanuel D' Alzon	Bogotá	2520	74°4'13.1"W	4°42'4.05"N
2	21202080	PG	Conejera La	Bogotá	2500	74°4'0.0"W	4°46'0.0"N
3	21206260	CO	C.U.Agrop-U.D.CA	Bogotá	2570	74°2'59.0"W	4°47'55.1"N
4	21205710	CO	Jardin Botanico	Bogotá	2552	74°6'9.6"W	4°40'9.6"N
5	21201210	PM	Hato El	Tenjo	2575	74°9'13.9"W	4°52'0.0"N
6	21201630	PG	Tabio Granja	Tabio	2600	74°3'56.2"W	4°55'59.1"N
7	21201140	PM	Esperanza La	Tenjo	2555	74°10'47.9"W	4°48'7.8"N
8	21201600	PG	Sede IDEAM Kra 10	Bogotá	2685	74°4'22.4"W	4°36'25.6"N
9	21205980	CO	Providencia Gja	Tenjo	2560	74°12'3.3"W	4°47'32.6"N
10	21201550	PM	Roble El	Madrid	2560	74°13'35.0"W	4°47'48.0"N

*Nota.* Estaciones del área de influencia con su código y categoría respectiva. Ideam.

La estación más cercana con la institución educativa es la estación de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A a una distancia de 6417 metros, mientras que la más lejana fue de 24550 metros siendo la estación de la Sede del Ideam Kra 10. Por tanto, todas las estaciones se encuentran entre un rango de radio 25 km con respecto al colegio.

Una vez definidas las estaciones, se solicita la información en la página web, estableciendo el periodo de consulta; fecha inicial: 01 de enero de 1990 hasta la fecha final: 31

de diciembre de 2010, y dando como parámetro la precipitación por día pluviométrico. Al descargar la información se genera un archivo Excel con los valores de precipitación de las estaciones, se ordenan los datos (Anexo 2) y se hace una estimación de los datos faltantes utilizando algunos métodos adecuados al cálculo de valores para precipitación.

**Tabla 7**

*Precipitación mínima mensual multianual.*

Precipitación mínima mensual multianual [mm], (1990-2010)												
#Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	6,4	4,2	14,5	13,9	7,9	6,4	2,2	2,9	5,1	17,6	36,0	2,5
2	1,3	10,6	11,7	18,5	21,8	10,0	4,2	12,0	9,4	20,1	18,1	6,7
3	1,4	20,2	16,9	14,8	24,0	19,6	17,6	22,3	11,3	9,8	30,3	1,0
4	5,2	3,9	28,8	21,2	17,4	6,8	20,0	18,2	17,2	20,6	39,7	9,9
5	0,7	7,5	26,3	4,1	22,9	19,7	13,3	19,7	16,6	33,8	25,1	6,4
6	6,1	6,9	20,8	4,0	18,8	10,1	19,8	22,3	27,1	23,1	30,1	2,8
7	0,4	3,5	5,1	14,6	4,6	4,3	1,7	10,1	12,2	11,7	15,5	7,0
8	9,6	11,3	29,6	49,2	22	17,8	24	18,9	6,2	26,1	41,6	3,1
9	0,8	13,9	10,1	17,3	39,2	17,2	23	9,5	17,9	7,9	32,1	0,2
10	3,0	9,5	9,5	38,3	38,3	17,7	12,1	0,7	13,4	7,2	0,5	0,6

*Nota.* Valores mínimos de precipitación de las tablas del anexo 2, mensuales multianuales.

Con los valores obtenidos, se pueden evaluar los datos estableciendo las precipitaciones máximas, mínimas y tendencias por estaciones. Según la tabla 7, los valores mínimos de precipitación mensual se encuentran entre los meses de enero, febrero y diciembre, épocas secas en Colombia, mientras que, para los valores de precipitación máxima ocurren entre los meses de

abril y octubre, pues estos meses se consideran la época de lluvia en el país, y se cuenta con los meses de marzo, mayo y el mes de noviembre según los datos. Además, se puede interpretar en los meses restantes, valores variados, dependiendo de las estaciones.

El valor máximo de precipitación mensual entre las estaciones es de 49,2 mm ocurrido en el mes de abril en la estación de la sede del IDEAM en la carrera 10, la estación más alejada con respecto al colegio, del mismo modo, el valor mínimo de precipitación es de 0,2 mm aconteció en el mes de diciembre en la estación granja Providencia. Estos valores son los esperados sopesando la época seca y húmeda con base en lo expresado anteriormente.

A partir del comportamiento climático en Colombia y la información de las estaciones, la implementación de un sistema de captación de agua lluvia se ve favorecida entre los meses de marzo a mayo y agosto a noviembre, ya que se encuentran entre los periodos de lluvia. Adicionalmente, lo que respecta al periodo de trabajo de formación del colegio, se cuenta con la totalidad de la población estudiantil para estos meses, lo que respecta a la demanda total del colegio frente a la oferta máxima de agua lluvia.

En resumen, la información de cada estación de precipitación diaria se agrupa para definir la precipitación mensual multianual, se estiman los valores faltantes por los métodos más acertados para el proyecto, y, finalmente, se determinan los valores mínimos de precipitación entre los años establecidos (2010 - 2010) y para cada estación. Además, los valores mínimos de precipitación representan la condición de menor lluvia que afrontará el sistema de captación de agua lluvia. Por otro lado, se interpretan los valores de precipitación con respecto al comportamiento climático del país y la demanda de agua del colegio en los meses de estudio.

## Precipitación Media en la Cuenca del Colegio Gimnasio Jireh

Al estimar los valores de precipitación mínima mensual multianual se calcula la precipitación media o promedio a partir de los métodos de promedio, polígonos de Thiessen e Isoyetas.

### *Método Promedio*

El método promedio se desarrolló a partir de la media de los valores de precipitación de las estaciones cercanas al colegio Gimnasio Jireh. Al definir el valor promedio se interpreta en los datos un valor tendencia de precipitación mínima mensual multianual.

### **Tabla 8**

*Método promedio para las 10 estaciones por cada mes [mm].*

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Enmanuel D' Alzon	6,4	4,2	14,5	13,9	7,9	6,4	2,2	2,9	5,1	17,6	36,0	2,5
Conejera La	1,3	10,6	11,7	18,5	21,8	10,0	4,2	12,0	9,4	20,1	18,1	6,7
C.Univ.Agrop-UDCA	1,4	20,2	16,9	14,8	24,0	19,6	17,6	22,3	11,3	9,8	30,3	1,0
Jardín Botánico	5,2	3,9	28,8	21,2	17,4	6,8	20,0	18,2	17,2	20,6	39,7	9,9
Hato El	0,7	7,5	26,3	4,1	22,9	19,7	13,3	19,7	16,6	33,8	25,1	6,4
Tabio Granja	6,1	6,9	20,8	4,0	18,8	10,1	19,8	22,3	27,1	23,1	30,1	2,8
Esperanza La	0,4	3,5	5,1	14,6	4,6	4,3	1,7	10,1	12,2	11,7	15,5	7,0
Sede IDEAM Kra 10	9,6	11,3	29,6	49,2	22	17,8	24	18,9	6,2	26,1	41,6	3,1
Providencia Gja	0,8	13,9	10,1	17,3	39,2	17,2	23	9,5	17,9	7,9	32,1	0,2
Roble El	3,0	9,5	9,5	38,3	38,3	17,7	12,1	0,7	13,4	7,2	0,5	0,6
<b>Precipitación Media</b>	<b>3,5</b>	<b>9,2</b>	<b>17,3</b>	<b>19,6</b>	<b>21,7</b>	<b>13,0</b>	<b>13,8</b>	<b>13,7</b>	<b>13,6</b>	<b>17,8</b>	<b>26,9</b>	<b>4,0</b>

*Nota.* Precipitación media de los valores de precipitación mínima mensual multianual.

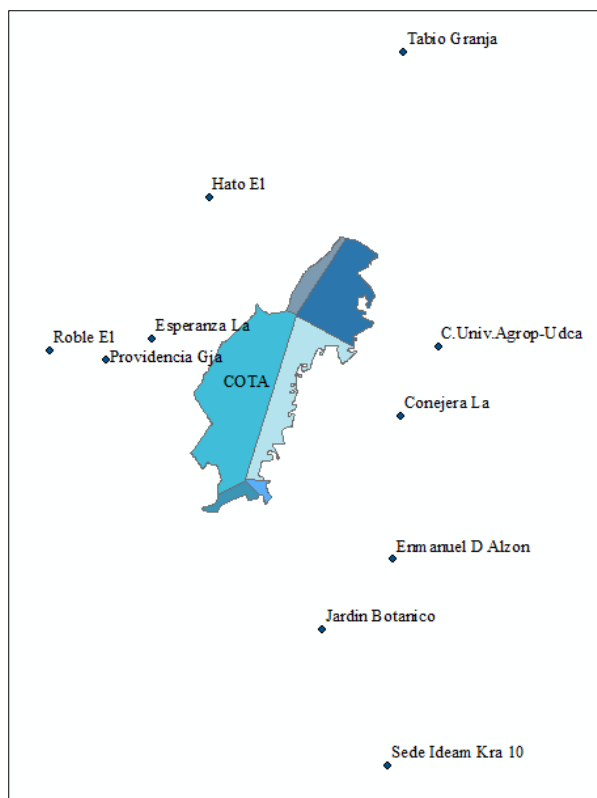
Este método estima el valor de precipitación media adecuadamente, siempre y cuando la variación de precipitación entre estaciones sea mínima.

### *Método Polígonos de Thiessen*

Para el método de los polígonos de Thiessen se utilizó el programa ArcGis, definiendo los valores de áreas de los polígonos para cada estación correspondiente (anexo 3). En este método se consideraron 6 estaciones; Enmanuel D. Alzon, La Conejera, C. Univ. Agrop. – UDCA, Jardín Botánico, El Hato y La Esperanza.

### **Figura 13**

*Programación en ArcGis, método polígonos de Thiessen.*



*Nota.* Esquema de la cuenca (Cota), con sus respectivas estaciones y polígonos de Thiessen.

Este método consiste en unir las estaciones a partir de líneas rectas entre ellas, donde posteriormente se utilizarán para generar líneas bisectrices y así obtener los polígonos de Thiessen. Es necesario tener en cuenta que las estaciones se relacionan con los polígonos que las rodean.

Acto seguido, se calcula la precipitación ponderada que respecta a la multiplicación entre el área respectiva del polígono de Thiessen y la precipitación mínima mensual multianual;

$$P_p = A * P_{mMMA} \quad (8)$$

Donde  $P_p$  se refiere a la precipitación ponderada,  $A$  es el área del polígono de la estación evaluada y  $P_{mMMA}$  es la precipitación mínima mensual multianual. Finalmente, para determinar la precipitación media se divide la sumatoria de las precipitaciones ponderadas con el valor de la sumatoria de áreas;

$$P_M = \frac{\sum P_p}{\sum A} \quad (9)$$

A continuación, se muestra la tabla correspondiente a la precipitación media para el mes de enero ejemplificando el proceso de cálculo de precipitación media para cada mes. La tabulación completa de los cálculos de precipitación media de los demás meses se encuentra en el anexo 4.

**Tabla 9**

*Método de polígonos de Thiessen.*

Enero			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	6,4	68,35	437,47
Conejera La	1,3	1098,31	1427,80
C.Univ.Agrop-Udca	1,4	1176,43	1647,00
Jardín Botanico	5,2	160,90	836,66
Hato El	0,7	272,55	190,78
Esperanza La	0,4	2591,20	1036,48
Sumatoria		5367,74	5576,19
Precipitación media			1,04

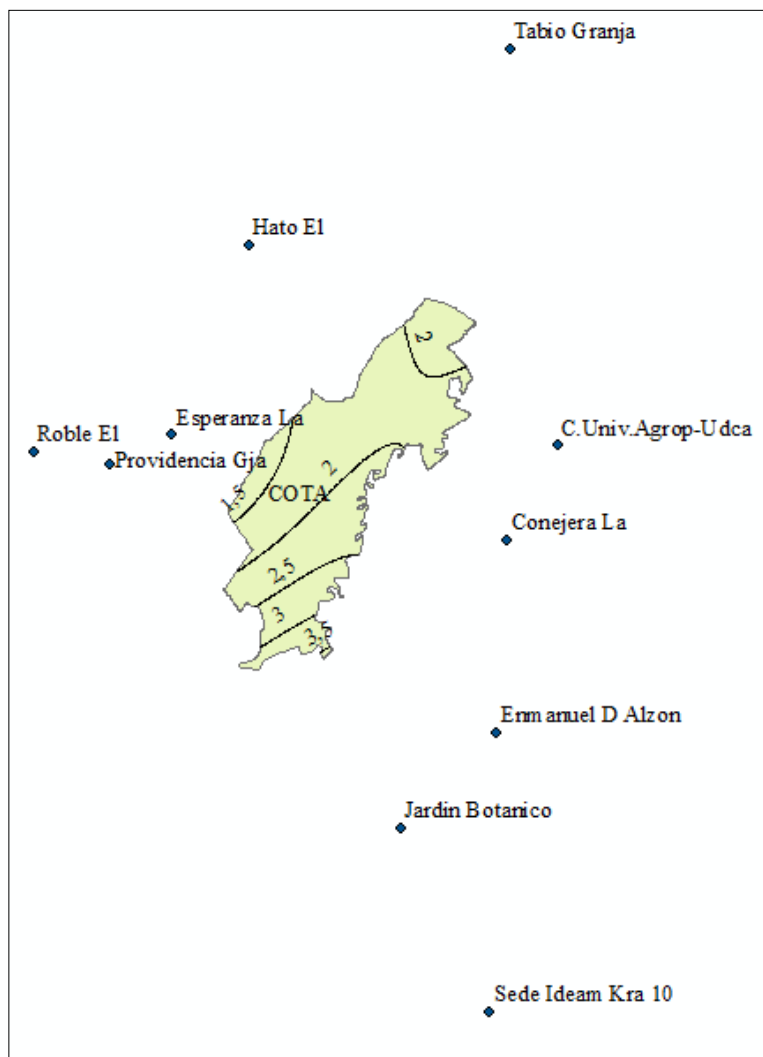
*Nota.* Precipitación media por método de polígono de Thiessen para el mes de enero.

### *Método de Isoyetas*

Del mismo modo que el anterior método, este se realizó mediante el programa de ArcGis, evaluando las isoyetas en la cuenca a partir de las precipitaciones para cada mes. En consecuencia, el programa es el encargado de generar las curvas de precipitación o isoyetas que representan el comportamiento de lluvia de la zona.

### **Figura 14**

*Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación media, por medio del Método de Isoyetas.*

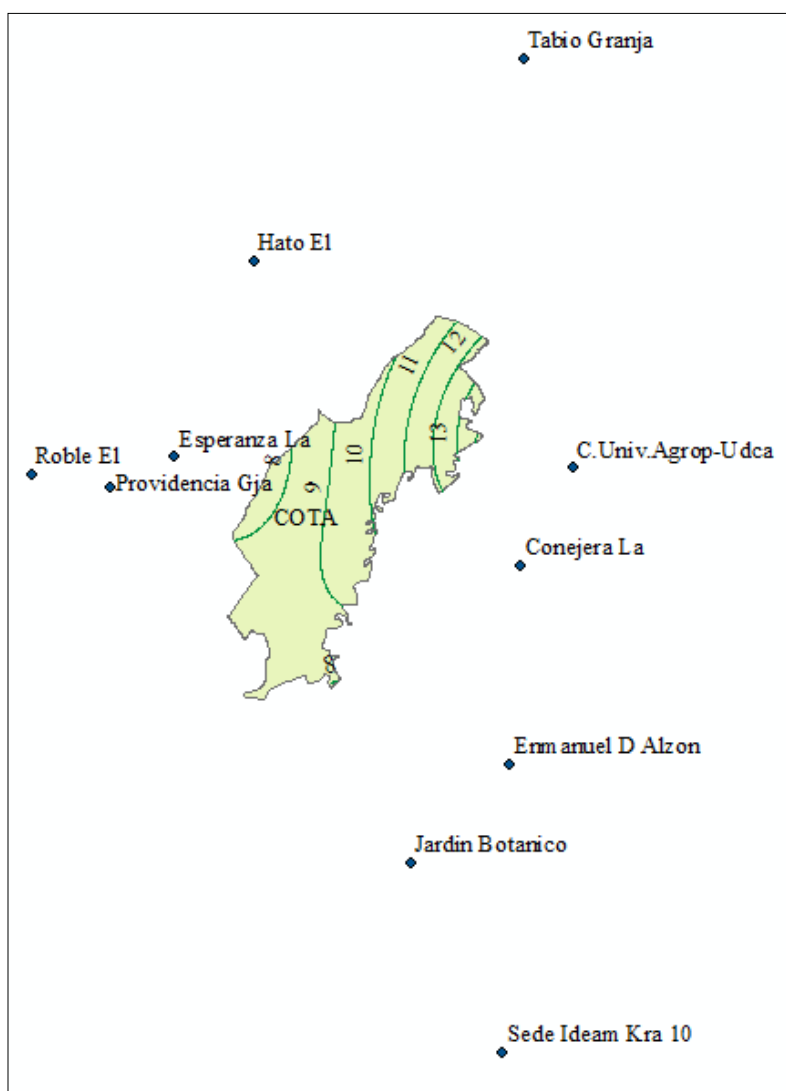


*Nota.* Método de isoyetas en ArcGis para el mes de enero.

Las graficas de isoyetas en la cuenca varían por cada mes, ya que dependen de los valores de precipitación mínima mensual en las estaciones (tabla 8), pues representan los puntos de referencia para generar las isoyetas a partir de procesos de interpelación dando como resultado líneas de precipitación con la media de pluviosidad en múltiplo de 0.5.

### Figura 15

*Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación media, por medio del Método de Isoyetas.*



*Nota.* Método de isoyetas en ArcGis para el mes de febrero.

Las figuras 14 y 15 representan el comportamiento de precipitación para los meses de enero y febrero. Esta modelación se lleva a cabo para todos los meses (anexo 3), permitiendo precisar las áreas de las isoyetas con las cuales se va a establecer las precipitaciones ponderadas.

$$P_p = A * P_I \quad (10)$$

De acuerdo con la ecuación anterior se calcula la precipitación ponderada, donde  $P_p$  se refiere a la precipitación ponderada,  $A$  es el área de las isoyeta evaluada y  $P_I$  equivale a la precipitación de la isoyeta o media de pluviosidad. Después de calcular el valor de precipitación ponderada, se procede a estimar la precipitación media a partir de la ecuación número 9.

Se calcularon los datos de precipitación media para todos los meses, y, por tanto, es necesario formular los doce modelos de isoyetas según los meses (anexo 3) y sus correspondientes tablas (anexo 4) semejantes al ejemplo dado a continuación.

**Tabla 10**

*Valores de área y precipitación ponderada de las Isoyetas.*

Enero		
Isoyetas	Área	P. ponderada
1,5	784,35	1176,53
2,0	2643,67	5287,34
2,5	1209,90	3024,75
3,0	477,91	1433,73
3,5	242,87	850,05
4,0	9,03	36,12
Sumatoria	5367,73	11808,51
Precipitación media		2,20

*Nota.* Valores de precipitación media por método Isoyetas para el mes de enero.

## Resultados de precipitación media

La precipitación media se estimó mediante los tres métodos expuestos anteriormente, agrupando todos los valores (tabla 11) para seleccionar el método adecuado al proyecto.

**Tabla 11**

*Precipitación media mensual multianual. Métodos Promedio, Polígonos de Thiessen e Isoyetas.*

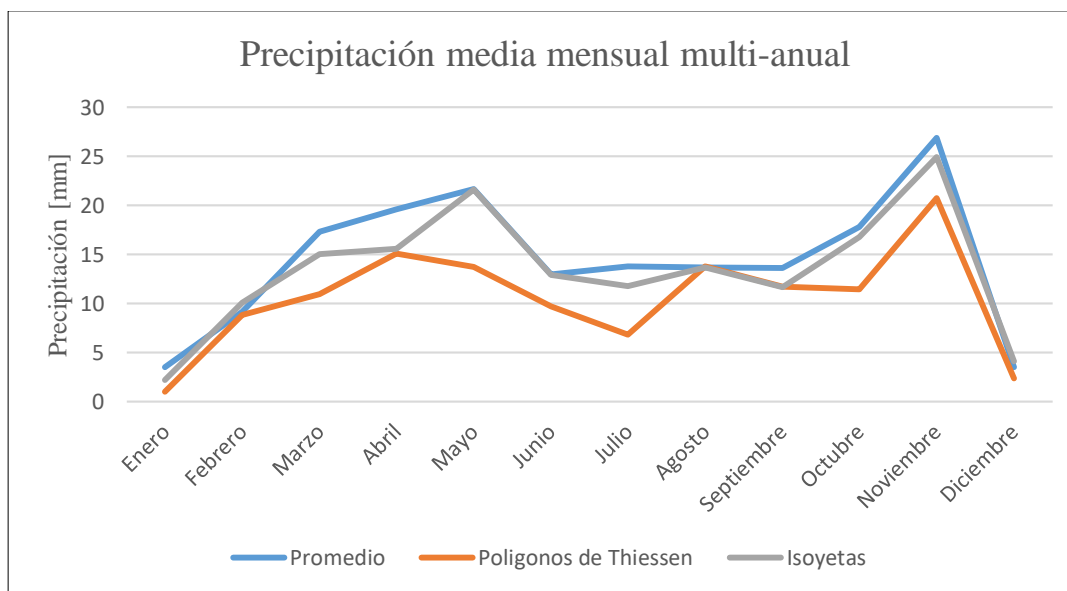
Mes	Métodos utilizados para el cálculo		
	Promedio	Polígonos de Thiessen	Isoyetas
Enero	3,49	1,04	2,20
Febrero	9,15	8,84	10,12
Marzo	17,33	10,94	15,04
Abril	19,59	15,10	15,58
Mayo	21,69	13,73	21,61
Junio	12,96	9,70	12,94
Julio	13,79	6,84	11,80
Agosto	13,66	13,80	13,71
Septiembre	13,64	11,71	11,69
Octubre	17,79	11,47	16,79
Noviembre	26,90	20,75	24,95
Diciembre	4,02	2,35	4,13

*Nota.* Valores calculados mediante los métodos Promedio, Polígonos de Thiessen e Isoyetas encontrados en las tablas del anexo 4.

Para la selección de los valores de precipitación media se consideró la aplicación de los métodos de estimación de acuerdo a su precisión, por ende, se realizó una gráfica con el fin de comparar y evaluar los datos más acertados con respecto al proyecto de SCALL en el colegio Gimnasio Jireh.

**Figura 16**

*Precipitación media para los métodos Promedio, Polígonos de Thiessen e Isoyetas.*



*Nota,* Grafica comparativa de precipitación media de entre los métodos Promedio, Polígonos de Thiessen e Isoyetas para los 12 meses.

Analizando el grafico, se consideró que, aunque existen meses donde la precipitación es muy baja, tales como enero o diciembre, no afectarían el funcionamiento del sistema ya que en estos meses el personal del colegio presente en la instalación es mínimo por las temporadas de vacaciones, evitando las altas demandas de agua ocurridas en época de estudio.

Según la literatura consultada, se puede establecer que el método que ofrece mayor exactitud son las Isoyetas, sin embargo, este método no deja de ser variable con respecto al comportamiento real de precipitación, por lo cual para efectuar los cálculos siguientes se utilizarán los valores más altos ofrecidos por los tres métodos, pues se ha establecido la condición crítica de poca lluvia en la selección de los valores de precipitación mensual multianual.

Al seleccionar los valores máximos de precipitación media según los tres métodos se realiza una tabla para determinar la precipitación requerida para el proyecto.

**Tabla 12**

*Precipitación máxima entre los métodos de promedio, polígonos de Thiessen e Isoyetas.*

Mes	Precipitación media mensual multianual
Enero	<b>3,49</b>
Febrero	10,12
Marzo	17,33
Abril	19,59
Mayo	21,69
Junio	12,96
Julio	13,79
Agosto	13,80
Septiembre	13,64
Octubre	17,79
Noviembre	<b>26,90</b>
Diciembre	4,13

*Nota.* Precipitación media mínima y máxima.

Al tener los valores de precipitación media mínima y máxima se podrán calcular los volúmenes de agua lluvia que llegan al tanque de almacenamiento, es decir, la multiplicación entre la precipitación posible en la cuenca por mes y el área de las cubiertas para obtener el volumen de lluvia esperados. Interpretando los datos de la tabla 12 se puede comprender un incremento de precipitación entre el mes de febrero a mayo y entre los meses de septiembre a noviembre, siendo también las fechas con mayor ocupación en las instituciones educativas.

## **Sistema de Captación de Agua Lluvia**

Al observar la relación entre los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia existentes, estimando su funcionalidad y conveniencia en la institución educativa, se puede seleccionar los Sistemas de Captación de Agua Pluvial en Techos (SCAPT) como el modelo con mayor utilidad, ya que aprovecha las áreas del colegio que se encuentra dividido en cinco grandes bloques, direcciona el agua lluvia captada hacia un solo extremo de cada estructura por la inclinación de los tejados y genera menores costos en su instalación.

Teniendo en cuenta que todos los sistemas de captación de agua lluvia se componen de 4 elementos básicos; captación, recolección, interceptor y almacenamiento, se debe desarrollar un SCAPT acorde con las características de la estructura existente, evaluando cada elemento que lo conforma. (Á. M. D. V. de Aburrá, 2015).

### ***Captación***

La institución educativa Gimnasio Jireh se compone de cinco estructuras que conforman la totalidad del colegio, de las cuales se planea aprovechar el área de las cubiertas para la captación de agua lluvia.

Las tejas o cubiertas están fabricadas de UPVC (Policloruro de Vinilo no Plastificado) en su capa exterior, y en la capa interior se compone de PVC reforzado con fibra vidrio. Este tipo de teja está adaptada para tener una mayor resistencia y durabilidad. También, posee propiedades termoacústicas (aislante térmico y acústico), anticorrosivas y auto-extinguibles (CRT, 2019).

Entre sus características favorables como área de captación, poseen una inclinación del 10% en todas las cubiertas de la institución y tienen un fácil acceso para su mantenimiento y limpieza.

Por consiguiente, el sistema de captación de agua lluvia se adaptará para aprovechar la inclinación unidireccional de las cubiertas como se observa en la figura 17, facilitando la instalación de las canaletas.

### **Figura 17**

*Cubiertas de la institución educativa.*



*Nota.* Colegio Gimnasio Jireh, cubiertas azules con una inclinación del 10%.

A partir de los planos brindados por el colegio Gimnasio Jireh y la alcaldía del municipio de Cota, se logró definir las áreas de las cubiertas y se replanteó un plano de áreas (anexo 10), con el fin de establecer las áreas de captación en el SCAPT.

En la institución educativa, las cinco estructuras se dividieron en secciones según el área de los salones para su posterior análisis en los sistemas de recolección y conducción. Además, se realizó la sumatoria de las áreas de las secciones para obtener el área de cada estructura y el área total de captación como se observa en la tabla 13. Así mismo, se establecen las longitudes de las canales en cada bloque.

**Tabla 13***Cuadros de áreas de cubiertas y longitud de canales para el SCAPT.*

Bloque	Sección	Área por salón [m <sup>2</sup> ]	Longitud para la canal [m]
A	A1	45,7913	6,09
	A2	47,2658	7,83
	A3	47,6597	7,87
	A4	47,5824	7,88
	A5	48,475	7,57
-	-	236,7742	37,24
B	B1	45,8868	7,51
	B2	46,6965	6,46
	B3	47,9222	7,88
	B4	48,0007	9,78
	B5	45,5426	7,94
	B6	44,3537	6,08
-	-	278,4025	45,65
C	C1	93,8524	13,1
	C2	47,7171	9,36
	C3	47,7363	8,12
	C4	48,208	8,13
	C5	46,9484	7,92
	C6	45,6756	6,1
-	-	330,1378	52,73
D	D1	45,131	7,61
	D2	46,3146	7,86
	D3	46,752	6,05
	D4	45,2125	7,66
	D5	57,275	8,85
-	-	240,6851	38,03

	E1	47,291	8,17
	E2	52,0875	8,94
	E3	53,7968	8,99
E	E4	50,5603	6,84
	E5	52,1918	10,35
	E6	14,3245	2,38
-	-	270,2519	45,67
	$\Sigma$ Total	1356,25	219,32

*Nota.* Áreas y longitudes del sistema de captación y recolección.

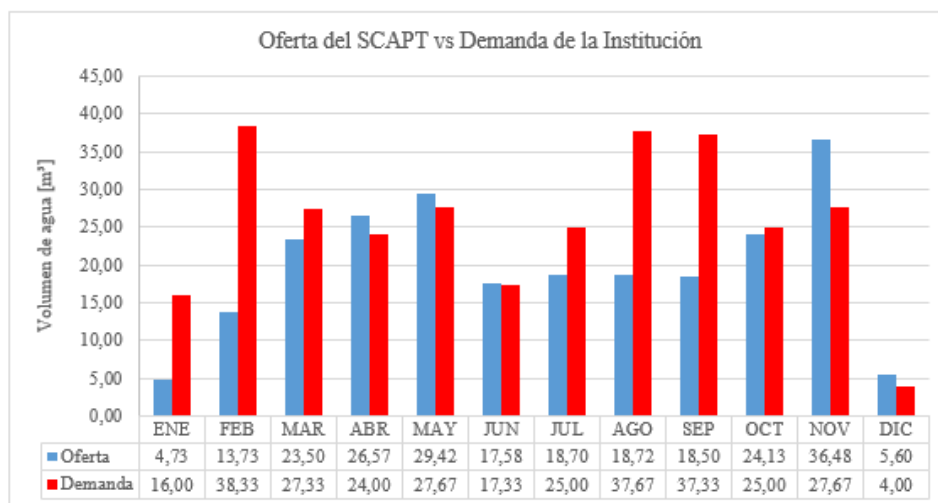
Mediante la tabla anterior se puede observar la sumatoria de las áreas correspondientes a cada salón y las longitudes del extremo de la cubierta donde se pretende instalar las canales. Con base en esto, se puede construir un análisis de las áreas por bloque, donde se puede verificar que el bloque que más agua lluvia va a captar será el bloque C por poseer mayor área de captación. Por el contrario, el bloque A teniendo la menor área de captación, recibirá menor cantidad de agua lluvia, sin embargo, la diferencia de áreas no es tan significativa debido a que las estructuras son similares. Sumado a esto, el agua pluvial captada por las cinco estructuras se recolectará en un único tanque de almacenamiento.

Las áreas de las cubiertas por sección y sus respectivas longitudes para los canales se implementaron para estimar los caudales por tramo, y, así mismo, determinar los parámetros del flujo. Posteriormente a la medición de áreas por bloque, se realizó la sumatoria de estas áreas con el fin conocer el área total de captación que se aplicará para determinar el volumen de agua lluvia, teniendo en cuenta la precipitación de la zona o intensidad de lluvia. El objetivo principal del cálculo del área total es definir el volumen de agua que llegará al tanque de almacenamiento, siendo esta la oferta del sistema de captación de agua lluvia. A partir de esto, se puede realizar un comparativo entre el volumen de agua captado por el sistema de captación de agua lluvia y a la

demanda de agua del colegio Gimnasio Jireh. Por tal motivo, se grafican los valores de demanda mensual del colegio definido en la tabla 5 y la oferta del SCAPT que resulta de la multiplicación entre la precipitación mensual multianual (tabla 12) y el área total definida en la tabla anterior con un valor de 1356,25 m<sup>2</sup>.

### Figura 18

*Grafica comparativa entre volúmenes de agua captado contra volúmenes de agua demandados por mes.*



*Nota.* Grafica de barras con los valores respectivos de volumen de agua para cada mes.

Según la gráfica anterior, se pueden evidenciar volúmenes variados de agua captada mayores y menores con respecto a la demanda del colegio. Esto se debe al comportamiento climático con respecto a la precipitación según las épocas del año. Sin embargo, las diferencias más relevantes para el proyecto se presentan en el mes de febrero, agosto y septiembre, pues se observan diferencias mayores al 50%. No obstante, es de tener en cuenta que se evalúan precipitaciones en condiciones de baja lluvia y la demanda no comprende únicamente agua no potable, sino también, agua para el consumo o potable.

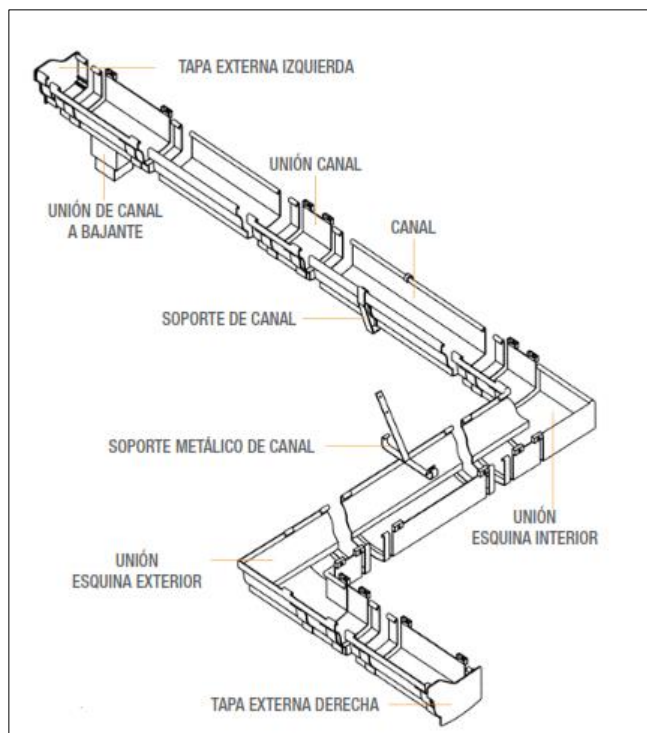
### ***Recolección y conducción***

Este componente está encargado de recolectar y direccionar el agua lluvia captada por los tejados o cubiertas, mediante canales y bajantes, evaluadas de acuerdo con las dimensiones de la estructura y el volumen de agua lluvia captado que se espera transportar.

**Canales.** Las canales se encargan de la recolección del agua lluvia y se ubican en el costado donde el flujo de agua lluvia se conduce por la inclinación de la cubierta. Estas se diseñan a partir de diferentes elementos como se muestra en la figura 19.

### **Figura 19**

*Esquema del canal Amazonas.*

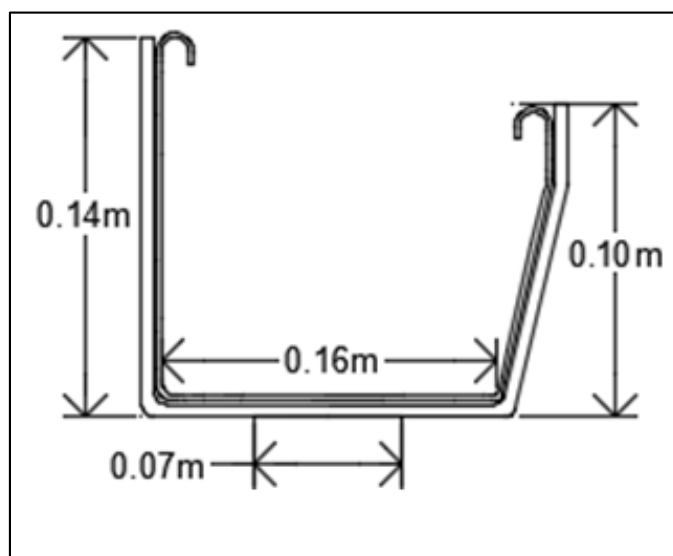


*Nota.* Tomado de Manual Sistemas de Canales y Bajantes PAVCO, (p.52), por PAVCO.

Se plantea utilizar canaletas Amazonas PAVCO, de sección rectangular (figura 20) y con una longitud máxima de 3 metros. Estas deben cumplir con las siguientes condiciones; una distancia máxima entre bajantes de 10 metros, área máxima por canal de  $90 \text{ m}^2$  y una pendiente de 1%.

### Figura 20

*Canal del sistema de captación de agua lluvia para el Colegio Gimnasio Jireh.*



*Nota.* Dimensiones de la canal.

Para la institución educativa se definieron las longitudes donde se planea instalar las canaletas (tabla 13) según el plano de cubiertas. Las cinco estructuras se clasificaron en bloques (A – E) y se dividieron en secciones numeradas, con el fin de definir las áreas adecuadas para cada tramo de canaleta.

A partir de lo anterior, se aseguró el cumplimiento de los criterios de distancia máxima de bajantes de cada 10 metros y área máxima de  $90 \text{ m}^2$  por canaleta, y, al mismo tiempo, se logró definir las longitudes de las canales y establecer la ubicación de las bajantes.

Al estimar el número de elementos necesarios para las canales, se realizó un cálculo interpretando las condiciones del sistema tales como frecuencia e intensidad de lluvia, pendiente de canaletas, el coeficiente de rugosidad y dimensiones de la canaleta.

**Diseño de canales.** Al diseñar el sistema de recolección de agua lluvia se propuso el cálculo de las condiciones de la cuenca para verificar la capacidad de las canales según una condición de lluvia intensa. Por este motivo se consideró una frecuencia o periodo de retorno de lluvia de 25 años, del cual la intensidad de lluvia es de 101,05 mm/hr con base en la curva IDF obtenida en el cálculo de distribución de Gumbel.

También se determinó una pendiente en las canaletas del 0,4%, impermeabilidad del 1, una base de canaletas de 16 cm y una rugosidad del material. De esta forma se calcularon las condiciones de flujo del agua lluvia captada y transportada en las canales, dimensiones de las canales y cantidades de accesorios o piezas de las canales.

Entre los elementos determinados se encuentran el caudal (Q), coeficiente K' para determinar la lámina de agua (D), área del agua (A<sub>M</sub>), perímetro mojado (P) y la profundidad hidráulica (H). Los cálculos de las condiciones de flujo se llevaron a cabo por medio de las siguientes ecuaciones;

$$Q = CIA \quad (11)$$

$$K' = \frac{Qn}{b^{3/8}S^{1/2}} \quad (12)$$

$$H = \frac{A_M}{b} \quad (13)$$

$$NF = \frac{V}{\sqrt{gH}} \quad (14)$$

Donde  $C$  es la impermeabilidad con un valor de 1 con respecto a la canal en PVC,  $I$  representa la intensidad de lluvia [ $L/s \cdot ha.$ ] calculada por medio de la distribución de Gumbel y  $A$  es el área de captación equivalente a cada sección de la estructura<sup>11</sup>. El valor  $K'$  se calcula por medio del caudal obtenido, la rugosidad de Manning del PVC ( $n$ ), la base del canal Amazonas ( $b$ ) y su pendiente de 0.4% ( $S$ )<sup>12</sup>.

Al obtener el valor  $K'$  se determina la lámina de agua por medio de la tabla del Manual de Hidráulica de King, donde se establece una relación directa o por interpolación de  $D/b$  con el coeficiente  $K'$ . Para el perímetro mojado se hace una adición entre la base y el doble de la lámina de agua ( $b+2D$ ), mientras que para la profundidad hidráulica se toma el área transversal del flujo de agua ( $A_M$ ) sobre la base de la canal<sup>13</sup>. Este proceso se lleva a cabo para todas las secciones de los cinco bloques de la estructura del colegio, ejemplificado en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Condiciones de flujo de agua lluvia recolectada.*

Bloque	Área A [m <sup>2</sup> ]	Caudal [m <sup>3</sup> /s ]	K'	D/b	D [m]	Á. mojada [m <sup>2</sup> ]	Perímetro Mojado [m]	Prof. Hidráulica [m]	NF
A1	45,79	0,00129	0,02427	0,0904	0,0145	0,00231	0,189	0,0145	1,4762
A2	47,27	0,00133	0,02505	0,0922	0,0148	0,00236	0,190	0,0148	1,4789
A3	47,66	0,00134	0,02526	0,0927	0,0148	0,00237	0,190	0,0148	1,4796
A4	47,58	0,00134	0,02522	0,0926	0,0148	0,00237	0,190	0,0148	1,4795
A5	48,48	0,00136	0,02569	0,0937	0,0150	0,00240	0,190	0,0150	1,4807

*Nota.* Tabulación del bloque A de caudal, área mojada, perímetro mojado y profundidad

hidráulica. Véase anexo 5 para comprobar la totalidad de parámetros de la estructura.

Así mismo, se procede a calcular las velocidades del agua lluvia en la canal ( $Q/A_M$ ), se define el caudal total con la sumatoria de los caudales obtenidos y se precisa las dimensiones de las canales y la distancia entre la canal respecto al tejado como se muestra en la tabla 15.

**Tabla 15**

*Parámetros de flujo de agua lluvia en el canal y dimensiones.*

Bloque	Velocidad	Caudal por	Longitud de	Dist. Teja-Canal	Dist. Teja-Canal
A	[m/s]	Bloque [m <sup>3</sup> /s]	Canaleta [m]	Inicio [m]	Final [m]
A1	0,556		6,09	0,05	0,074
A2	0,563		7,83	0,05	0,081
A3	0,564	0,00665	7,87	0,05	0,081
A4	0,564		7,88	0,05	0,082
A5	0,568		7,57	0,05	0,080

*Nota.* Caudal total y velocidad de flujo del agua lluvia en los canales del bloque A. Dimensiones de las canales según la cubierta.

Al mismo tiempo se logró contabilizar los accesorios necesarios para el sistema de recolección en cada estructura.

**Tabla 16**

*Total de accesorios para la instalación de canales.*

Canales	Unión bajantes	Unión esquina	Soportes	Hidrosellos	Tapa int.	Tapa ext.	Eq. bajantes
78	29	30	410	251	28	28	29

*Nota.* Cantidades de accesorios para las canales, necesarios para estimar los presupuestos del proyecto.

Teniendo cuenta los resultados obtenidos por los parámetros de flujo, se pueden observar caudales tolerables para el sistema de recolección en condición de intensidad de lluvia crítica para un periodo de 25 años. Igualmente, la lámina de agua presente en los canales no logra superar los 8 centímetros en intensidad de lluvia alta, ajustándose a las dimensiones del área de la canal que posee una altura de entre 10 y 14 centímetros en cada extremo.

De forma semejante, las velocidades de flujo no superaron los 0,6 m/s, siendo velocidades normales frente al comportamiento que se desea en las canales. Además, el número de Froude, interpreta el flujo del agua lluvia en la canal como un flujo subcritico.

Con base en la tabla 16, se puede comprender una cantidad de 78 canales de 3 metros para conformar la totalidad del sistema de recolección, sin embargo, se consideró un porcentaje de desperdicio del 5% de canales para cada estructura a partir de la longitud total de las canales a instalar (anexo 5). Esto se debe a las dimensiones inexactas de las secciones de la estructura, lo que conlleva a reducciones o uniones en las canales.

***Distribución de Gumbel – Curvas IDF.*** Para conocer la frecuencia y la intensidad de lluvia de la cuenca, se propuso formular las curvas IDF del colegio Gimnasio Jireh, partiendo de las estaciones hidro-meteorológicas de la tabla 6. Al construir la curva IDF se implementó el método de distribución de Gumbel para la corrección de datos y una estimación más exacta del comportamiento de la precipitación de la cuenca evaluada.

En primer lugar, se definió la precipitación diaria entre los años 1990 al 2010, tomando los valores máximos diarios de precipitación mensual multianual para cada estación (véase anexo 6). A continuación, se toman los valores máximos de todas las estaciones por año para definir

una condición crítica de lluvias intensas como se observa en la tabla 17, de esta forma se trabajan las precipitaciones máximas en la zona tomando las estaciones como una sola.

**Tabla 17**

*Precipitación máxima diaria multianual de las estaciones.*

AÑO	Precipitación máxima diaria
	Multianual ( $X_i$ )
1990	62,2
1991	80,3
1992	51,0
1993	90,0
1994	51,0
1995	62,4
1996	70,7
1997	58,5
1998	61,8
1999	73,3
2000	100,7
2001	49,6
2002	64,0
2003	83,1
2004	68,2
2005	74,5
2006	67,8
2007	88,0
2008	51,2
2009	67,7
2010	94,5

*Nota.* Precipitación máxima diaria multianual de las estaciones de la tabla 6 y valores de cálculo para determinar la desviación estándar.

La función de distribución acumulada de Gumbel se debe calcular mediante ciertos parámetros.

En principio, es necesario calcular la desviación estándar (S),  $\beta$  y  $\mu$  mediante las ecuaciones;

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (15)$$

$$\beta = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S \quad (16)$$

$$\mu = \bar{X} - 0.5772 * \beta \quad (17)$$

Donde  $X_i$  corresponde a la precipitación máxima diaria multianual,  $\bar{X}$  equivale a la media y  $n$  es el número de valores evaluados. Los valores calculados según el proyecto son;  $S = 14,89$  mm,  $\mu = 63,32$  mm,  $\beta = 11,61$  mm y  $\bar{X} = 70,0$  mm. A continuación, se genera la siguiente tabla;

**Tabla 18**

*Distribución acumulada de Gumbel y Mediana de precipitación máxima diaria multianual.*

Periodo de Retorno (T)	$Y_t$ $-\ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)$	Mediana ( $X_t$ ) $\mu + Y_t * \beta$	F(x) $e^{-e^{-\left(\frac{X_t-\mu}{\beta}\right)}}$	$X_{\text{Corregido}}$ $1.13 * X_t$
2	0,37	67,58	0,50	<b>76,36</b>
5	1,50	80,74	0,80	<b>91,23</b>
10	2,25	89,45	0,90	<b>101,08</b>
25	3,20	100,46	0,96	<b>113,52</b>
50	3,90	108,63	0,98	<b>122,75</b>
75	4,31	113,37	0,99	<b>128,11</b>
100	4,60	116,73	0,99	<b>131,91</b>
500	6,21	135,47	1,00	<b>153,08</b>

*Nota.* La mediana se multiplica con un factor de confianza de 1.13.

Según la tabla anterior, los valores de la mediana corresponden a la precipitación por día esperados en diferentes periodos de retorno, donde la ecuación de distribución acumulada de Gumbel  $F(x)$  representa la probabilidad de ocurrencia. Así mismo es necesario tener en cuenta el factor de corrección que aumenta un 13% el valor de precipitación para tener una mayor confiabilidad.

A partir de D. F. Campos A. (1978), se utiliza un factor de reducción que comprende una interpretación porcentual de la conversión del tiempo de un día en horas, para diferentes duraciones como se muestra en la tabla 19.

**Tabla 19**

*Precipitación máxima por día, según tiempos de duración y periodos de retorno.*

Duración (Horas)	Factor de Reducción	P.M.P. (mm/24hras) para diferentes tiempos de duración.							
		Periodos de Retorno							
		2	5	10	25	50	75	100	500
<b>24</b>	1,00	<b>76,36</b>	<b>91,23</b>	<b>101,08</b>	<b>113,52</b>	<b>122,75</b>	<b>128,11</b>	<b>131,91</b>	<b>153,08</b>
18	0,91	69,49	83,02	91,98	103,30	111,70	116,58	120,04	139,30
12	0,80	61,09	72,99	80,86	90,82	98,20	102,49	105,53	122,46
8	0,68	51,93	62,04	68,73	77,19	83,47	87,12	89,70	104,09
6	0,61	46,58	55,65	61,66	69,25	74,88	78,15	80,46	93,38
5	0,57	43,53	52,00	57,62	64,71	69,97	73,02	75,19	87,25
4	0,52	39,71	47,44	52,56	59,03	63,83	66,62	68,59	79,60
3	0,46	35,13	41,97	46,50	52,22	56,46	58,93	60,68	70,42
2	0,39	29,78	35,58	39,42	44,27	47,87	49,96	51,44	59,70
1	0,30	22,91	27,37	30,32	34,06	36,82	38,43	39,57	45,92

*Nota.* La P. máx. día se multiplica por el factor de reducción para hacer una relación de duración y precipitación, obteniendo los valores de precipitación desde 18 a 1 hora de duración.

Al obtener los valores de precipitación por día en diferentes duraciones, se realiza el cálculo de intensidad a partir de la ecuación  $I = P [\text{mm}]/t_{\text{Duración}} [\text{hr}]$ . Se tabulan los valores de intensidad a partir de las precipitaciones y duración en los diferentes tiempos de retorno.

**Tabla 20**

*Intensidad de Lluvia, Curva IDF según distribución de Gumbel.*

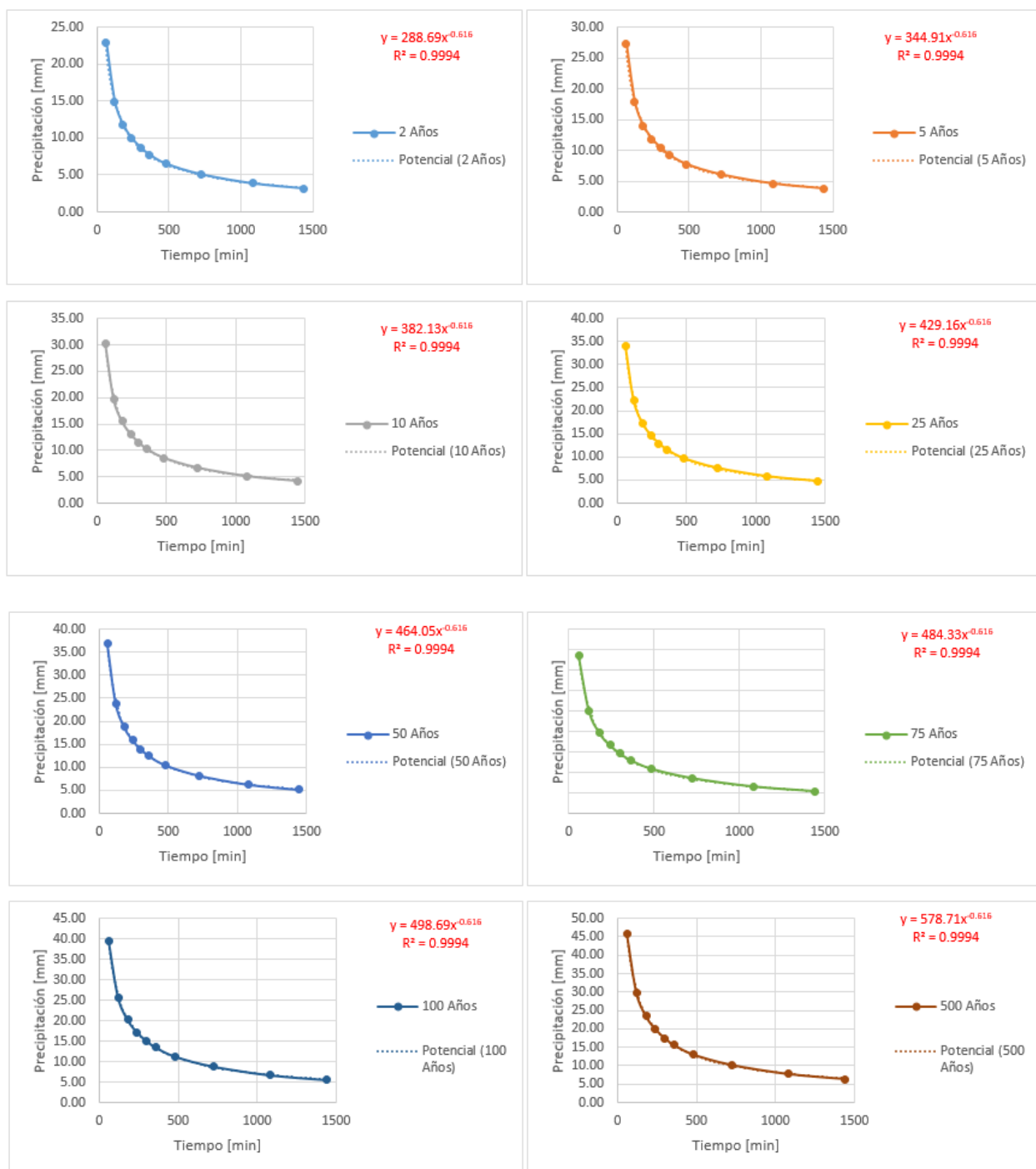
Duración		Intensidad de Lluvia (mm/hr) según el Periodo de Retorno							
Hr	min	2	5	10	25	50	75	100	500
24	1440	3,18	3,80	4,21	4,73	5,11	5,34	5,50	6,38
18	1080	3,86	4,61	5,11	5,74	6,21	6,48	6,67	7,74
12	720	5,09	6,08	6,74	7,57	8,18	8,54	8,79	10,21
8	480	6,49	7,75	8,59	9,65	10,43	10,89	11,21	13,01
6	360	7,76	9,28	10,28	11,54	12,48	13,02	13,41	15,56
5	300	8,71	10,40	11,52	12,94	13,99	14,60	15,04	17,45
4	240	9,93	11,86	13,14	14,76	15,96	16,65	17,15	19,90
3	180	11,71	13,99	15,50	17,41	18,82	19,64	20,23	23,47
2	120	14,89	17,79	19,71	22,14	23,94	24,98	25,72	29,85
1	60	22,91	27,37	30,32	34,06	36,82	38,43	39,57	45,92

*Nota.* Relación de duración precipitación para determinar la intensidad en diferentes periodos de retorno.

Acto seguido se grafican las IDF en los diferentes tiempos de retorno. Por otro lado, se debe efectuar un cálculo de dispersión de la expresión potencial para definir las ecuaciones de las curvas en cada tiempo de retorno, con el fin de determinar un resumen de las diferentes aplicaciones de regresión potencial. Utilizando el programa Excel se puede simplificar el proceso de cálculo definiendo la ecuación potencial de la curva y el  $R^2$ , a partir de la línea de tendencia de cada grafica como se muestra a continuación.

**Figura 21**

Graficas de Intensidad de lluvia (mm/hr) contra duración (min).



Nota. Graficas IDF con ecuación potencial y  $R^2$ , Periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 75, 100 y 500 años.

En las diferentes curvas IDF planteadas según su periodo de retorno, se agrupan los valores de coeficientes de regresión con su respectivo periodo de retorno (Tabla 21).

**Tabla 21**

*Resumen de aplicación de regresión potencial.*

Periodo de Retorno	Coef. de Regresión	Exp. de Regresión
2	288,69	-0,616
5	344,91	-0,616
10	382,13	-0,616
25	429,16	-0,616
50	464,05	-0,616
75	484,33	-0,616
100	498,69	-0,616
500	578,71	-0,616
PROMEDIO	433,83	-0,616

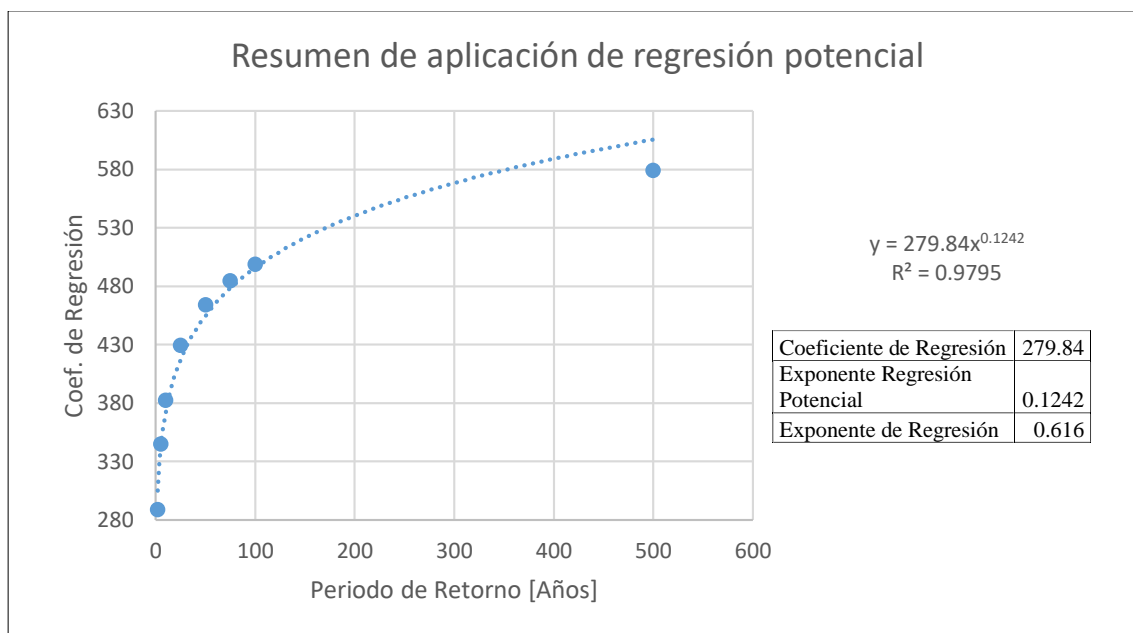
*Nota.* Los valores de coeficiente de regresión y exponente de regresión se definen en la ecuación potencial de la línea potencial de tendencia de las curvas IDF.

Al establecer los valores de coeficiente de regresión, se procede a generar una gráfica de resumen de aplicación de regresión potencial, con los valores de periodo de retorno y coeficiente de regresión.

El proceso realizado para generar las gráficas de curvas IDF se vuelve a aplicar a los valores de coeficientes de regresión, donde se aplica el programa Excel para definir la ecuación potencial de la curva y el  $R^2$ , a partir de la línea de tendencia de la gráfica como se muestra en la figura 22.

**Figura 22**

*Resumen de aplicación de regresión potencial.*



*Nota.* Representación de las intensidades en diferentes periodos de retorno según los coeficientes de regresión.

Finalmente calcular la ecuación de intensidad acorde para la cuenca y generar las curvas IDF.

$$I = \frac{\alpha T^\beta}{t^\beta} \quad (18)$$

Donde I equivale a la Intensidad de precipitación (mm/hr), T corresponde al Período de Retorno y t es el tiempo de duración de precipitación (min). Mientras que los coeficientes  $\alpha$  y  $\beta$  son los datos obtenidos en la gráfica anterior con valor de  $\alpha = 279,84$  y  $\beta = 0,1242$ .

$$I = \frac{279.84 T^{0.1242}}{t^{0.1242}} \quad (19)$$

Al reemplazar los valores correspondientes a cada variable de la ecuación anterior, se logra obtener los valores de intensidad de lluvia para la cuenca (Tabla 22). Además, es posible generar una evaluación más extensa incrementando las duraciones y aplicando la ecuación 19.

**Tabla 22**

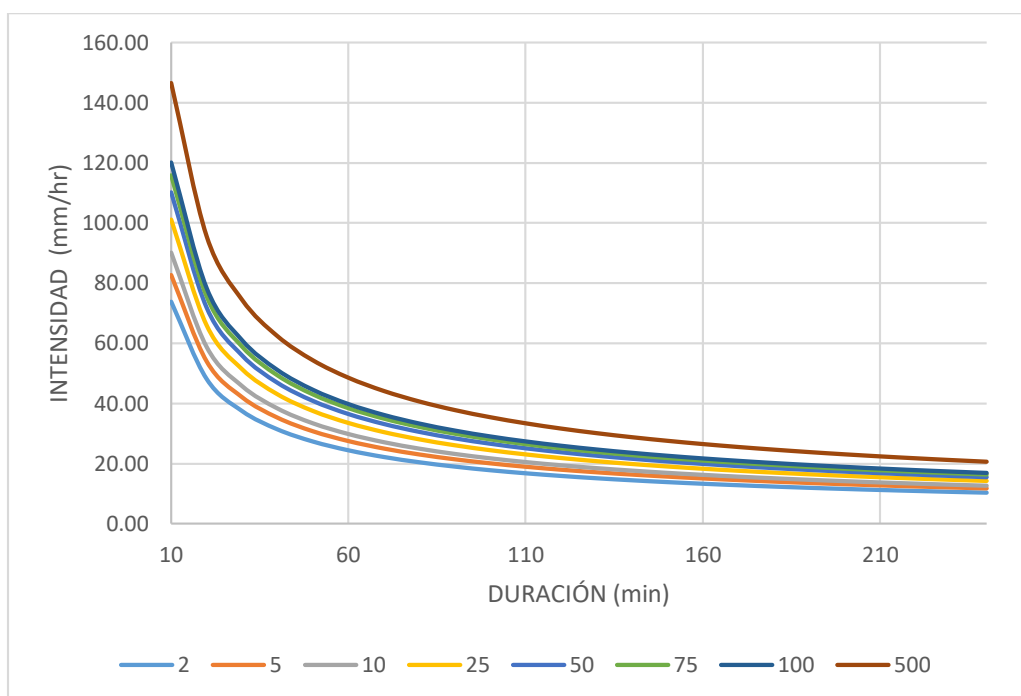
*IDF de la cuenca.*

Tabla de Intensidad - Tiempo - Periodo de Retorno								
Duración (t min)	Frecuencia (T años)							
	2	5	10	25	50	75	100	500
10	73,84	82,74	90,18	101,05	110,13	115,82	120,04	146,60
20	48,18	53,99	58,84	65,93	71,86	75,57	78,32	95,65
30	37,53	42,05	45,84	51,36	55,98	58,87	61,01	74,51
40	31,44	35,23	38,39	43,02	46,89	49,31	51,10	62,41
50	27,40	30,70	33,46	37,49	40,87	42,98	44,54	54,39
60	24,49	27,44	29,91	33,51	36,52	38,41	39,81	48,62
70	22,27	24,95	27,20	30,48	33,22	34,93	36,20	44,21
80	20,51	22,98	25,05	28,07	30,59	32,17	33,34	40,72
90	19,08	21,38	23,30	26,10	28,45	29,92	31,01	37,87
100	17,88	20,03	21,83	24,46	26,66	28,04	29,06	35,49
110	16,86	18,89	20,59	23,07	25,14	26,44	27,40	33,47
120	15,98	17,90	19,51	21,87	23,83	25,06	25,97	31,72
130	15,21	17,04	18,57	20,81	22,68	23,86	24,72	30,19
140	14,53	16,28	17,75	19,88	21,67	22,79	23,62	28,85
150	13,93	15,60	17,01	19,06	20,77	21,84	22,64	27,65
160	13,38	15,00	16,34	18,31	19,96	20,99	21,76	26,57
170	12,89	14,45	15,75	17,64	19,23	20,22	20,96	25,60
180	12,45	13,95	15,20	17,03	18,56	19,52	20,23	24,71

*Nota.* Tabulación de valores de intensidad en diferentes duraciones y frecuencias.

**Figura 23**

*Curva Intensidad-Duración-Frecuencia. IDF.*



*Nota.* Gráfica de intensidades en mm/hr para diferentes periodos de retorno.

**Bajantes.** Las bajantes son el componente que guía el agua lluvia hacia la tubería conectada con el tanque de almacenamiento. Esta se ubica de manera vertical, acoplada y ajustada por medio de accesorios adecuados a la bajante.

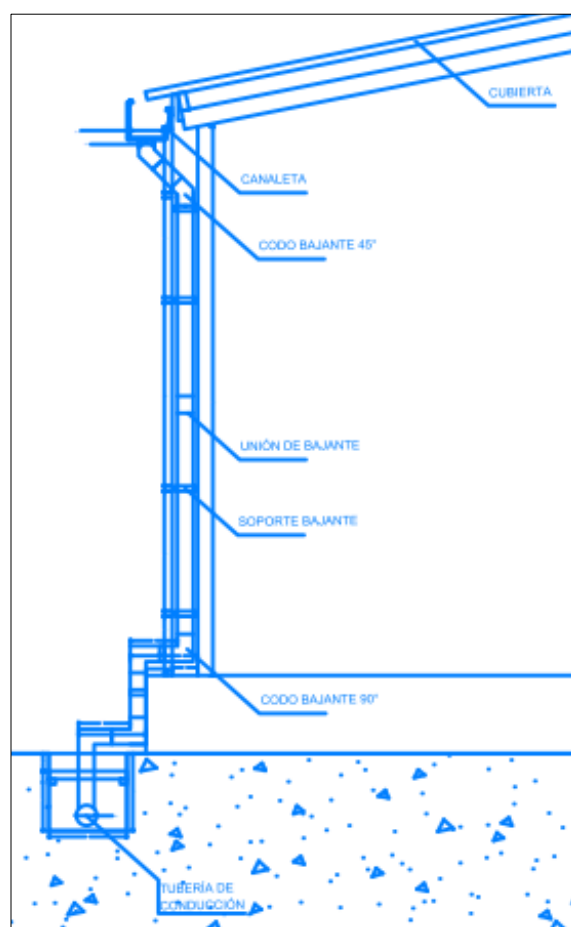
**Diseño de bajantes.** Las bajantes tienen una dimensión de 3 metros que se ajusta fácilmente a la altura de las estructuras y su instalación es la misma en todos los puntos donde se ubican.

Las bajantes deben contar con codos de  $45^\circ$  para acomodar la bajante en el extremo cercano a la cubierta con el soporte de la estructura, además de incorporar codos de  $90^\circ$  para reubicar la dirección del agua lluvia debido a la base de la estructura. Al mismo tiempo, son

necesarias uniones y adaptadores de bajante-aguas lluvias, que se utilizaran para la conexión de la bajante y la tubería del tanque de almacenamiento (figura 24).

### Figura 24

*Diseño de canal, bajante y conducción del SCALL del proyecto.*



*Nota.* Corte de sistema de recolección con sus respectivos accesorios.

Para el SCAPT del colegio Gimnasio Jireh planteado, se pretenden utilizar las piezas o accesorios PAVCO, adecuados para acoplar con las canales Amazonas PAVCO. Por otro lado, se cuenta con 29 bajantes necesarias para el sistema de recolección, dirigiendo el agua lluvia al sistema de conducción enterrado a una profundidad de 35 centímetros aproximadamente.

**Tubería de conducción.** El sistema de conducción consiste en la dirección del agua lluvia captada después de la recolección de las canales y bajantes. Este se encarga de transportar el agua al tanque por medio de escurrimiento libre.

El sistema de conducción se diseñó de tal forma que conecta las bajantes de cada estructura consecuentemente a esta tubería y se incrementara el diámetro debido al aumento de caudal. Del mismo modo, se instaló la tubería subterránea aprovechando las pendientes del terreno.

**Diseño de conducción.** Para el diseño del sistema de conducción se consideró los caudales del sistema de recolección y se estableció el sistema semejante a un alcantarillado para el transporte del agua por escurrimiento libre al tanque de almacenamiento (anexo 11).

Al establecer las cotas de terreno en los puntos de las bajantes se establecen las profundidades de enterramiento para la tubería, dependiendo de las pendientes y la longitud del tramo entre bajantes.

Primeramente, se calculan los diámetros de la tubería según los caudales, pendientes y rugosidad del material de la tubería, siendo de PVC con una rugosidad de manning de 0,009. Teniendo en cuenta los valores de los diámetros obtenidos, se concreta una aproximación cercana mayor con respecto a los diámetros comerciales para tuberías.

Además de especificar los diámetros por tramo, se calculan los valores de velocidad de flujo, caudales por tramo, área de sección de flujo, cotas de nivel, altura de lámina de agua y radio hidráulico (anexo 7).

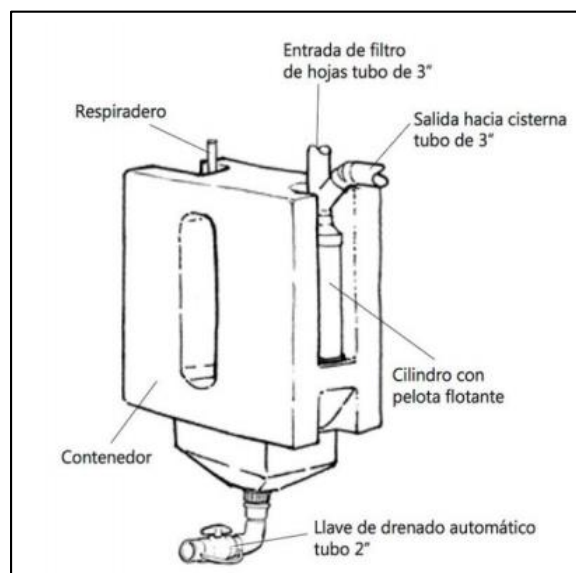
## ***Interceptor***

Los interceptores de agua lluvia son elementos de los SCALL destinados a evitar la entrada de partículas de polvo, arena u otros elementos que se depositan en las cubiertas y son arrastrados por el agua lluvia hasta los canales.

Estas partículas son lo suficientemente pequeñas para atravesar las mallas o tamices colocados en los canales y en las entradas de la tubería de conducción. Por tanto, se hace un control de un porcentaje de las primeras aguas en un tanque contiguo como se muestra en la figura.

### **Figura 25**

Interceptor de las primeras aguas.



*Nota.* Esquema de Funcionamiento del TLALOQUE. Tomado de Sitio Web. Lluvia para todos.

<http://islaurbana.org/>

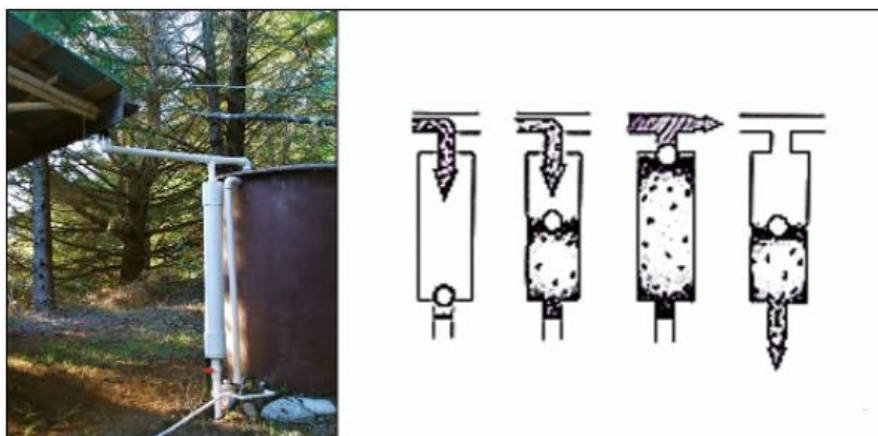
El modelo de interceptor planteado en la imagen funciona a partir de un tubo ensanchado que contiene una bola de jebe (bola de goma flotante), encargada de ascender a medida que el

agua lluvia entra en el tanque receptor de primeras lluvias. De esta forma, al momento de alcanzar la parte más alta del tubo ensanchado, donde se encuentra la reducción, tapa o frena la entrada de agua redirigiéndola hacia el tanque de almacenamiento.

Cabe destacar que en el proyecto del colegio Gimnasio Jireh se propone el uso de un interceptor semejante al expuesto en la ilustración siguiente por su practicidad, eficiencia y ubicación antes del tanque de almacenamiento debido al gran número de bajantes. Así se logrará instalar un único interceptor y se evitará la compra de varios interceptores por cada bajante en el sistema de captación de agua lluvia.

### Figura 26

*Interceptor de primeras lluvias.*



*Nota.* Red de tuberías de agua de lluvia. Fuente: DOLMAN and LUNDQUIST 2008, p.4 y 5

El tanque interceptor debe tener el volumen adecuado para un lavado adecuado de las cubiertas. Según la Organización Panamericana de la Salud (UNATSABAR, 2004), se requiere de un litro por cada metro cuadrado de cubierta para su auto-lavado, por tanto, el volumen es de  $V = 1356,25 \text{ m}^2 * 1\text{L}/\text{m}^2 = 1356,25 \text{ L} \approx 1,4 \text{ m}^3$  (véase anexo 12).

### ***Almacenamiento***

Las cisternas o tanques de almacenamiento son el último componente, esencial para cualquier sistema de captación de agua lluvia. Se encarga de recibir el volumen de agua recolectado manteniendo el recurso a la espera de su uso para la estructura o lugar donde se espera satisfacer la demanda de agua.

Un tanque de almacenamiento puede ser instalado sobre el nivel del suelo, semienterrado o debajo del nivel del suelo. También es necesario considerar que, dependiendo el área del lugar donde se planea colocar, el volumen de agua recolectado y el tipo de tanque, se podrá determinar las dimensiones para su compra o armado.

Por otra parte, dentro del tanque deberá cumplir con algunos criterios para su buen funcionamiento. En otras palabras, debe componerse de elementos tales como; reductor de turbulencias, el cual se encarga de transformar el flujo de agua en la entrada del tanque a un flujo laminar, evitando la resuspensión de las partículas que lograron pasar por los elementos de pretratamiento, el rebose con sello hidráulico encargado de evacuar el exceso de agua y el sello hidráulico restringe el ingreso de gases e insectos al rebose, y, por último, la válvula de cheque, en caso de un posible ingreso de drenaje exterior.

El tanque de almacenamiento debe contar con un volumen adicional de regulación evitando sobrellenado, y, además, tiene que contar con un mecanismo de evacuación regulando la entrada de agua al tanque, dirigiendo el excedente hacia el alcantarillado por medio de bombeo o gravedad (Hidropluviales, 2018). Además, toda cisterna deberá estar protegida de la luz directa y tendrá que estar compuestas de materiales a prueba de rayos UV.

El proyecto debe cumplir con dos condiciones para el volumen del tanque de almacenamiento; la demanda de agua del colegio Gimnasio Jireh de  $38,33 \text{ m}^3$  por mes equivalente a la demanda máxima y la oferta del sistema de captación de agua lluvia, calculado mediante el producto entre el valor máximo de la precipitación media mensual multianual y el área de captación. La oferta del SCAPT se encuentra entre los valores de  $36,48 \text{ m}^3$  y  $4,73 \text{ m}^3$  de agua lluvia mensual.

El volumen del tanque se cuantifica con el agua lluvia captada del SCAPT, tomando en cuenta el volumen de agua de  $36,48 \text{ m}^3 \approx 37 \text{ m}^3$  siendo la dimensión máxima de volumen lluvia captada de los mínimos de precipitación mensual. Cabe resaltar que la demanda se efectúa por día, mientras que la lluvia varía dependiendo de las condiciones hidro-meteorológicas.

Se toma un factor de corrección de 1,5 para tener una mayor confiabilidad en la demanda de agua del colegio. Asimismo, se hace una relación del volumen por mes a volumen día teniendo en cuenta los días de trabajo de la institución (20 días de demanda de agua por mes), teniendo como resultado una demanda de  $2,88 \text{ m}^3/\text{día}$ .

Además, se tiene un volumen de agua lluvia de  $37 \text{ m}^3$  mensual y para el tanque que se planea abastecer considerando una precipitación de baja ocurrencia, es decir, como mínimo se espera una lluvia cada 15 días. En suma, se vincula el volumen por mes a días, alcanzando un valor de  $18,5 \text{ m}^3/15 \text{ día}$ .

El tanque de almacenamiento se solicitará a una cadena de comercio de construcción, concretamente Homecenter, optando por un Tanque de almacenamiento de Colempaques con un volumen de 20,000 L cumpliendo con la oferta del SCAPT de  $18,500 \text{ L}/15\text{día}$  (anexo 8), además se considera el borde libre necesario para efectos de excesos.

## **Distribución**

El sistema de distribución se encarga de entregar el agua lluvia almacenada en el tanque mediante una bomba que intercambia energía mecánica generada por el motor de la bomba a energía cinética para desplazar el agua.

### ***Bomba***

La bomba es el elemento encargado de transportar el agua lluvia almacenada a los puntos de entrega para suplir la demanda del recurso. Para ello un sistema de distribución debe contar con un número de unidades específico que depende del caudal de bombeo y sus variaciones, además de la necesidad de contar con un equipo de reserva para situaciones de emergencia.

Existen diferentes modelos de bombas que se clasifican entre dinámicas y de desplazamiento positivo dependiendo de su funcionamiento. Cada bomba tiene diferentes características y entre las más comunes se encuentran las bombas centrífugas, rotatorias y reciprocantes.

Para seleccionar un equipo de bombeo se requiere conocer los datos del sistema, concretamente número de unidades, tipo de bomba (Solo si existe una preferencia determinada), servicio de horas por día, temperatura y pH. Del mismo modo se debe cuantificar las condiciones de la bomba, valores tales como caudal esperado para distribuir, altura manométrica y condición de succión e impulsión.

Para el planteamiento del colegio Gimnasio Jireh se opta por una sola bomba centrífuga, dado que el SCAPT pretende contribuir, pero no sustituir el acueducto de la institución, por tanto, no es necesario el uso de una segunda bomba para casos de mantenimiento. La bomba se

utilizará en los tiempos de funcionamiento del colegio, en una zona cubierta cercana al tanque de almacenamiento y con una succión negativa.

El sistema de bombeo debe contar con accesorios fundamentales para su buen funcionamiento, entre ellos; válvula de pie con coladera que evita el ingreso de partículas que pueden dañar la bomba, tubería de succión, la bomba centrífuga, válvulas de retención, válvula de cortina y tubería de impulsión.

**Diseño de Bomba.** Según López Cualla (1995), se debe hacer el cálculo del diseño de la bomba teniendo en cuenta las siguientes condiciones; Caudal de diseño, temperatura media de la zona 15° y tubería de PVC (C=150).

El caudal demandado por el colegio depende de los puntos de entrega que se componen de 12 llaves de agua y tres tanques de 500 litros que distribuyen el agua a 30 inodoros ubicados en dos de las estructuras del colegio.

Cada punto de entrega demanda diferente caudal dependiendo del aparato abastecido como se indica a continuación;

### Tabla 23

Puntos de entrega para el sistema de distribución.

Puntos de entrega	N° de aparatos	Consumo por aparato (L/s)	Caudal total (L/s)
Llaves	12	0,25	3,0
Inodoros	30	0,30	9,0
Total	42	-	12

*Nota.* Número de aparatos y consumo por aparato. Caudal total demandado.

El caudal de diseño se establece multiplicando el caudal esperado de los puntos de entrega por un coeficiente de simultaneidad  $K = [1 / (n - 1)]$  que permite considerar el número de aparatos, donde  $n$  es el número de puntos de entrega del sistema de distribución. De esta forma, el caudal de diseño es igual a  $Q_D = 0,2 * 12 \text{ L/s} = 1,9 \text{ L/s}$ .

Los diámetros del sistema de distribución se definen para la tubería de succión e impulsión, con las siguientes ecuaciones;

$$D_{s-i} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V_{s-i}}} \quad (20)$$

Considerando una velocidad de succión ( $V_s$ ) de 0,9 m/s debido a la condición de  $0,6 < V_s < 0,9$  y una velocidad de impulsión ( $V_i$ ) de 1,2 m/s por el parámetro de  $V_i < 1,5$ . En consecuencia, se estiman áreas y diámetros de la tubería (tabla 24).

**Tabla 24**

*Diámetros de tubería de succión e impulsión.*

Caudal [m <sup>3</sup> /s]	Velocidad [m/s]	Área [m <sup>2</sup> ]	Diámetro de Succión [m]	Diámetro de Succión [plg]
0,0019	0,90	0,0021	0,05	2
Caudal [m <sup>3</sup> /s]	Velocidad m/s	Área [m <sup>2</sup> ]	Diámetro de Impulsión [m]	Diámetro de Impulsión [plg]
0,0019	1,2	0,0016	0,04	2

*Nota.* Caudal de diseño, velocidades, áreas y diámetros comerciales de succión e impulsión.

Al estimar los diámetros, se procede a precisar las pérdidas por fricción de la tubería de distribución y la pérdida por los accesorios que se utilizan antes y después de la bomba. Estas pérdidas se estiman mediante una longitud equivalente para agrupar todas las pérdidas.

**Tabla 25***Pérdidas en la succión.*

Pérdidas por Succión ( $D_s = 2''$ )	
Válvula de coladera	14
Codo radio largo 90°	1,1
Entrada (Borda)	1,5
Tubería recta	3,0
Longitud equivalente total	19,6
J de pérdidas	0,01668
Pérdidas en succión $J \cdot L_{eq}$ .	0,33

*Nota.* Longitud equivalente de pérdidas por accesorios y pérdidas por succión.

**Tabla 26***Pérdidas en la impulsión.*

Perdidas por Impulsión ( $D_i = 2''$ )	
Válvula de retención horizontal	3,2
Válvula de cortina	0,3
Codo radio largo 90°(26 codos)	24,3
Cruz	2,4
Te de paso bilateral (3Tee)	8,4
Te de paso directo (6Tee)	5,4
Tubería recta	391,4
Longitud equivalente total	435,4
J de pérdidas	0,03361
Pérdidas en impulsión $J \cdot L_{eq}$ .	14,64

*Nota.* Longitud equivalente de pérdidas por accesorios y pérdidas por impulsión.

Conforme a las tablas 25 y 26 el valor J representa la pérdida de carga total de la tubería, calculando mediante la ecuación de Hazen-Williams,  $Q = 0,2785 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot J^{0.54}$ . Con los valores de caudal de 1,9 L/s, rugosidad de 150 para tubería de PVC y diámetros de 2 pulgadas.

Estos cálculos se efectúan con el fin de estimar la altura dinámica total de elevación, que corresponde a la suma de la altura de succión, altura de descarga y altura estática total. La altura de succión e impulsión se cuantifica mediante la ecuación;

$$H_{s-i} = \text{Perdidas}_{s-i} + \frac{V_{s-i}^2}{2g} \quad (21)$$

De esta forma la altura de succión y descarga se estiman con los valores de pérdidas y altura de velocidad ( $V^2/2g$ ), donde  $V_s = 0,9$  m/s y  $V_i = 1,2$  m/s, obteniendo así los siguientes valores.

**Tabla 27**

*Altura dinámica total del sistema de distribución.*

Altura Succión (H <sub>s</sub> )	Altura Impulsión (H <sub>i</sub> )	Altura Estática (H <sub>est</sub> )	Altura Dinámica Total (H <sub>T</sub> )
0,37	14,71	4,44	19,52

*Nota.* Altura de succión e impulsión, altura estática y dinámica total.

La altura estática se determina por medio de resta entre la cota de altura del nivel de agua del tanque de almacenamiento (2563.82 m.s.n.m) y los puntos de entrega de agua, asegurando 3 metros de columna de agua adicionales en los tanques. Relacionando la altura total de entrega por cada cota de nivel genera una diferencia de 19,92 m.

Por último, al obtener el valor de altura dinámica total se procede a calcular la potencia de la bomba con la siguiente ecuación para la posterior selección del modelo de bomba.

$$P = \frac{\gamma Q H_T}{e} \quad (22)$$

Donde  $\gamma$  equivale a 1000 kg/m<sup>3</sup>, Q es igual a 0,0019 m<sup>3</sup>/s, H<sub>T</sub> es 19,92 m y la eficiencia de la bomba  $e = 80\%$ . Como resultado se alcanza una potencia de 36,58 kgm/s  $\approx 0,60$  HP.

Como resultado del análisis en el catálogo de la empresa IHM (Ignacio Gómez IHM S.A.S), por medio del anexo 9 de la motobomba AQUARIUM de eje libre, se escogió una bomba centrífuga modelo BEQ con 3500 RPM, sello mecánico (figura 27).

**Figura 27**

*Bomba centrífuga ABA-1.5W.*



*Nota.* Bomba construida en plástico de ingeniería noryl gfn-2. Ignacio Gómez IHM SAS, s.f.

La bomba con doble conexión en succión y descarga, cuenta con un rotor cerrado para alta eficiencia, obturación por sello mecánico con eje protegido por casquillo, diseño back pull out que facilita el mantenimiento y tiene una versión de eje libre; aplicable a cualquier estilo de motor. Además, cuenta con las siguientes especificaciones.

**Tabla 28***Información técnica de la bomba.*

Datos de la Bomba	
Conexión succión	2 Pulg. NPT
Conexión descarga	2 Pulg. NPT
Altura (ADT) Max	23 m
Caudal Máx	80 GPM
Caudal medio	60 GPM
Altura media	15 m
Motor	Eje libre
Potencia	1 HP
Voltaje	-
Peso	7 Kg
Dimensiones	0,36/0,19/0,23 Mts
Rotor	114 mm

*Nota.* Datos de la bomba centrífuga. Ignacio Gómez IHM SAS, s.f.

Como se observa en la tabla 28 se logra cumplir con los criterios de diseño para la bomba de distribución.

El sistema de distribución, así como también los demás elementos del SCAPT, deben tener un mantenimiento constante para evitar contaminación del agua y fallas en el equipo de bombeo.

## Estudio Financiero

### Presupuestos

El sistema de captación de agua lluvia que se planea instalar tiene un costo aproximado de 76'000,000.00 pesos, de los cuales se evalúan los precios según todos los elementos de cada componente del SCAPT. Desde el sistema de recolección – obviando el área de captación, por el aprovechamiento de las tejas de la institución – hasta el sistema de distribución (tabla 29).

**Tabla 29**

*Presupuestos del SCALL en el colegio Gimnasio Jireh.*

DESCRIPCIÓN	VR. TOTAL
Generalidades	\$2.725.578,00
Sistema de captación	NA
Sistema de recolección	\$17,199,450.00
Sistema de conducción	\$30,978,789.83
Interceptor	\$1,662,900.00
Tanque de almacenamiento	\$21,080,380.19
Sistema de distribución	\$2.427.036,00
Total sistema de captación de agua pluvial en tejados	\$76.074.134,03

*Nota.* Valores generales del presupuesto en los componentes del SCAPT, véase anexo 13 para más detalles del cálculo de presupuestos.

El sistema de recolección tiene un valor 17'200,000.00 debido a la instalación de canales tipo amazonas que conforman una serie de unidades para cada estructura del colegio, además se tienen en cuenta las bajantes que se ubican a cada 10 metros por condición de la canal.

La conducción requiere un presupuesto de 31'000,000.00 pesos en virtud de las diferentes tuberías de PVC utilizadas (4", 6", 8" y 10"), accesorios tales como codos de 90° y 45°, uniones y Tees, y, finalmente, las excavaciones para el enterramiento de la tubería.

El interceptor de primeras lluvias es un elemento sencillo que no requiere de una instalación rigurosa y cuenta con un precio 1'670,000.00 pesos. Este se compone del interceptor ensamblado o pedido por fábrica y un tanque interceptor catalogado en el anexo 8.

El tanque de almacenamiento requiere un presupuesto de 21'081,000.00 pesos obtenido no solo por el valor del tanque (véase anexo 8), sino también por la excavación y muros de contención necesarios para la bodega encargada de albergar el interceptor, tanques y la bomba centrífuga.

Por último, se obtiene un presupuesto de \$2.427.036,00 pesos para el sistema de distribución contando con la línea de succión e impulsión, y, así mismo, la bomba centrífuga, con un valor propio de 1,861,000.00 pesos.

## Conclusiones

El proyecto permite cubrir la demanda de agua no potable del colegio a partir de un sistema de captación de agua lluvia por medio de los tejados de la institución educativa. Comparando la oferta del SCAPT y la demanda del colegio por mes, se puede evidenciar la capacidad del sistema para suplir la demanda de agua en su totalidad en algunos meses, mientras que en febrero, agosto y septiembre alcanza a cubrir la mitad de la demanda. No obstante, se debe considerar que el sistema se planteó con las condiciones de lluvia en años con baja precipitación y se realiza la comparación con la demanda total del colegio, por tanto, es posible suplir la demanda no potable en condiciones normales de lluvia.

En el planteamiento de los diferentes tipos de sistemas de captación de agua lluvia se consideraron las ventajas y desventajas de su instalación, desde las condiciones topográficas del colegio hasta los presupuestos necesarios estimados según la tecnología de cada modelo SCALL, además se tuvo en cuenta los elementos ya disponibles en la institución educativa, tales como las cubiertas que corresponden a las cinco estructuras que conforman la totalidad de la institución. Por tal motivo se seleccionó un sistema de aprovechamiento de agua lluvia que implementa los tejados como elemento de captación.

A partir de las precipitaciones medias de la zona calculada por los métodos de promedio, polígonos de Thiessen e Isoyetas, se logra contemplar en la cuenca de Cota – Cundinamarca un comportamiento climático consecuente a las estaciones, alcanzando valores bajos para los meses de enero y diciembre debido a la estación seca, mientras que para los meses de febrero a mayo y septiembre a noviembre se observa un crecimiento en la precipitación al llegar a la estación húmeda, y, por último, para las demás estaciones se ve una constante de la precipitación. Según esta información, la institución no se vería afectada por las estaciones secas debido a que

sucedan en los periodos vacacionales donde la población estudiantil es nula. Además, se aprovecha las estaciones húmedas para el SCAPT.

El SCAPT se prediseño analizando cada componente de un sistema de aprovechamiento para evaluar las condiciones de diseño a partir de las características del colegio. La captación del colegio permite recolectar el agua lluvia en una gran superficie de 1356,25m<sup>2</sup> obteniendo volúmenes de agua altos y aprovechables para la demanda de una institución, la recolección se logra a través de canales Amazonas y bajantes PAVCO que se instalaran en un extremo de la estructura favorecido por la inclinación de las cubiertas, se implementará un único interceptor antes del tanque de almacenamiento y se consideró una bodega que protegerá de manera practica el tanque de almacenamiento y la bomba centrifuga para su posterior mantenimiento. También se tuvo una total precaución en respetar la mayoría de las estructuras ya existentes en el predio, facilitando la construcción e instalación del sistema.

Las instalaciones de los SCALL requieren de una inversión generosa dependiendo de la complejidad del sistema y las dimensiones del proyecto, tal como se observa en el SCAPT planteado, sin embargo, este tipo de alternativas favorece al desarrollo sostenible. En el aspecto económico, se logra recuperar la inversión reduciendo la demanda de agua en la institución educativa cerca de un 50 a 75%, y, por ende, reduciendo los costos en la factura de la empresa de acueducto que proporciona el recurso de agua potable. Teniendo en cuenta los costos del prediseño del SCAPT para el colegio Gimnasio Jireh, la recuperación de la inversión no será instantánea, sin embargo, se logrará cumplir el objetivo de apoyar al sistema de acueducto deficiente y en un futuro alcanzará a superar la inversión planteada.

## Referencias

- Ley 373 de 1997. Por la cual se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2003-2006, Consejo de Colombia. 11 de junio de 1997. DO. N° 43.058.
- Ley 23 de 1973. Por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones. 19 de diciembre de 1973. DO. No. 34.001.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (08 de junio de 2017). Resolución 0330/2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.
- Ministerio del Medio Ambiente. (22 de junio de 2007). Resolución 2115/2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
- Constitución Política de Colombia [C.P.] (1991). (2da Ed.) Legis.
- Alcaldía de Bogotá, Congreso de Colombia. (s.f). Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.  
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=26934>.
- Hidropluviales (16 de enero de 2018). En la CDMX las nuevas edificaciones deben captar la lluvia, Gobierno de la ciudad de México. Tomado de  
<https://hidropluviales.com/2018/01/16/cumplimiento-de-normatividad-2/>
- Gidahatari (s.f). Métodos de estimación para completar datos de precipitación. Perú Lima. Tomado de <https://gidahatari.com/ih-es/metodos-estimacion-completar-datos-precipitacion>

- Torres Hugues, R. (2019). La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente Facultad de Ingeniería Civil.
- Suárez, A., Mesa, P., Bravo, V., & Prieto, A. (2015). Evaluación de un sistema de filtros de cascarilla de arroz y luffa cylindrica para el tratamiento de aguas lluvias. *Revista Mutis*.
- Ortiz W., Velandia W., (2017). Propuesta para la captación y uso de agua lluvia en las instalaciones de la universidad católica de Colombia a partir de un modelo físico de recolección de agua.
- Alfonzo, A., Arévalo, D., (2017). Sistema alternativo de recolección y aprovechamiento de agua lluvia, para una vivienda de interés social en el barrio la victoria de la localidad de san cristobal. Universidad Católica de Colombia.
- Manco-Silva, D.; Guerrero-Eraza, J. y Morales-Pinzón, T. (2017). Estimación de la demanda de agua en centros educativos: caso de estudio Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. *Luna Azul*, 44, 153-164. DOI: 10.17151/luaz.2017.44.9. Recuperado de <http://200.21.104.25/lunazul/index.php/component/content/article?id=225>
- Ballén, J. A., Galarza, M., & Ortiz, R. O. (2006, June). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. In Simposio llevado a cabo en el VI Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua (SEREA), Joao Pessoa, Brasil.
- Duran, P., Herrera, L., & Guido, P. (2010). Captación de agua de lluvia, alternativa sustentable. Paper presented at the CONAMA10, Congreso Nacional Del Medio Ambiente, México.

- Pizarro, R., Ausensi, P., Aravena, D., Sangüesa, C., León, L., & Balocchi, F. (2009). Evaluación de Métodos Hidrológicos para la Completación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la Región del Maule, Chile. Aqua-Lac.
- Pizarro, R., González, P., Witterssheim, M., Saavedra, J., Soto, C. (1993). Elementos técnicos de hidrología III. Proyecto regional mayor sobre uso y conservación de recursos hídricos en áreas rurales de América latina y el caribe. Talca: Universidad de Talca.
- Aparicio, F. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. *México: Limusa*.
- Superservicios – Superintendencia de Servicio Publico Domiciliario (2016).  
EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES EMSERCOTA S.A. E.S.P.
- Á. M. D. V. de Aburrá (2015). Guía 4, Guía para el diseño de edificaciones sostenibles. Antioquia: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Barreto Urrego, J. C., Gualteros Arboleda, J. A., & Vargas Castro, E. M. A. (2018). Diseño de sistema de captación de aguas lluvias para el abastecimiento total de la finca agroturística mesopotamia finca hotel ubicada en la vereda caney bajo en el km 14 vía Villavicencio–Cumaral.
- Construcciones & Reparaciones Tequendama, CRT (27 de noviembre de 2019). ¿Qué es una Teja o Techo Termoacústico? Crtbogota. <https://www.crtbogota.com.co/techos/que-es-una-teja-o-techo-termoacustico-conoce-sus-ventajas/>
- Campos, D. F. (1978). Procesos del ciclo hidrológico, inciso 4.6: Procesamiento estadístico de lluvias máximas diarias, Editorial Universitaria Potosina.
- Montero, D, S. (2016). Estado del arte de los sistemas de captación y aprovechamiento de aguas lluvias como alternativa en el ahorro de agua potable en viviendas, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil.

- UNATSABAR, C. (2004). Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Guía de diseño para captación del agua de lluvia. OPS/CEPIS.
- López, Ricardo Alfredo Cualla. (1995). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Bogotá: Centro editorial, Escuela Colombiana de Ingeniería.
- King, H. W., Brater, E. F., & Alonso, S. (1962). *Manual de hidráulica: para la resolución de problemas de hidráulica* (No. TC160. M3. K5618 1962.). Uteha.

## **Anexo 1**

Sr. Cristian Camilo Fiquitiva

Cordial Saludo

De acuerdo con su solicitud de utilizar esta información únicamente como material educativo como proyecto de grado del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás y de forma confidencial, nos permitimos relacionar a continuación los consumos de agua durante los años 2017-2018 del medidor N<sup>o</sup> 12014379 del usuario José Edgar Fiquitiva de uso comercial para institución educativa Gimnasio Jireh, así como la información de la Institución Educativa Escuela La Moya.

MEDIDOR N<sup>o</sup> 12014379

MES	2017 CONSUMO EN Mts3	2018 CONSUMO EN Mts3
Enero	19	16
Febrero	60	28
Marzo	35	29
Abril	35	33
Mayo	43	33
Junio	43	7
Julio	48	7
Agosto	46	28
Septiembre	64	20
Octubre	48	13
Noviembre	38	14
Diciembre	5	2

Relación de consumos de agua durante los años 2017-2018-2019 Institución Educativa

Escuela La Moya del medidor N ° 1105565

MEDIDOR N ° 1105565

MES	2017 CONSUMO EN Mts3	2018 CONSUMO EN Mts3	2019 CONSUMO EN Mts3
Enero	75	38	4
Febrero	91	67	69

Marzo	72	49	70
Abril	65	46	87
Mayo	43	40	85
Junio	26	93	64
Julio	17	73	87
Agosto	131	63	118
Septiembre	89	65	60
Octubre	123	45	92
Noviembre	122	35	81
Diciembre	30	3	75



Acueducto Veredal  
**La MOYA**

Junta de Acción Comunal "La Moya"  
Per.J.002047 de 1962 Min. Justicia  
NIT 832.002.672-7  
Servicio Acueducto Veredal  
NUIR 1-25214006-1

Cota diciembre 03/12/20\*

Sr Jose Edgar Fiquitiva

Cordial Saludo

De acuerdo con su solicitud nos permitimos relacionar a continuación los consumos de agua durante el año 2019 del medidor N<sup>o</sup> 12014379

MES	CONSUMO EN Mts <sup>3</sup>
Enero	13
Febrero	27
Marzo	19
Abril	4
Mayo	7
Junio	2
Julio	20
Agosto	39
Septiembre	28
Octubre	14
Noviembre	31
Diciembre	5

**CARLOS BULLA CAÑON**  
Gerente Acueducto La Moya

CC. archivo

Vereda "La Moya", Sede Administrativa Acueducto E-mail. [Acueductolamova@hotmail.com](mailto:Acueductolamova@hotmail.com) Tel. (1) 8641676

Cota - Cundinamarca

## Anexo 2

*Precipitaciones mensuales multianual a partir de las estaciones cercanas con respecto a la zona del proyecto de Prediseño de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia para una Institución Educativa de la Sabana de Bogotá. Colegio Gimnasio Jireh, Vereda La Moya, Cota – Cundinamarca.*

### PRECIPITACIÓN MENSUAL PARA LA ESTACIÓN EMMANUEL D ALZON.

21201230	ESTACIÓN ENMANUEL DE ALZON																				
	PRECIPITACIÓN MÍNIMA MENSUAL (1190-2010)																				
AÑO/MES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ENERO	55,7	44,5	184,4	44,7	92,2	44,2	62,5	148,8	6,4	64,7	107,4	13,7	24,7	10,7	112,0	15,7	140,2	20,7	25,2	131,7	31,2
FEBRERO	27,6	4,2	17,4	27,0	112,1	53,8	105,3	22,1	83,1	142,6	173,4	27,6	53,9	68,3	82,1	74,0	26,1	28,4	72,4	123,9	40,4
MARZO	53,2	123,6	38,4	109,9	134,2	84,9	136,1	51,4	71,9	149,1	142,3	128,9	123,2	75,0	95,4	34,0	119,9	76,9	143,8	76,9	14,5
ABRIL	102,9	115,7	57,9	106,9	113,8	124,8	79,5	55,4	105,9	54,6	38,9	13,9	126,3	116,3	168,4	88,3	163,8	128,9	127,5	53,5	168,2
MAYO	65,9	119,1	7,9	103,3	100,3	89,3	98,4	60,0	153,0	76,8	42,7	64,6	108,0	28,0	103,5	192,2	143,9	55,2	212,8	39,7	247,4
JUNIO	7,9	13,1	6,4	6,4	50,9	62,9	35,4	43,6	34,4	78,3	31,3	23,0	72,6	51,9	39,6	28,8	83,2	42,1	102,0	51,9	63,1
JULIO	10,2	23,7	21,0	35,2	14,9	18,3	47,0	2,2	36,1	14,3	78,7	30,2	23,5	25,8	41,6	13,4	12,0	25,3	68,4	26,8	134,9
AGOSTO	13,7	24,7	89,4	7,9	31,6	95,9	70,6	2,9	88,9	46,7	39,3	11,4	26,3	32,8	16,7	35,4	29,2	33,5	63,1	17,7	43,5
SEPTIEMBRE	18,8	66,7	79,7	47,8	37,4	42,5	77,5	28,8	110,0	84,3	71,5	84,0	61,7	60,6	63,1	58,3	23,1	5,1	40,3	10,8	85,4
OCTUBRE	166,1	29,6	17,6	33,6	83,2	99,3	118,2	64,3	153,4	161,2	113,8	33,4	84,2	177,2	135,4	145,4	97,0	230,0	183,3	180,5	223,8
NOVIEMBRE	71,7	211,0	190,3	201,0	154,5	75,8	48,4	54,2	106,3	211,2	80,8	53,0	36,0	194,8	131,9	53,0	170,5	152,2	152,6	75,9	232,4
DICIEMBRE	157,3	110,1	105,0	111,8	13,8	89,2	45,2	2,5	194,5	58,6	21,6	62,3	87,5	67,2	39,4	100,6	32,4	171,6	78,8	45,8	153,5
ANUAL	751,0	886,0	815,4	835,5	938,9	880,9	924,1	536,2	1143,9	1142,4	941,7	546,0	827,9	908,6	1029,1	839,1	1041,3	969,9	1270,2	835,1	1438,3

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MENSUAL PARA LA ESTACIÓN LA CONEJERA.

21202080		ESTACIÓN LA CONEJERA																			
PRECIPITACIÓN MENSUAL (1190-2010)																					
AÑO/MES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ENERO	51,8	29,2	1,3	45,8	77,5	27,5	18,9	146,4	24,6	51,6	32,2	52,4	42,3	13,1	64,4	43,0	55,2	12,5	27,6	52,8	17,9
FEBRERO	30,2	31,6	71,4	35,2	92,5	20,4	58,5	26,4	30,3	112,7	152,9	34,4	10,6	104,4	78,0	68,9	41,1	12,3	46,0	104,3	78,7
MARZO	49,9	136,0	62,8	41,4	113,6	78,1	162,7	63,0	61,2	98,2	124,1	105,6	98,7	73,8	61,8	63,8	93,0	140,3	108,8	137,9	11,7
ABRIL	88,2	85,1	74,4	79,2	93,0	153,1	80,7	105,3	73,5	68,0	28,3	18,5	111,5	115,2	176,8	91,1	218,0	94,9	132,3	36,6	106,5
MAYO	59,7	93,3	44,1	154,8	72,7	70,9	80,8	73,7	134,7	49,4	67,2	103,0	107,6	48,1	122,9	158,2	172,1	82,1	193,3	21,8	124,5
JUNIO	10,0	30,2	18,1	32,1	39,9	75,7	41,2	84,7	56,3	114,6	64,9	50,7	53,1	47,7	51,3	27,1	75,8	44,6	82,4	95,1	60,1
JULIO	21,9	23,2	9,2	55,6	29,4	44,0	66,1	4,2	46,5	25,5	54,5	30,5	20,3	36,8	91,1	40,6	21,2	26,5	61,7	52,3	179,4
AGOSTO	26,7	40,4	19,9	19,1	35,0	108,8	28,0	12,0	68,7	56,4	50,8	20,5	31,8	37,1	23,7	54,5	17,0	46,6	87,8	52,6	91,3
SEPTIEMBRE	29,5	12,7	44,6	44,4	29,8	9,4	51,2	61,7	104,5	85,7	147,2	84,8	37,0	69,3	64,9	85,7	28,1	20,3	66,0	34,1	117,8
OCTUBRE	183,0	25,0	20,1	60,5	89,7	72,3	107,3	91,0	149,7	160,5	98,4	30,5	87,3	132,6	184,7	169,1	112,2	173,3	115,8	164,3	158,6
NOVIEMBRE	46,8	45,1	86,9	145,7	85,7	107,6	34,0	92,7	77,0	97,2	75,9	66,4	18,1	156,1	189,8	97,1	114,7	132,2	193,4	82,3	200,3
DICIEMBRE	88,0	9,0	78,6	15,8	10,0	87,7	45,0	6,7	144,3	61,9	42,9	60,8	77,5	42,3	63,0	71,7	29,6	83,8	70,7	28,5	104,6
ANUAL	685,8	560,8	531,4	729,6	768,8	855,5	774,4	767,8	971,3	981,7	939,3	658,1	695,8	876,5	1172,4	970,8	978,0	869,4	1185,8	862,6	1251,4

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MENSUAL PARA LA ESTACIÓN C. UNIV AGROP-UDCA.

21206260	ESTACIÓN C. UNIV. AGROP-UDCA																				
	PRECIPITACIÓN MÍNIMA MENSUAL (1190-2010)																				
AÑO/MES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ENERO	95,7	41,0	34,5	44,0	19,6	14,3	32,8	95,7	14,9	32,6	22,3	1,4	12,7	8,6	20,4	47,6	58,3	14,9	16,1	53,7	43,3
FEBRERO	95,7	41,0	42,6	37,0	78,9	27,4	68,7	50,3	20,2	51,9	78,3	34,8	31,2	85,2	37,7	81,6	57,0	29,3	30,6	115,3	26,3
MARZO	58,7	113,1	29,5	45,4	101,8	56,1	117,3	58,9	50,3	107,3	90,5	56,9	81,2	74,5	54,9	44,3	108,9	100,2	82,2	76,5	16,9
ABRIL	86,3	28,5	87,6	142,0	65,7	75,6	64,5	69,6	75,4	51,6	36,1	14,8	83,6	118,7	225,0	58,4	70,8	109,3	46,7	52,6	196,6
MAYO	75,6	80,2	49,4	59,1	79,2	57,5	88,4	38,4	138,9	24,0	72,3	109,8	127,7	34,2	166,6	190,4	158,8	50,1	140,6	45,1	153,8
JUNIO	103,8	25,4	19,6	26,9	51,7	96,9	43,6	90,0	41,9	45,7	45,2	41,0	71,0	62,6	60,4	30,0	93,1	57,3	86,7	62,3	97,0
JULIO	81,3	69,1	28,4	61,1	48,2	39,1	63,0	26,5	86,2	18,5	43,0	38,0	30,1	49,0	64,6	59,8	33,4	17,6	91,6	41,2	172,7
AGOSTO	54,3	77,4	34,2	38,1	60,3	87,2	45,4	36,8	41,5	50,5	39,2	69,9	48,4	22,8	48,0	22,3	36,8	49,0	65,3	24,2	69,4
SEPTIEMBRE	78,9	28,2	20,5	45,6	38,3	13,4	51,1	22,3	85,5	119,1	91,3	92,2	41,3	67,3	61,5	54,6	54,4	11,3	46,6	22,3	96,2
OCTUBRE	137,0	41,2	9,8	44,6	72,4	70,6	100,6	36,9	101,8	121,9	165,3	35,3	46,1	123,7	158,7	162,9	102,8	224,5	85,3	206,8	110,7
NOVIEMBRE	73,5	87,9	109,0	138,4	86,4	110,1	36,2	45,5	70,0	119,2	48,9	86,7	30,3	179,7	107,9	67,2	94,3	121,4	108,7	78,0	181,7
DICIEMBRE	108,2	53,5	152,3	1,0	12,3	88,5	37,0	2,6	94,1	39,3	5,4	51,8	72,5	96,9	17,0	41,7	22,6	27,1	29,7	28,4	108,4
ANUAL	1049,1	686,5	617,4	683,2	714,8	736,7	748,6	573,5	820,7	781,6	737,8	632,6	676,1	923,2	1022,7	860,8	891,2	812,0	830,1	806,4	1273,0

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MENSUAL PARA LA ESTACIÓN JARDÍN BOTÁNICO.

21205710	ESTACIÓN JARDÍN BOTÁNICO																				
	PRECIPITACIÓN MÍNIMA MENSUAL (1190-2010)																				
AÑO/MES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ENERO	62,5	37,8	137,4	47,9	63,1	28,7	58,5	108,3	26,8	82,9	66,8	70,4	62,5	6,1	6,1	55,1	119,1	5,2	73,9	78,1	30,7
FEBRERO	44,9	3,9	24,5	50,0	94,5	33,9	63,7	17,3	63,5	171,8	200,2	33,9	68,6	43,6	43,5	62,5	43,3	49,9	67,0	112,7	44,3
MARZO	58,2	75,2	37,8	78,3	116,5	73,0	36,6	51,8	88,0	135,3	124,9	105,1	72,5	50,4	50,3	68,3	179,1	85,7	144,1	149,8	28,8
ABRIL	143,3	106,5	53,6	137,7	90,8	117,8	74,6	90,4	112,5	82,7	85,5	21,2	306,3	141,2	116,0	110,6	262,9	164,4	112,5	89,7	229,2
MAYO	104,4	64,2	60,5	149,7	84,1	72,6	132,9	64,7	191,3	95,1	87,6	119,0	121,6	24,7	136,9	227,2	208,6	119,9	212,9	17,4	222,9
JUNIO	10,4	6,8	14,1	19,5	47,5	78,5	58,7	97,7	53,6	137,0	103,3	49,3	139,3	67,3	72,4	49,8	117,4	71,3	135,3	68,9	99,9
JULIO	33,2	22,5	37,3	55,3	30,8	33,8	83,1	29,3	65,7	59,8	106,5	41,0	34,5	41,5	42,5	20,0	30,3	50,5	23,8	29,3	190,5
AGOSTO	39,6	26,0	44,1	30,6	42,3	97,3	74,0	18,2	101,6	61,3	45,9	26,4	19,5	79,4	35,8	44,0	41,8	50,2	86,5	34,2	55,2
SEPTIEMBRE	90,9	43,1	81,5	50,8	35,2	21,8	84,9	65,3	199,7	139,1	121,2	105,0	68,3	74,8	85,7	62,3	35,4	17,2	48,3	28,0	82,4
OCTUBRE	219,9	20,6	58,8	41,7	81,8	80,7	111,5	57,8	141,0	212,6	136,9	30,7	106,6	81,5	190,3	225,4	195,8	266,9	183,0	140,3	174,4
NOVIEMBRE	130,4	145,9	173,4	198,7	108,9	97,8	39,7	104,6	132,3	135,2	74,0	118,8	91,2	129,7	140,2	81,2	142,6	140,0	185,8	60,4	220,3
DICIEMBRE	165,6	64,5	76,4	71,2	12,0	88,5	30,1	9,9	179,0	86,9	28,0	50,6	98,2	17,8	33,4	109,9	64,5	144,6	94,6	78,2	180,2
ANUAL	1103,3	617,0	799,4	931,4	807,5	824,4	848,3	715,3	1355,0	1399,7	1180,8	771,4	1189,1	758,0	953,1	1116,3	1440,8	1165,9	1367,7	887,0	1558,8

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MENSUAL PARA LA ESTACIÓN EL HATO.

21201210	ESTACIÓN EL HATO																				
	PRECIPITACIÓN MÍNIMA MENSUAL (1190-2010)																				
AÑO/MES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ENERO	25,3	8,9	16,8	10,3	24,0	0,7	21,1	31,6	16,4	30,9	14,0	27,2	3,5	1,3	10,9	17,1	23,4	8,7	28,5	14,5	17,0
FEBRERO	35,1	18,9	20,1	21,9	64,5	31,2	66,6	17,1	24,9	108,6	57,2	14,8	9,6	51,3	35,8	33,3	7,5	16,1	43,0	67,2	27,0
MARZO	79,5	153,3	31,5	51,6	113,5	54,5	68,4	39,1	63,0	62,1	69,3	72,4	80,3	47,7	89,8	26,3	100,9	132,9	80,5	77,5	26,6
ABRIL	155,8	76,6	34,7	102,1	98,3	67,8	40,9	148,3	70,6	99,0	24,4	4,1	181,4	84,2	135,1	47,9	175,2	176,7	93,1	24,8	212,5
MAYO	69,9	53,9	53,3	113,8	62,6	96,8	90,0	27,9	152,9	47,7	60,9	144,2	69,0	54,6	140,1	137,7	113,8	86,4	149,2	22,9	99,0
JUNIO	41,2	22,8	19,7	52,5	36,5	61,6	78,7	62,1	66,2	50,4	56,5	69,1	74,8	62,8	41,1	53,2	99,5	84,6	64,2	93,4	69,1
JULIO	34,7	57,7	53,4	69,7	26,4	45,2	66,8	33,2	90,8	36,1	41,6	30,8	23,1	61,1	66,0	29,3	49,0	13,3	89,9	24,3	158,5
AGOSTO	33,7	48,9	39,6	31,9	49,1	109,4	41,0	19,7	51,7	85,4	56,8	33,9	35,1	23,9	26,7	68,2	25,7	71,2	71,0	29,0	65,0
SEPTIEMBRE	51,8	96,0	43,6	55,6	40,5	16,6	46,2	42,0	107,4	86,7	114,1	74,9	38,5	99,1	73,5	71,5	29,1	57,2	73,9	17,0	88,0
OCTUBRE	132,8	42,7	50,2	63,4	95,7	81,6	68,5	70,3	116,3	143,7	82,1	33,8	63,6	129,9	125,0	190,9	96,7	142,5	78,2	71,0	69,0
NOVIEMBRE	61,6	96,6	76,2	108,9	155,4	36,9	55,9	64,2	65,0	108,8	25,4	25,1	29,9	84,8	89,3	41,7	63,0	59,5	145,6	27,5	136,0
DICIEMBRE	67,1	50,3	42,1	21,0	9,0	59,2	47,2	9,2	82,3	35,8	15,5	60,7	54,0	54,3	6,4	26,9	28,9	70,8	34,5	7,0	55,5
ANUAL	788,5	726,6	481,2	702,7	775,5	661,5	691,3	564,7	907,5	895,2	617,8	591,0	662,8	755,0	839,7	744,0	812,7	919,9	951,6	476,1	1023,2

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MENSUAL PARA LA ESTACIÓN TABIO GRANJA.

21201630	ESTACIÓN TABIO GRANJA																				
	PRECIPITACIÓN MÍNIMA MENSUAL (1190-2010)																				
AÑO/MES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ENERO	43,8	12,5	14,1	27,2	120,3	10,8	116,2	72,0	44,8	90,8	40,2	18,5	21,8	6,5	24,1	13,5	90,5	32,8	68,0	66,6	6,1
FEBRERO	37,2	17,8	20,1	44,2	132,5	13,9	51,4	6,9	50,2	154,5	60,6	43,4	16,0	30,7	55,7	52,7	70,5	38,5	78,5	62,7	17,0
MARZO	85,8	94,9	42,6	44,8	78,8	92,8	120,7	35,3	69,2	73,8	102,6	59,5	72,5	58,6	20,8	31,4	90,5	63,8	121,3	51,2	42,6
ABRIL	111,8	44,2	42,3	121,5	119,0	120,5	74,3	116,9	102,4	95,1	41,6	4,0	95,8	102,3	108,8	78,0	212,9	143,5	103,8	55,4	255,4
MAYO	116,6	32,2	23,7	155,2	81,9	109,4	99,3	32,7	97,2	28,9	70,0	96,1	91,9	44,9	119,3	181,5	183,7	87,6	203,1	18,8	166,7
JUNIO	38,8	12,9	22,0	60,2	46,1	48,9	71,6	68,4	10,1	72,2	58,0	32,8	56,3	51,0	47,2	77,8	99,4	69,5	81,6	70,8	87,0
JULIO	39,8	19,8	58,7	70,3	80,7	67,1	114,1	36,1	94,0	32,0	98,3	32,3	36,6	60,8	45,1	47,3	48,5	42,8	113,3	29,9	176,5
AGOSTO	29,0	22,3	31,6	28,4	61,1	109,6	59,5	27,7	45,2	101,1	41,4	27,4	40,5	35,4	42,2	76,0	40,0	80,3	109,5	24,1	55,4
SEPTIEMBRE	30,9	46,5	54,1	65,1	63,8	28,7	41,4	40,2	117,7	135,7	140,9	69,8	47,2	60,3	120,6	88,8	40,1	27,1	84,7	46,9	109,4
OCTUBRE	228,9	51,4	23,1	161,0	129,2	72,8	138,6	48,3	151,4	160,2	40,1	38,4	102,4	117,8	133,9	128,3	109,8	167,4	94,2	105,5	170,1
NOVIEMBRE	35,1	190,4	180,9	170,1	138,4	30,1	85,0	91,8	63,4	90,9	44,1	54,7	37,2	96,4	177,0	108,0	106,1	96,3	171,3	35,5	212,6
DICIEMBRE	65,8	51,7	85,2	2,8	24,3	42,0	97,2	4,0	143,1	54,8	14,6	71,4	77,1	84,0	14,8	72,5	111,8	104,4	73,7	23,6	73,4
ANUAL	863,5	596,6	598,4	950,8	1076,1	746,6	1069,3	580,3	988,7	1090,0	752,4	548,3	695,3	748,7	909,5	955,8	1203,8	954,0	1303,0	591,0	1372,2

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MENSUAL PARA LA ESTACIÓN LA ESPERANZA.

21201140	ESTACIÓN LA ESPERANZA																				
	PRECIPITACIÓN MÍNIMA MENSUAL (1190-2010)																				
AÑO/MES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ENERO	29,8	9,2	68,3	19,3	44,0	5,2	49,7	35,1	4,5	58,7	8,0	64,2	18,3	0,4	4,4	16,0	35,3	20,9	25,4	20,0	32,5
FEBRERO	46,2	3,5	26,0	35,7	81,4	33,0	36,7	13,5	58,9	58,5	113,6	17,9	11,0	9,2	9,7	23,3	18,4	17,7	46,9	48,0	40,1
MARZO	71,1	113,1	15,9	66,0	116,4	103,0	99,1	28,8	30,5	54,5	53,5	137,8	78,7	24,3	5,1	17,9	78,0	56,0	99,3	118,6	9,7
ABRIL	170,4	126,4	23,3	63,8	101,1	124,0	85,0	68,0	52,3	58,1	50,4	15,2	117,7	41,4	14,6	84,5	207,2	94,7	105,9	45,9	124,3
MAYO	85,7	54,2	77,2	104,9	62,4	98,0	69,3	54,1	129,2	51,5	60,5	102,8	63,1	4,6	11,0	131,5	187,4	73,5	161,1	10,6	173,5
JUNIO	17,2	17,4	25,5	22,3	38,3	72,0	84,5	46,8	41,4	54,6	51,9	36,7	48,2	30,7	4,3	23,9	55,8	62,1	73,5	124,1	92,6
JULIO	39,6	57,2	26,8	41,1	27,1	77,2	59,9	9,3	46,9	9,7	90,3	37,5	25,7	22,9	1,7	33,6	18,8	37,6	94,8	23,0	188,1
AGOSTO	41,4	31,6	34,6	29,0	32,6	112,5	63,0	13,3	35,0	50,5	42,5	25,2	22,8	19,9	28,2	48,5	10,1	43,7	86,8	33,5	81,8
SEPTIEMBRE	27,4	51,9	22,1	83,4	18,9	36,5	76,4	12,2	45,8	79,8	106,0	67,3	72,6	26,6	54,5	76,1	34,1	18,1	76,2	12,6	146,1
OCTUBRE	140,4	51,4	11,7	28,3	87,4	67,5	155,2	47,6	139,8	120,7	43,7	26,2	77,8	20,1	186,0	139,6	121,8	165,6	134,0	120,0	74,6
NOVIEMBRE	101,3	89,7	104,8	187,2	102,6	48,2	40,5	70,0	41,0	97,7	63,9	15,5	49,2	17,0	46,1	65,3	80,4	49,9	177,1	95,8	212,1
DICIEMBRE	61,0	16,2	18,9	59,5	32,6	60,4	46,8	80,9	47,8	72,8	20,6	68,3	38,2	7,7	49,7	44,3	22,4	41,7	13,3	7,0	126,4
ANUAL	831,5	621,8	455,2	740,5	744,8	837,5	866,1	479,6	673,1	767,1	704,9	614,6	623,3	224,8	415,3	704,5	869,7	681,5	1094,3	659,1	1301,8

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MENSUAL PARA LA ESTACIÓN EL IDEAM KRA 10.

21201600	ESTACIÓN SEDE IDEAM KRA 10																				
	PRECIPITACIÓN MÍNIMA MENSUAL (1190-2010)																				
AÑO/MES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ENERO	91,0	68,0	74,7	70,7	170,4	9,6	68,3	267,0	15,6	96,8	85,8	30,2	45,2	51,7	35,2	51,3	154,0	19,6	26,0	113,6	24,1
FEBRERO	91,1	20,4	32,8	101,4	85,0	55,5	66,4	11,5	72,9	163,6	198,7	74,1	35,2	64,3	119,9	83,4	64,4	23,5	49,7	147,5	11,3
MARZO	64,9	133,9	67,9	108,2	164,0	137,1	123,0	43,3	108,2	92,7	125,3	141,2	104,4	135,4	57,1	29,6	161,0	70,9	148,9	141,3	32,6
ABRIL	132,6	64,7	67,9	94,2	100,8	97,9	61,0	49,2	88,1	101,1	110,7	62,6	203,6	139,3	171,7	76,9	206,9	170,0	71,0	101,3	305,8
MAYO	147,1	83,4	43,5	145,0	123,1	128,1	141,7	49,8	200,5	71,0	57,1	65,1	129,1	22,0	99,5	244,2	178,7	57,3	201,9	67,4	274,8
JUNIO	34,3	34,4	17,8	40,8	46,8	83,8	37,9	70,3	44,2	89,6	50,7	47,8	115,4	47,1	90,8	33,5	126,6	53,4	84,8	38,4	103,4
JULIO	29,5	61,1	68,9	65,7	71,0	31,5	95,6	80,2	71,5	25,6	63,4	45,7	33,8	42,8	28,5	24,0	25,1	38,2	83,3	42,2	153,4
AGOSTO	47,2	91,9	37,3	23,0	56,6	56,5	49,5	32,6	69,1	48,4	57,0	25,4	58,6	18,9	54,2	31,4	58,4	41,4	103,6	32,0	45,7
SEPTIEMBRE	25,9	63,2	60,8	44,0	34,3	34,5	43,6	37,9	68,2	75,6	137,2	84,5	56,5	81,8	52,8	102,7	17,5	6,2	48,6	18,8	65,0
OCTUBRE	196,9	34,3	26,1	72,4	100,7	62,0	158,5	72,1	109,6	217,1	130,4	60,6	101,3	191,0	137,3	185,9	126,4	248,9	140,1	156,9	198,8
NOVIEMBRE	87,4	193,5	171,7	169,9	169,2	105,5	104,3	111,4	133,9	172,3	41,6	103,5	56,1	214,3	154,8	133,1	175,9	148,4	230,3	98,2	330,2
DICIEMBRE	155,2	92,4	56,6	43,1	23,5	157,2	64,5	3,1	152,5	103,0	7,9	63,9	104,8	44,5	75,6	121,0	90,2	187,3	146,7	43,4	206,5
ANUAL	1103,1	941,2	726,0	978,4	1145,4	959,2	1014,3	828,4	1134,3	1256,8	1065,8	804,6	1044,0	1053,1	1077,4	1117,0	1385,1	1065,1	1334,9	1001,0	1751,6

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MENSUAL PARA LA ESTACIÓN PROVIDENCIA GRANJA.

21205980	ESTACIÓN PROVIDENCIA GRANJA																				
	PRECIPITACIÓN MÍNIMA MENSUAL (1190-2010)																				
AÑO/MES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ENERO	60,4	21,5	28,8	31,8	44,0	5,4	46,8	50,4	1,6	58,2	16,1	39,7	4,7	0,8	55,5	14,9	43,3	9,8	24,0	41,5	5,5
FEBRERO	56,1	37,6	42,3	26,8	93,9	34,5	29,8	14,7	62,4	109,2	93,5	29,3	17,0	50,9	55,2	27,1	28,4	13,9	39,2	59,3	49,2
MARZO	59,7	138,7	10,1	61,9	103,2	75,0	95,1	65,8	37,5	91,8	81,2	118,6	111,0	84,2	83,4	49,2	117,6	56,0	93,9	129,9	15,2
ABRIL	157,6	93,3	38,9	106,9	101,1	80,3	114,9	73,9	75,4	76,5	39,0	17,3	132,7	137,2	156,6	81,4	148,9	117,4	116,0	83,3	134,6
MAYO	95,3	72,8	60,5	98,4	72,1	127,5	86,6	60,1	150,2	91,6	76,4	136,0	83,4	48,4	105,0	132,1	229,2	102,7	117,2	39,2	133,3
JUNIO	17,2	25,7	27,7	35,1	54,1	61,6	105,6	82,4	50,1	140,2	53,9	35,9	61,3	66,6	48,4	33,7	113,8	86,3	111,3	92,0	126,3
JULIO	53,9	51,3	47,9	44,4	24,5	57,6	79,5	31,8	76,4	28,1	84,8	37,7	23,0	37,1	59,8	58,6	26,3	43,1	84,5	29,7	195,2
AGOSTO	29,8	29,9	42,2	23,1	43,0	112,5	38,4	9,5	46,5	61,7	57,5	16,6	21,3	27,3	26,6	80,3	18,1	72,6	90,0	39,6	78,9
SEPTIEMBRE	44,9	42,3	49,1	94,9	28,9	68,7	51,0	17,9	74,9	99,9	138,7	70,8	59,3	58,9	141,2	89,1	40,3	27,5	55,5	20,5	75,7
OCTUBRE	135,3	26,0	7,9	44,1	114,2	62,8	144,5	52,6	133,3	131,7	79,7	19,2	89,1	94,4	158,5	231,7	129,5	191,7	117,1	127,5	91,1
NOVIEMBRE	111,9	135,4	115,1	185,9	140,9	32,1	54,5	78,0	77,0	92,5	39,4	35,5	33,6	104,4	68,5	57,9	81,2	64,8	161,2	68,1	149,7
DICIEMBRE	61,4	29,1	81,2	26,6	3,9	88,5	38,6	0,2	79,3	112,3	21,9	104,9	42,2	46,0	52,2	50,4	46,6	91,2	23,2	8,8	81,6
ANUAL	883,5	703,6	551,7	779,9	823,8	806,5	885,3	537,3	864,6	1093,7	782,1	661,5	678,6	756,2	1010,9	906,4	1023,2	877,0	1033,1	739,4	1136,3

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MENSUAL PARA LA ESTACIÓN EL ROBLE.

21201550	ESTACIÓN EL ROBLE																				
	PRECIPITACIÓN MÍNIMA MENSUAL (1190-2010)																				
AÑO/MES	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ENERO	55,0	6,6	28,8	29,1	29,2	5,3	47,2	46,8	12,1	55,1	22,4	32,4	3,0	12,5	49,8	8,5	34,4	33,6	31,3	21,4	16,2
FEBRERO	91,0	21,2	44,7	45,2	136,2	37,5	43,7	12,4	42,3	107,2	95,8	9,5	15,8	14,8	58,8	39,9	28,9	12,6	55,2	64,4	48,9
MARZO	30,5	129,6	9,5	80,1	111,7	94,7	101,0	69,7	46,6	65,7	44,1	82,0	121,0	88,9	72,3	50,3	167,8	55,7	93,6	180,8	27,0
ABRIL	95,2	173,2	57,3	94,0	95,2	100,7	51,2	58,7	75,6	54,8	49,0	268,0	160,5	114,9	158,6	64,9	236,1	129,4	100,2	38,3	140,6
MAYO	89,4	70,5	60,6	114,9	81,8	76,2	98,7	66,1	144,0	89,4	73,0	139,1	83,3	38,3	92,7	92,5	242,8	85,1	116,6	42,1	154,5
JUNIO	18,2	17,7	19,7	37,4	45,4	68,0	91,5	50,0	49,1	88,3	66,9	30,7	62,0	81,1	47,1	112,3	88,6	78,7	109,4	63,5	107,8
JULIO	31,0	48,1	53,6	31,9	21,3	54,8	57,5	28,8	75,0	28,3	71,5	40,7	13,7	34,0	46,2	15,3	12,1	36,7	95,7	55,5	217,8
AGOSTO	17,0	21,4	11,2	17,3	40,0	119,0	55,1	8,6	43,7	59,2	72,2	17,5	18,3	39,2	22,4	31,4	38,5	73,7	0,7	23,1	79,6
SEPTIEMBRE	43,0	41,8	49,5	76,8	21,7	57,6	47,6	13,4	81,4	82,0	137,8	82,4	57,4	48,6	84,5	44,7	56,7	23,3	41,4	22,2	76,6
OCTUBRE	111,6	40,9	7,2	60,0	80,5	49,4	154,1	60,7	164,0	134,3	80,2	24,6	117,3	122,1	67,7	104,3	95,2	146,0	156,7	131,0	90,4
NOVIEMBRE	167,7	113,0	97,9	178,4	151,5	52,9	50,5	48,5	83,4	74,1	26,9	20,5	43,9	90,6	33,3	79,2	0,5	74,8	146,8	122,7	208,6
DICIEMBRE	58,7	32,9	81,0	52,2	3,2	104,6	55,7	51,1	66,3	72,9	21,0	89,9	33,1	49,8	19,9	13,4	0,6	84,3	60,0	10,8	111,4
ANUAL	808,3	716,9	521,0	817,3	817,7	820,7	853,8	514,8	883,5	911,3	760,8	837,3	729,3	734,8	753,3	656,7	1002,2	833,9	1007,6	775,8	1279,4

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

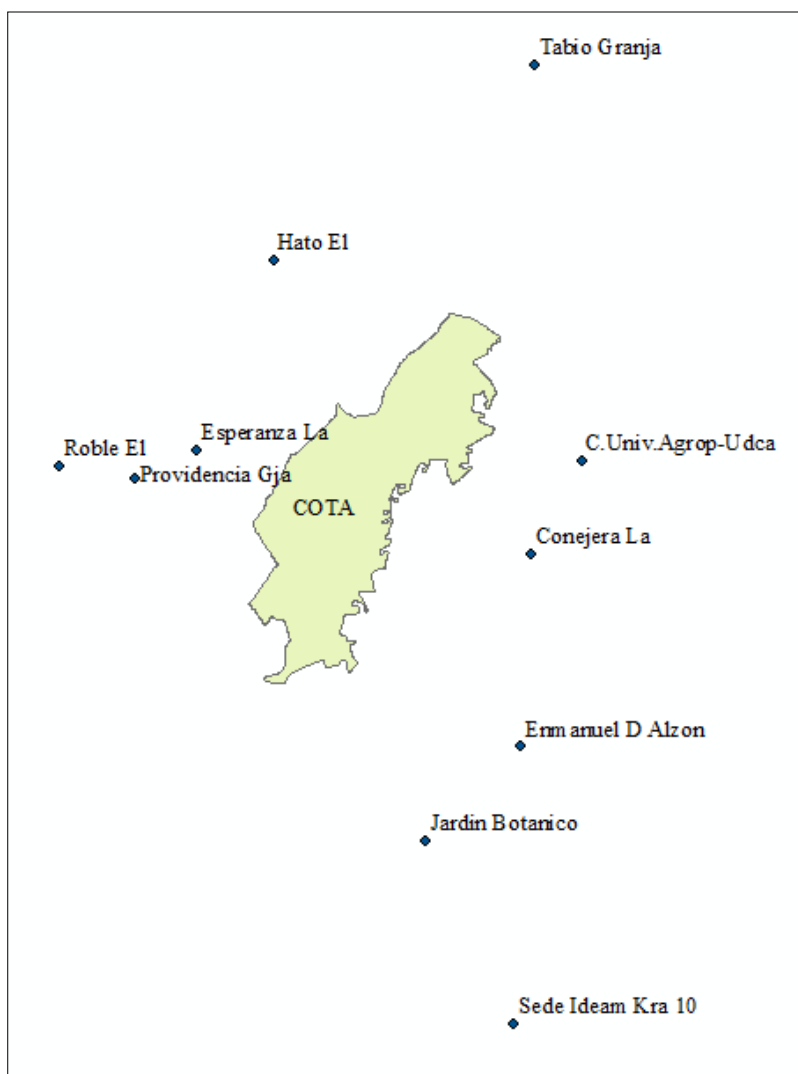
<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

### Anexo 3

*Análisis de precipitación de la cuenca en el municipio de Cota - La Moya, Gimnasio Jireh.*

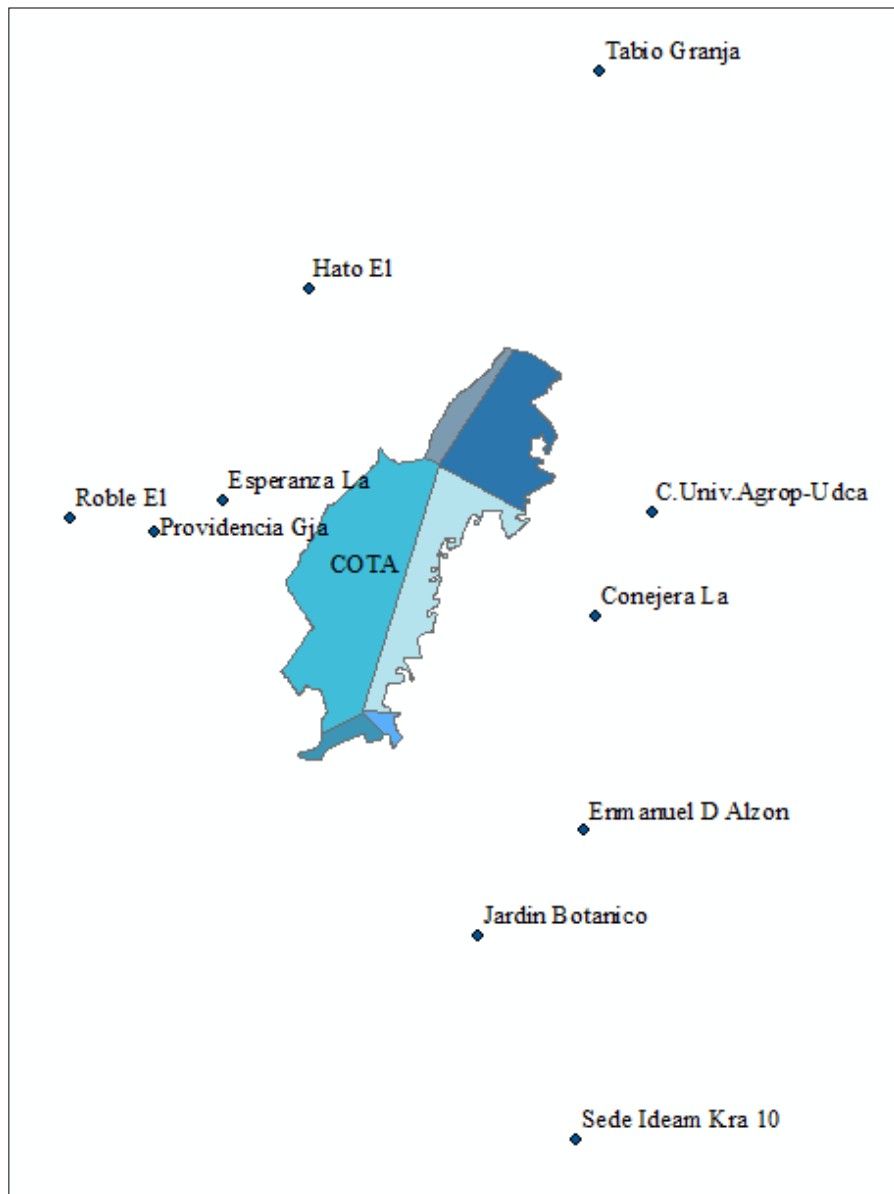
*Programa ARGIS*

Ubicación de las estaciones hidrológicas, con respecto a la zona de estudio. Municipio de Cota, Cundinamarca.



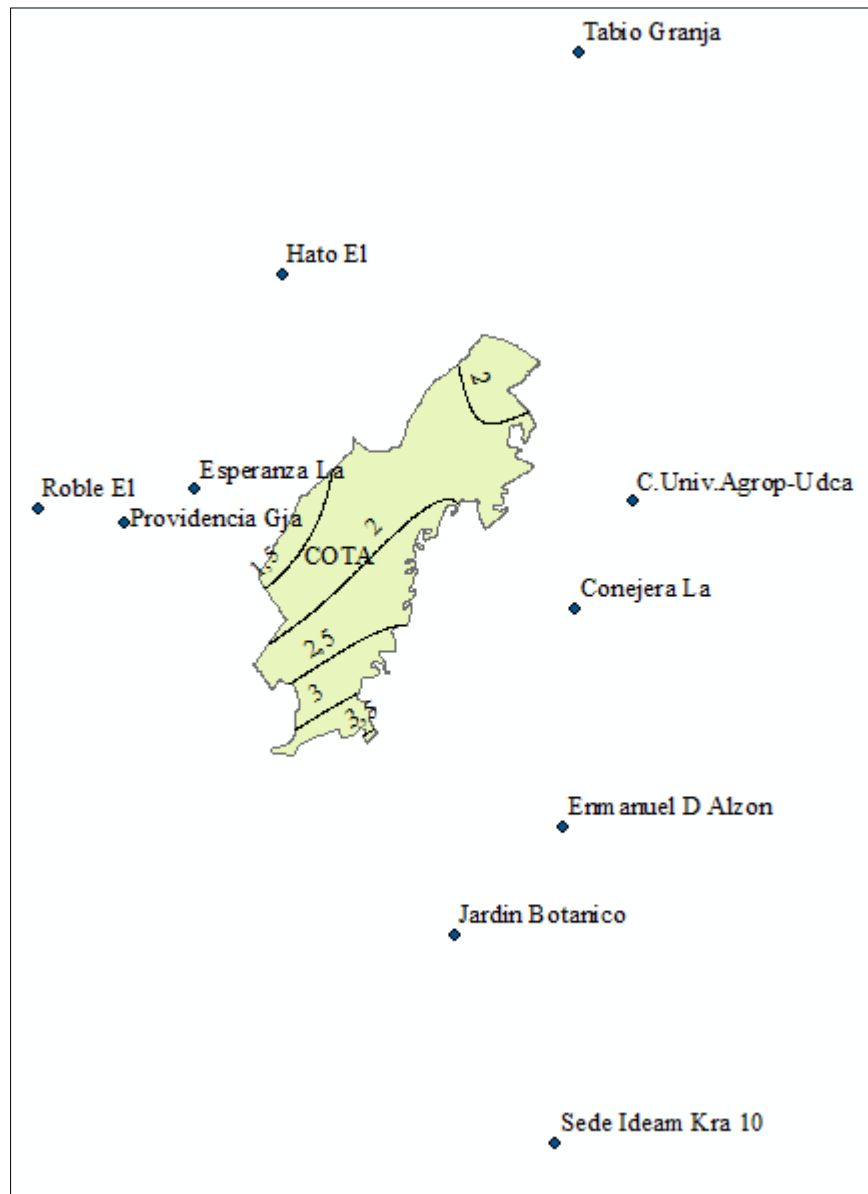
*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5. Escala. 1.250.000.

Esquema utilizado para el cálculo de la precipitación por el método de los Polígonos de Thiessen.



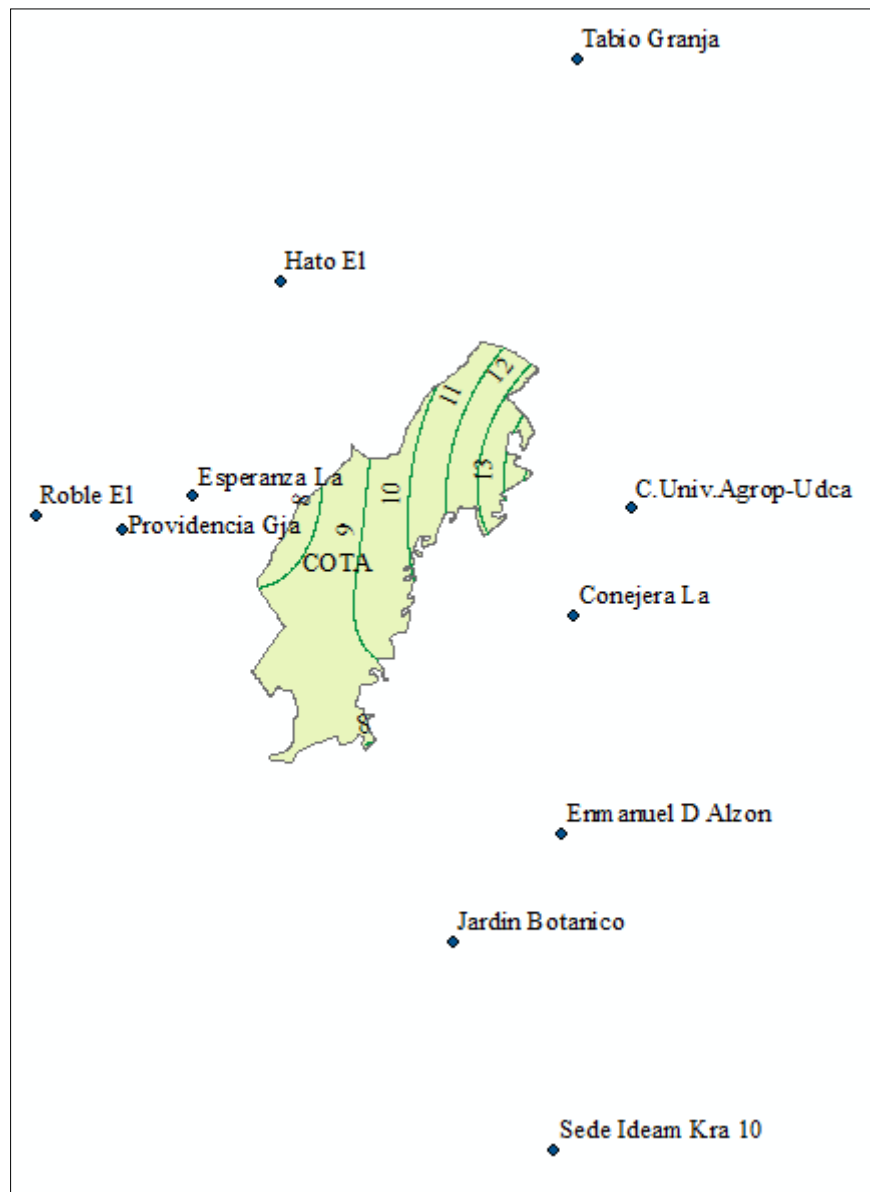
*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5.

Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación mínima multi-mensual del mes de enero, por medio del Método de Isoyetas.



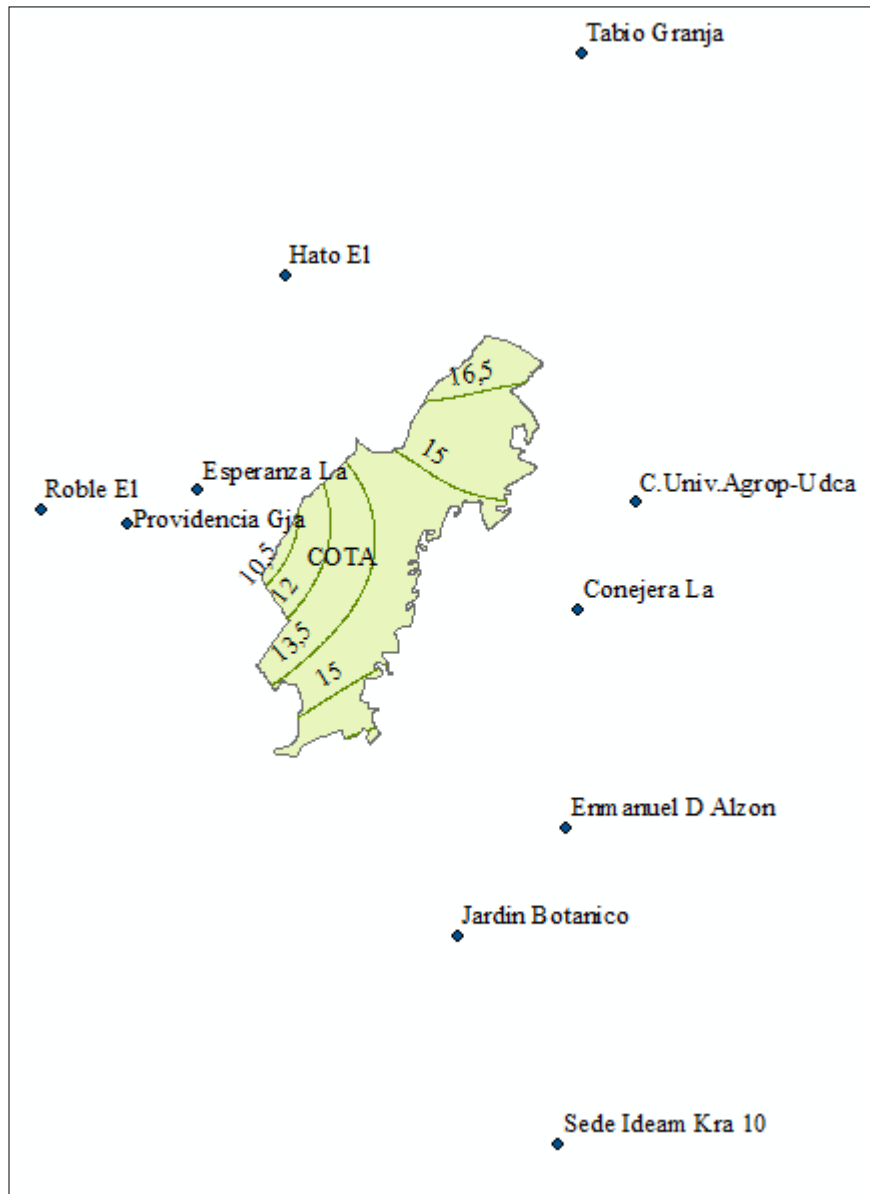
*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5.

Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación mínima multi-mensual del mes de febrero, por medio del Método de Isoyetas.



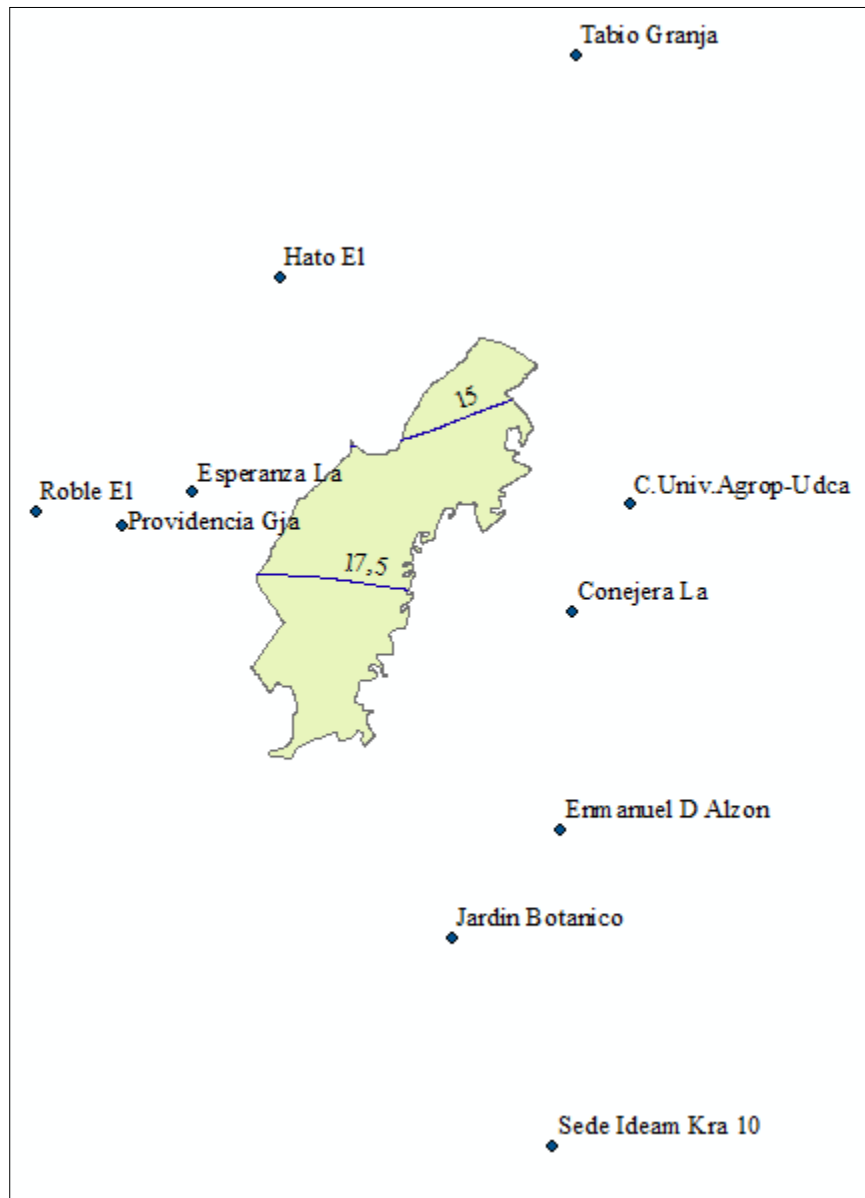
*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5.

Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación mínima multi-mensual del mes de marzo, por medio del Método de Isoyetas.



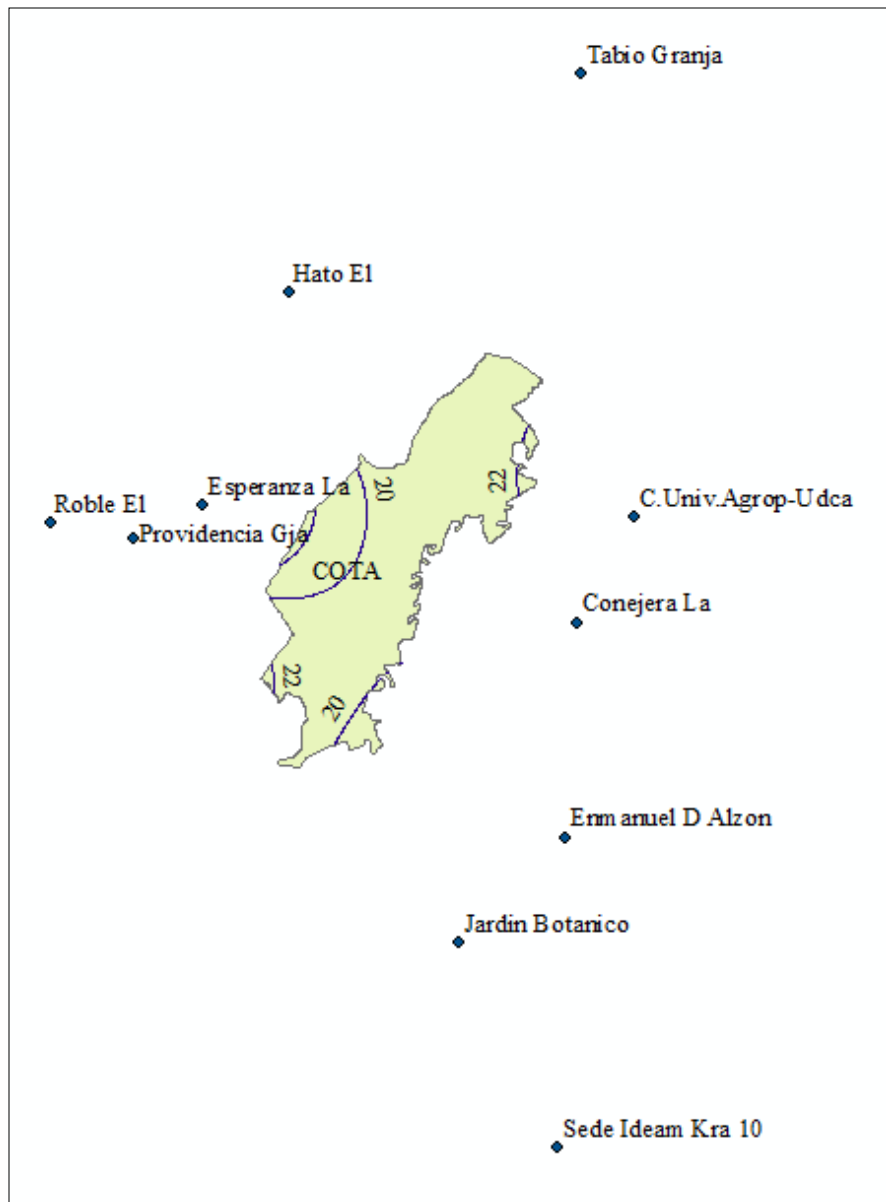
*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5.

Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación mínima multi-mensual del mes de abril, por medio del Método de Isoyetas.



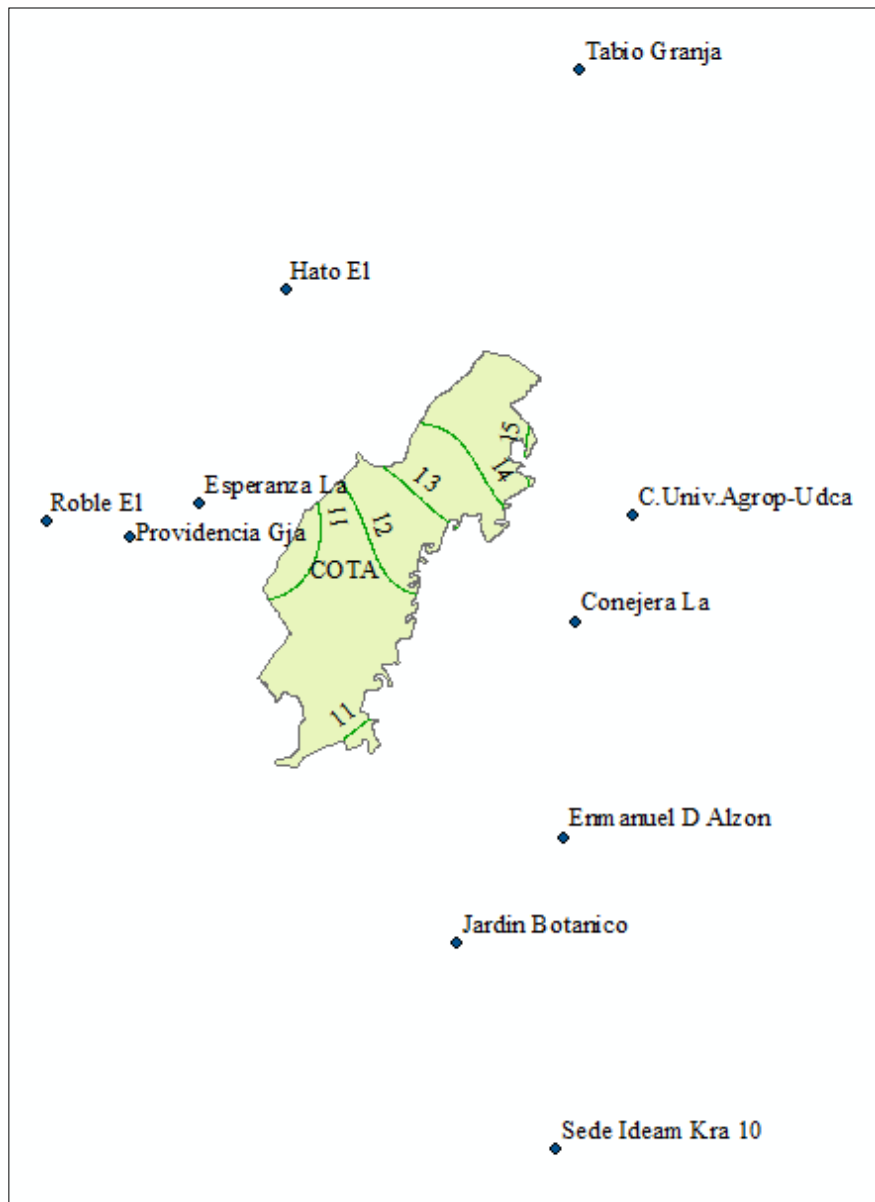
*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5.

Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación mínima multi-mensual del mes de mayo, por medio del Método de Isoyetas.



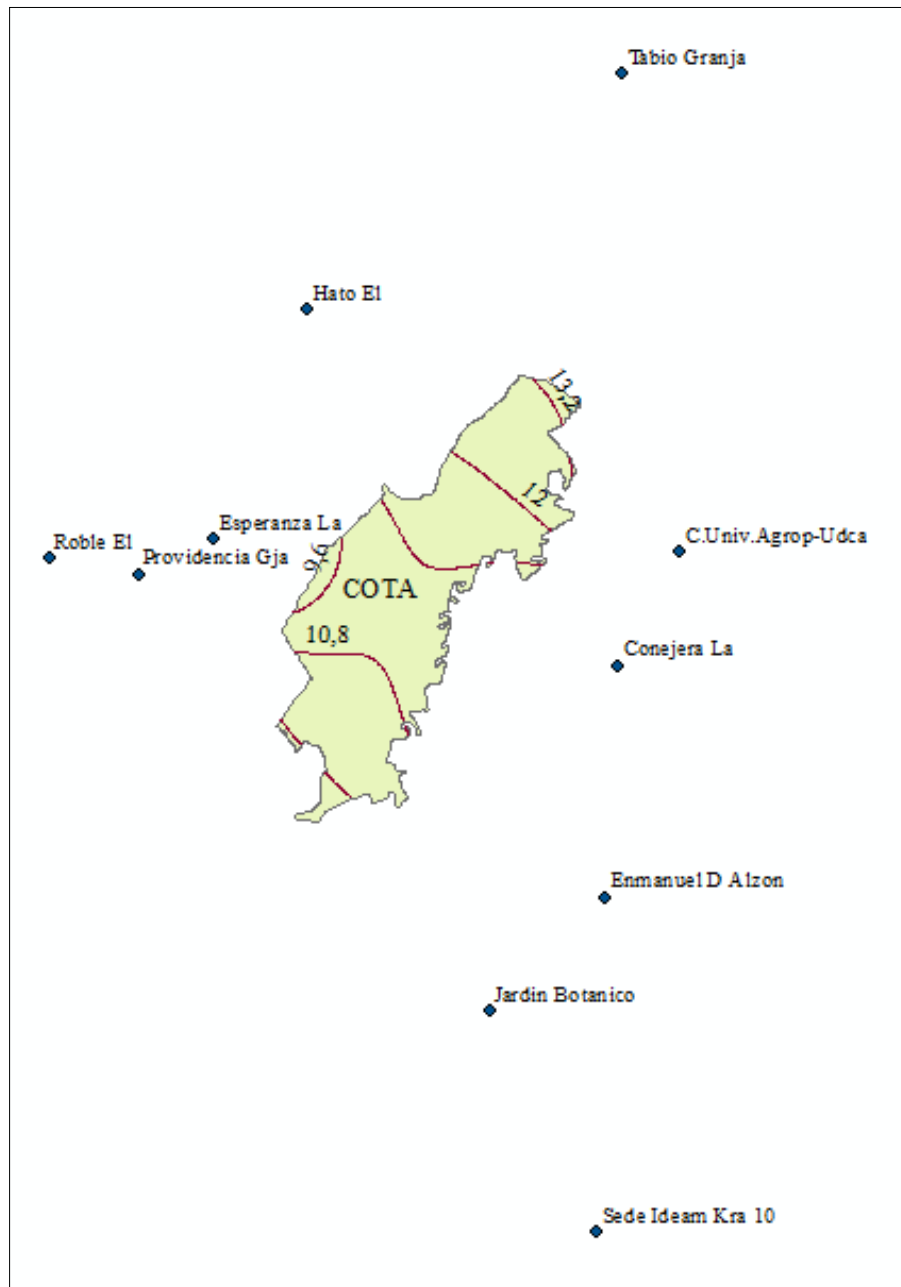
*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5.

Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación mínima multi-mensual del mes de junio, por medio del Método de Isoyetas.



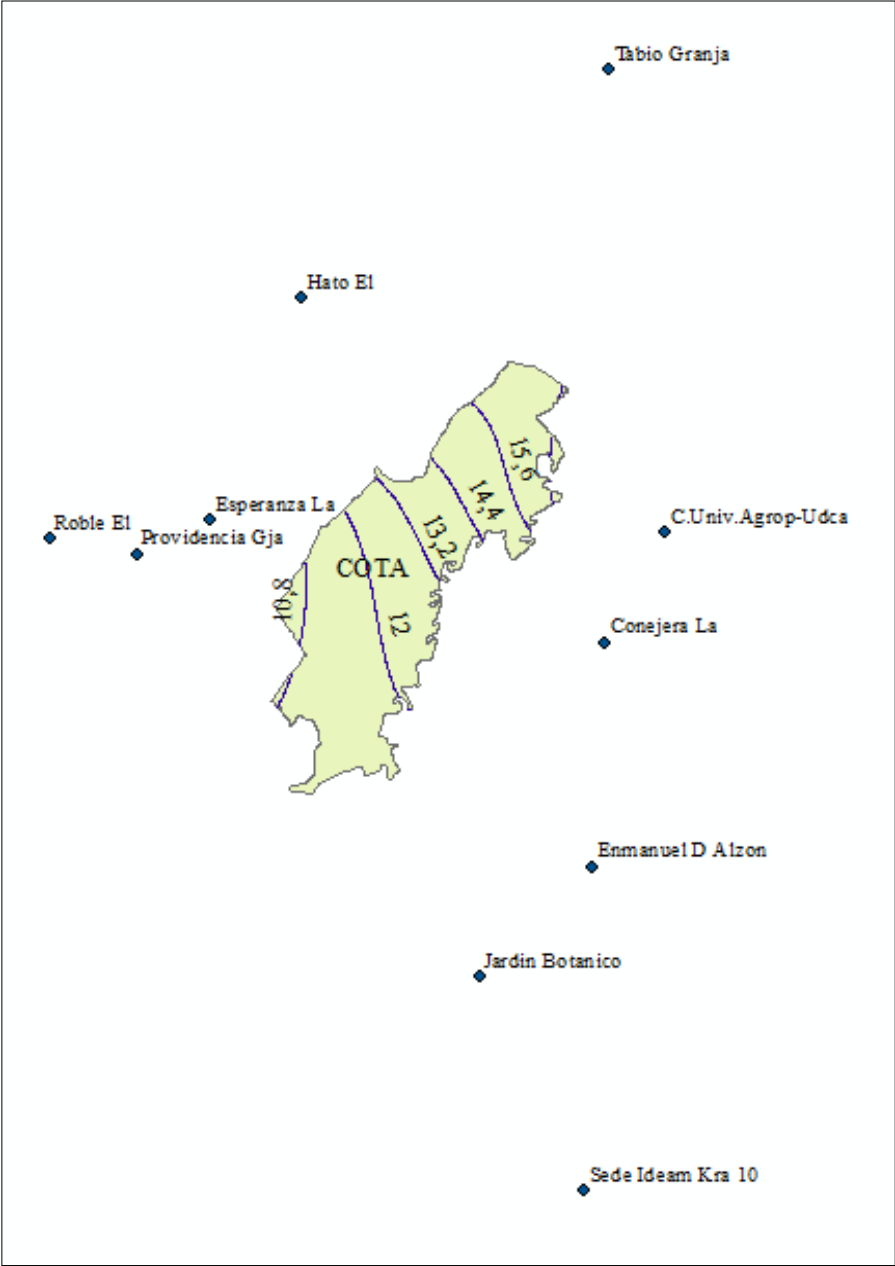
*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5.

Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación mínima multi-mensual del mes de julio, por medio del Método de Isoyetas.



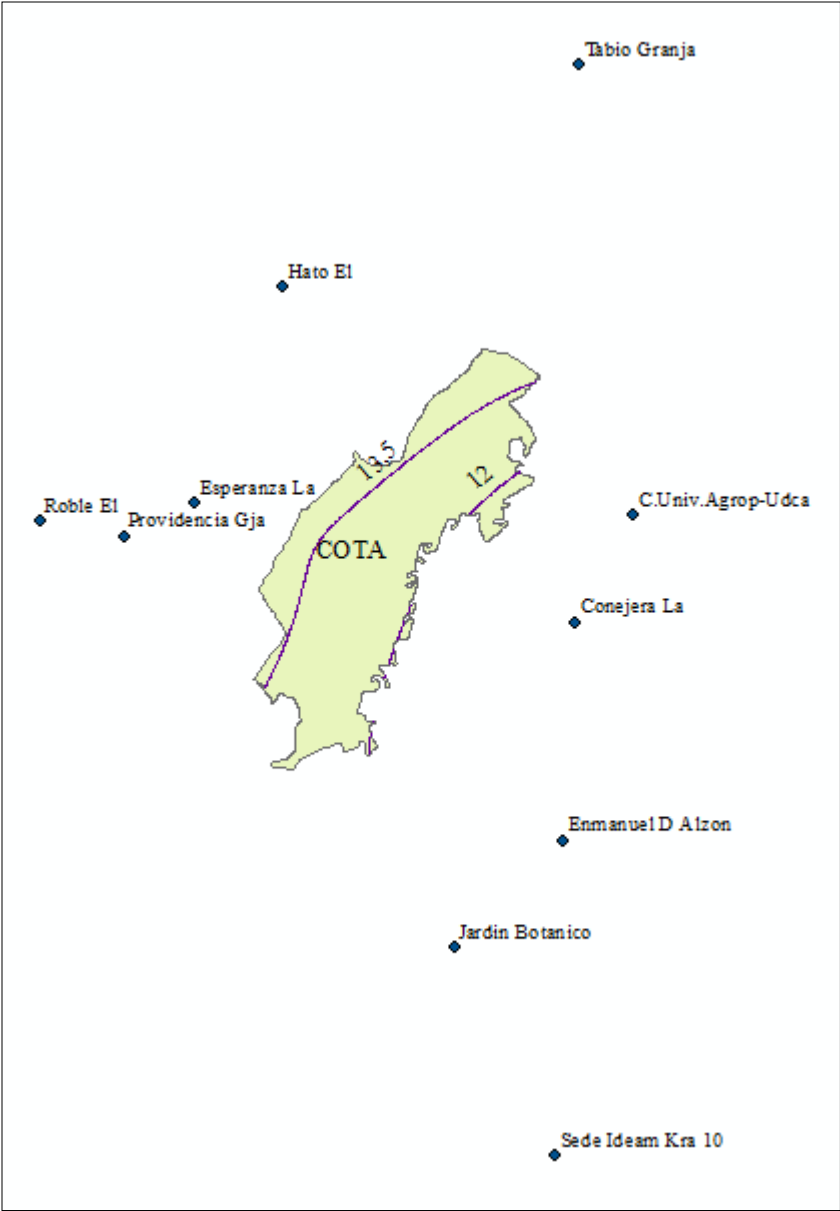
*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5.

Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación mínima multi-mensual del mes de agosto, por medio del Método de Isoyetas.



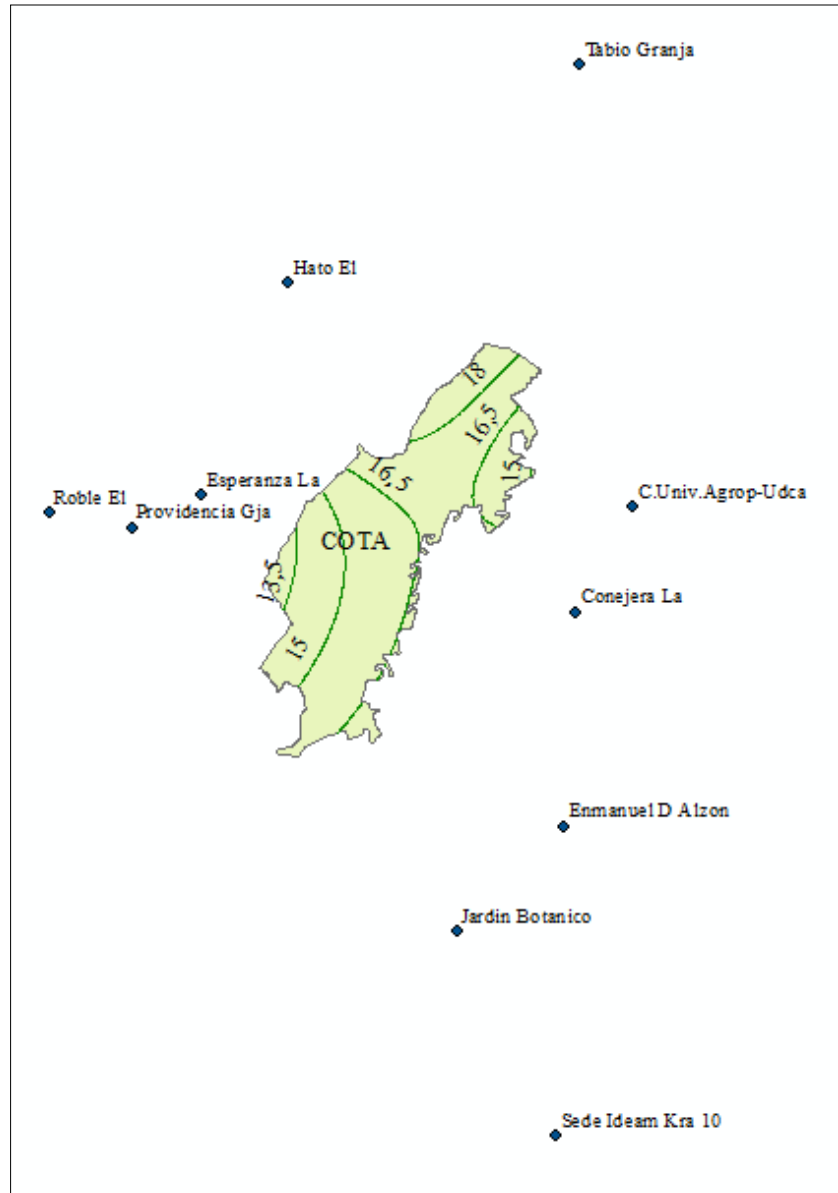
Nota. Realizado en ArcGis 10.5.

Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación mínima multi-mensual del mes de septiembre, por medio del Método de Isoyetas.



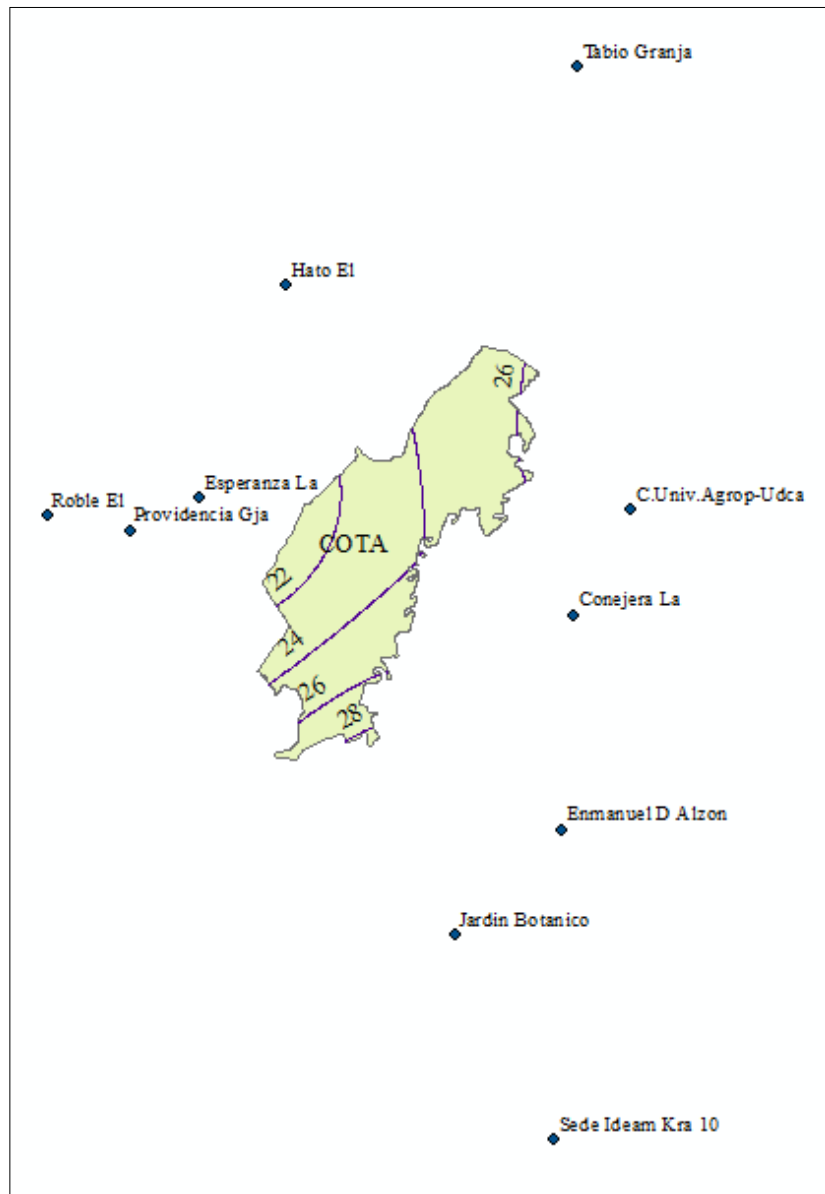
*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5.

Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación mínima multi-mensual del mes de octubre, por medio del Método de Isoyetas.



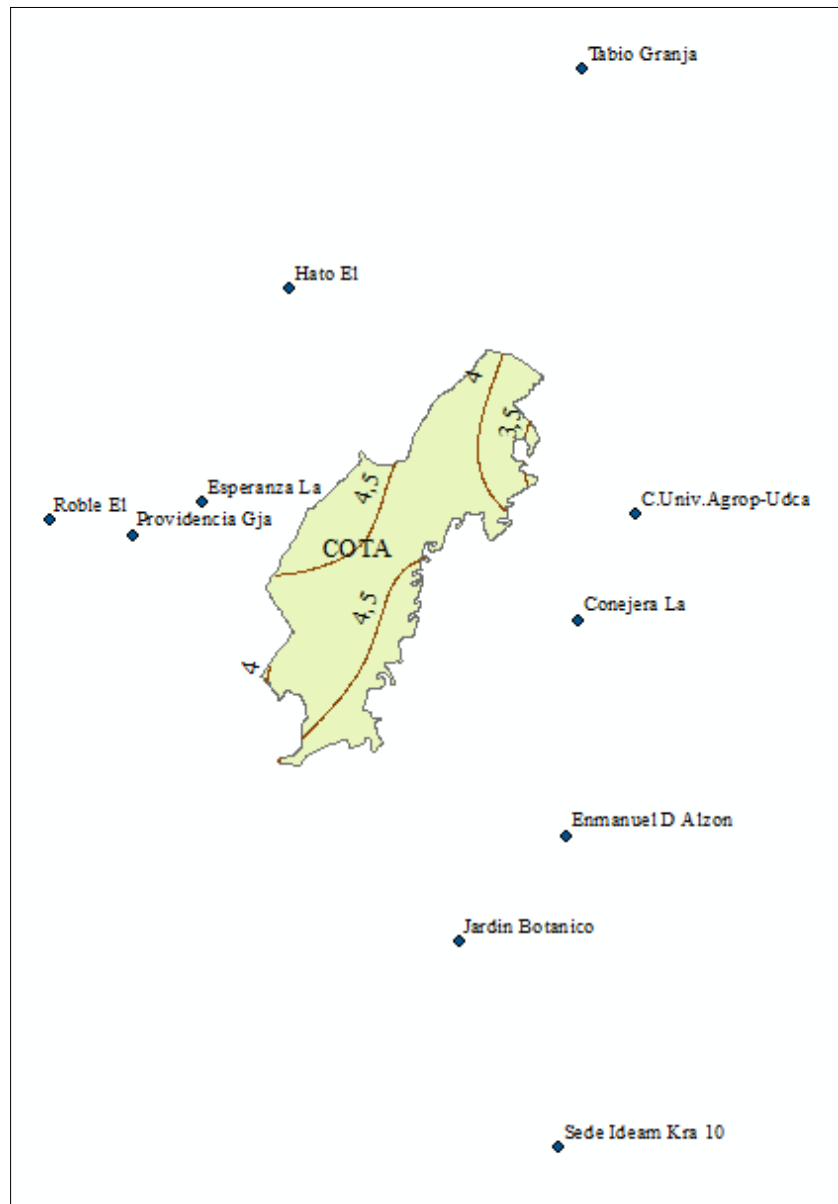
*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5.

Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación mínima multi-mensual del mes de noviembre, por medio del Método de Isoyetas.



*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5.

Esquema obtenido para el cálculo de la precipitación mínima multi-mensual del mes de diciembre, por medio del Método de Isoyetas.



*Nota.* Realizado en ArcGis 10.5.

## Anexo 4

*Precipitación media por método promedio, polígonos de Thiessen e Isoyetas.*

### Precipitación media por método promedio

Enero			Febrero		
Estación	Precipitación	P. MEDIA	Estación	Precipitación	P. MEDIA
Enmanuel D Alzon	6.4		Enmanuel D Alzon	4.2	
Conejera La	1.3		Conejera La	10.6	
C.Univ.Agrop-Udca	1.4		C.Univ.Agrop-Udca	20.2	
Jardín Botanico	5.2		Jardín Botanico	3.9	
Hato El	0.7	3.49	Hato El	7.5	9.15
Tabio Granja	6.1		Tabio Granja	6.9	
Esperanza La	0.4		Esperanza La	3.5	
Sede Ideam Kra 10	9.6		Sede Ideam Kra 10	11.3	
Providencia Gja	0.8		Providencia Gja	13.9	
Roble El	3.0		Roble El	9.5	

Marzo			Abril		
Estación	Precipitación	P. MEDIA	Estación	Precipitación	P. MEDIA
Enmanuel D Alzon	14.5		Enmanuel D Alzon	13.9	
Conejera La	11.7		Conejera La	18.5	
C.Univ.Agrop-Udca	16.9		C.Univ.Agrop-Udca	14.8	
Jardín Botanico	28.8		Jardín Botanico	21.2	
Hato El	26.3	17.33	Hato El	4.1	19.59
Tabio Granja	20.8		Tabio Granja	4.0	
Esperanza La	5.1		Esperanza La	14.6	
Sede Ideam Kra 10	29.6		Sede Ideam Kra 10	49.2	
Providencia Gja	10.1		Providencia Gja	17.3	
Roble El	9.5		Roble El	38.3	

*Nota.* Valores de precipitación media por método de promedio entre los meses de enero y abril.

**Precipitación media por método promedio.**

Mayo			Junio		
Estación	Precipitación	P. MEDIA	Estación	Precipitación	P. MEDIA
Enmanuel D Alzon	7.9		Enmanuel D Alzon	6.4	
Conejera La	21.8		Conejera La	10.0	
C.Univ.Agrop-Udca	24.0		C.Univ.Agrop-Udca	19.6	
Jardín Botanico	17.4		Jardín Botanico	6.8	
Hato El	22.9	21.69	Hato El	19.7	12.96
Tabio Granja	18.8		Tabio Granja	10.1	
Esperanza La	4.6		Esperanza La	4.3	
Sede Ideam Kra 10	22		Sede Ideam Kra 10	17.8	
Providencia Gja	39.2		Providencia Gja	17.2	
Roble El	38.3		Roble El	17.7	

Julio			Agosto		
Estación	Precipitación	P. MEDIA	Estación	Precipitación	P. MEDIA
Enmanuel D Alzon	2.2		Enmanuel D Alzon	2.9	
Conejera La	4.2		Conejera La	12.0	
C.Univ.Agrop-Udca	17.6		C.Univ.Agrop-Udca	22.3	
Jardín Botanico	20.0		Jardín Botanico	18.2	
Hato El	13.3	13.79	Hato El	19.7	13.66
Tabio Granja	19.8		Tabio Granja	22.3	
Esperanza La	1.7		Esperanza La	10.1	
Sede Ideam Kra 10	24		Sede Ideam Kra 10	18.9	
Providencia Gja	23		Providencia Gja	9.5	
Roble El	12.1		Roble El	0.7	

*Nota.* Valores de precipitación media por método de promedio entre los meses de mayo y agosto.

**Precipitación media por método promedio.**

Septiembre			Octubre		
Estación	Precipitación	P. MEDIA	Estación	Precipitación	P. MEDIA
Enmanuel D Alzon	5.1		Enmanuel D Alzon	17.6	
Conejera La	9.4		Conejera La	20.1	
C.Univ.Agrop-Udca	11.3		C.Univ.Agrop-Udca	9.8	
Jardín Botanico	17.2		Jardín Botanico	20.6	
Hato El	16.6	13.64	Hato El	33.8	17.79
Tabio Granja	27.1		Tabio Granja	23.1	
Esperanza La	12.2		Esperanza La	11.7	
Sede Ideam Kra 10	6.2		Sede Ideam Kra 10	26.1	
Providencia Gja	17.9		Providencia Gja	7.9	
Roble El	13.4		Roble El	7.2	
Noviembre			Diciembre		
Estación	Precipitación	P. MEDIA	Estación	Precipitación	P. MEDIA
Enmanuel D Alzon	36.0		Enmanuel D Alzon	2.5	
Conejera La	18.1		Conejera La	6.7	
C.Univ.Agrop-Udca	30.3		C.Univ.Agrop-Udca	1.0	
Jardín Botanico	39.7		Jardín Botanico	9.9	
Hato El	25.1	26.90	Hato El	6.4	4.02
Tabio Granja	30.1		Tabio Granja	2.8	
Esperanza La	15.5		Esperanza La	7	
Sede Ideam Kra 10	41.6		Sede Ideam Kra 10	3.1	
Providencia Gja	32.1		Providencia Gja	0.2	
Roble El	0.5		Roble El	0.6	

*Nota.* Valores de precipitación media por método de promedio entre los meses de septiembre a diciembre.

### Precipitación media por método polígonos de Thiessen.

Enero			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	6.4	68.35	437.47
Conejera La	1.3	1098.31	1427.80
C.Univ.Agrop-Udca	1.4	1176.43	1647.00
Jardín Botanico	5.2	160.90	836.66
Hato El	0.7	272.55	190.78
Esperanza La	0.4	2591.20	1036.48
Sumatoria		5367.74	5576.19
Precipitación media			1.04
Febrero			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	4.2	68.35	287.09
Conejera La	10.6	1098.31	11642.06
C.Univ.Agrop-Udca	20.2	1176.43	23763.85
Jardín Botanico	3.9	160.90	627.49
Hato El	7.5	272.55	2044.11
Esperanza La	3.5	2591.20	9069.22
Sumatoria		5367.74	47433.82
Precipitación media			8.84
Marzo			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	14.5	68.35	991.14
Conejera La	11.7	1098.31	12850.20
C.Univ.Agrop-Udca	16.9	1176.43	19881.64
Jardín Botanico	28.8	160.90	4633.80
Hato El	26.3	272.55	7168.01
Esperanza La	5.1	2591.20	13215.15
Sumatoria		5367.74	58739.94
Precipitación media			10.94

*Nota.* Valores de precipitación media por método polígonos de Thiessen para los meses de enero a marzo.

**Precipitación media por método polígonos de Thiessen.**

Abril			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	13.9	68.35	950.13
Conejera La	18.5	1098.31	20318.69
C.Univ.Agrop-Udca	14.8	1176.43	17411.14
Jardín Botanico	21.2	160.90	3410.99
Hato El	4.1	272.55	1117.45
Esperanza La	14.6	2591.20	37831.59
Sumatoria		5367.74	81039.99
Precipitación media			15.10

Mayo			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	7.9	68.35	540.00
Conejera La	21.8	1098.31	23943.10
C.Univ.Agrop-Udca	24.0	1176.43	28234.28
Jardín Botanico	17.4	160.90	2799.59
Hato El	22.9	272.55	6241.35
Esperanza La	4.6	2591.20	11919.54
Sumatoria		5367.74	73677.86
Precipitación media			13.73

Junio			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	6.4	68.35	437.47
Conejera La	10.0	1098.31	10983.08
C.Univ.Agrop-Udca	19.6	1176.43	23057.99
Jardín Botanico	6.8	160.90	1094.09
Hato El	19.7	272.55	5369.20
Esperanza La	4.3	2591.20	11142.18
Sumatoria		5367.74	52084.01
Precipitación media			9.70

*Nota.* Valores de precipitación media por método polígonos de Thiessen para los meses de abril a junio.

**Precipitación media por método polígonos de Thiessen.**

Julio			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	2.2	68.35	150.38
Conejera La	4.2	1098.31	4612.89
C.Univ.Agrop-Udca	17.6	1176.43	20705.14
Jardín Botanico	20.0	160.90	3217.92
Hato El	13.3	272.55	3624.89
Esperanza La	1.7	2591.20	4405.05
Sumatoria		5367.74	36716.26
Precipitación media			6.84

Agosto			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	2.9	68.35	198.23
Conejera La	12.0	1098.31	13179.69
C.Univ.Agrop-Udca	22.3	1176.43	26234.35
Jardín Botanico	18.2	160.90	2928.31
Hato El	19.7	272.55	5369.20
Esperanza La	10.1	2591.20	26171.17
Sumatoria		5367.74	74080.94
Precipitación media			13.80

Septiembre			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	5.1	68.35	348.61
Conejera La	9.4	1098.31	10324.09
C.Univ.Agrop-Udca	11.3	1176.43	13293.64
Jardín Botanico	17.2	160.90	2767.41
Hato El	16.6	272.55	4524.30
Esperanza La	12.2	2591.20	31612.70
Sumatoria		5367.74	62870.75
Precipitación media			11.71

*Nota.* Valores de precipitación media por método polígonos de Thiessen para los meses de julio a septiembre.

### Precipitación media por método polígonos de Thiessen.

Octubre			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	17.6	68.35	1203.04
Conejera La	20.1	1098.31	22075.98
C.Univ.Agrop-Udca	9.8	1176.43	11529.00
Jardín Botanico	20.6	160.90	3314.46
Hato El	33.8	272.55	9212.12
Esperanza La	11.7	2591.20	30317.10
Sumatoria		5367.74	77651.70
Precipitación media			14.47

Noviembre			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	36.0	68.35	2460.77
Conejera La	18.1	1098.31	19879.37
C.Univ.Agrop-Udca	30.3	1176.43	35645.77
Jardín Botanico	39.7	160.90	6387.57
Hato El	25.1	272.55	6840.96
Esperanza La	15.5	2591.20	40163.68
Sumatoria		5367.74	111378.11
Precipitación media			20.75

Diciembre			
Estación	Precipitación	Área	P. ponderada
Enmanuel D Alzon	2.5	68.35	170.89
Conejera La	6.7	1098.31	7358.66
C.Univ.Agrop-Udca	1.0	1176.43	1176.43
Jardín Botanico	9.9	160.90	1592.87
Tabio Granja	2.8	272.55	763.13
Roble El	0.6	2591.20	1554.72
Sumatoria		5367.74	12616.70
Precipitación media			2.35

*Nota.* Valores de precipitación media por método polígonos de Thiessen para los meses de octubre a diciembre.

### Precipitación media por método de Isoyetas.

Enero			Febrero		
Isoyetas	Área	P. ponderada	Isoyetas	Área	P. ponderada
1.5	784.35	1176.53	8.0	260.58	2084.64
2.0	2643.67	5287.34	9.0	2216.76	19950.84
2.5	1209.90	3024.75	10.0	1093.21	10932.10
3.0	477.91	1433.73	11.0	766.68	8433.48
3.5	242.87	850.05	12.0	573.63	6883.56
4.0	9.03	36.12	13.0	358.65	4662.45
Sumatoria	5367.73	11808.51	14	93.39	1307.46
Precipitación media		2.20	15	4.83	72.45
			Sumatoria	5367.73	54326.98
			Precipitación media		10.12
Marzo			Abril		
Isoyetas	Área	P. ponderada	Isoyetas	Área	P. ponderada
10.5	84.71	889.46	12.5	668.98	8362.25
12.0	446.37	5356.44	15.0	2792.11	41881.65
13.5	1047.79	14145.17	17.5	1906.64	33366.20
15.0	1875.35	28130.25	Sumatoria	5367.73	83610.10
16.5	1487.45	24542.93	Precipitación media		15.58
18.0	426.06	7669.08			
Sumatoria	5367.73	80733.32	Junio		
Precipitación media		15.04	Isoyetas	Área	P. ponderada
			11.0	351.31	3864.41
			12.0	2450.45	29405.40
			13.0	794.23	10324.99
			14.0	752.33	10532.62
			15.0	993.67	14905.05
			16.0	25.74	411.84
			Sumatoria	5367.73	69444.31
			Precipitación media		12.94
Mayo					
Isoyetas	Área	P. ponderada			
18.0	54.20	975.60			
20.0	945.32	18906.40			
22.0	4348.04	95656.88			
24.0	20.17	484.08			
Sumatoria	5367.73	116022.96			
Precipitación media		21.61			

*Nota.* Valores de precipitación media por método Isoyetas para los meses de enero a junio.

### Precipitación media por método de Isoyetas.

Julio			Agosto		
Isoyetas	Área	P. ponderada	Isoyetas	Área	P. ponderada
9.6	112.80	1082.88	10.8	145.70	1573.56
10.8	1863.28	20123.42	12.0	1990.93	23891.16
12.0	2267.35	27208.20	13.2	1108.71	14634.97
13.2	1047.16	13822.51	14.4	561.14	8080.42
14.4	77.14	1110.82	15.6	745.13	11624.03
Sumatoria	5367.73	63347.83	16.8	772.35	12975.48
Precipitación media		11.80	18.0	43.77	787.86
			Sumatoria	5367.73	73567.48
			Precipitación media		13.71

Septiembre			Octubre		
Isoyetas	Área	P. ponderada	Isoyetas	Área	P. ponderada
10.5	1302.71	13678.46	13.5	147.50	1991.25
12.0	3856.85	46282.20	15.0	957.95	14369.25
13.5	208.17	2810.30	16.5	2360.07	38941.16
Sumatoria	5367.73	62770.95	18.0	1505.24	27094.32
Precipitación media		11.69	19.5	396.97	7740.92
			Sumatoria	5367.73	90136.89
			Precipitación media		16.79

Noviembre			Diciembre		
Isoyetas	Área	P. ponderada	Isoyetas	Área	P. ponderada
22.0	490.48	10790.56	3.5	48.50	169.75
24.0	1871.89	44925.36	4.5	1496.14	6732.63
26.0	2982.01	77532.26	4.0	3823.09	15292.36
28.0	23.35	653.80	Sumatoria	5367.73	22194.74
Sumatoria	5367.73	133901.98	Precipitación media		4.13
Precipitación media		24.95			

*Nota.* Valores de precipitación media por método Isoyetas para los meses de julio a diciembre.

## Anexo 5

*Diseño de canaletas y estimación de accesorios.*

<b>DATOS INICIALES</b>	
FRECUENCIA DE DISEÑO	25
PENDIENTE DE LA CANALETA	0.4%
COHEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.009
IMPERMEABILIDAD	1
INTENSIDAD DE LLUVIA [L/s*ha.]	0.0281
BASE DE LA CANALETA [m]	0.16

Condiciones de flujo de agua lluvia recolectada.

Bloque	Área [m <sup>2</sup> ]	Caudal [m <sup>3</sup> /s ]	K'	D/b	D [m]	A. Necesaria [m <sup>2</sup> ]	Perímetro Mojado [m]	Prof. Hidraulica [m]	Número de Froude NF
A1	45,79	0,00129	0,02427	0,0904	0,0145	0,00231	0,189	0,0145	1,4762
A2	47,27	0,00133	0,02505	0,0922	0,0148	0,00236	0,190	0,0148	1,4789
A3	47,66	0,00134	0,02526	0,0927	0,0148	0,00237	0,190	0,0148	1,4796
A4	47,58	0,00134	0,02522	0,0926	0,0148	0,00237	0,190	0,0148	1,4795
A5	48,48	0,00136	0,02569	0,0937	0,0150	0,00240	0,190	0,0150	1,4807

Bloque B	Área [m <sup>2</sup> ]	Caudal [m <sup>3</sup> /s ]	K'	D/b	D [m]	A. Necesaria [m <sup>2</sup> ]	Perímetro Mojado [m]	Prof. Hidraulica [m]	Número de Froude NF
B1	45,89	0,00129	0,02432	0,0905	0,0145	0,00232	0,189	0,0145	1,4764
B2	46,70	0,00131	0,02475	0,0915	0,0146	0,00234	0,189	0,0146	1,4780
B3	47,92	0,00135	0,02540	0,0930	0,0149	0,00238	0,190	0,0149	1,4800
B4	48,00	0,00135	0,02544	0,0931	0,0149	0,00238	0,190	0,0149	1,4801
B5	45,54	0,00128	0,02414	0,0901	0,0144	0,00231	0,189	0,0144	1,4757
B6	44,35	0,00125	0,02351	0,0886	0,0142	0,00227	0,188	0,0142	1,4747

Bloque C	Área [m <sup>2</sup> ]	Caudal [m <sup>3</sup> /s ]	K'	D/b	D [m]	A. Necesaria [m <sup>2</sup> ]	Perímetro Mojado [m]	Prof. Hidraulica [m]	Número de Froude NF
C1	93.85	0.00264	0.04974	0.1441	0.0231	0.00369	0.206	0.0231	1.5030
C2	47.72	0.00134	0.02529	0.0928	0.0148	0.00237	0.190	0.0148	1.4797
C3	47.74	0.00134	0.02530	0.0928	0.0148	0.00238	0.190	0.0148	1.4797
C4	48.21	0.00135	0.02555	0.0934	0.0149	0.00239	0.190	0.0149	1.4804
C5	46.95	0.00132	0.02488	0.0918	0.0147	0.00235	0.189	0.0147	1.4784
C6	45.68	0.00128	0.02421	0.0902	0.0144	0.00231	0.189	0.0144	1.4760

Bloque D	Área [m <sup>2</sup> ]	Caudal [m <sup>3</sup> /s ]	K'	D/b	D [m]	A. Necesaria [m <sup>2</sup> ]	Perímetro Mojado [m]	Prof. Hidraulica [m]	Número de Froude NF
D1	45.13	0.00127	0.02392	0.0896	0.0143	0.00229	0.189	0.0143	1.4753
D2	46.31	0.00130	0.02455	0.0910	0.0146	0.00233	0.189	0.0146	1.4773
D3	46.75	0.00131	0.02478	0.0916	0.0147	0.00234	0.189	0.0147	1.4781
D4	45.21	0.00127	0.02396	0.0897	0.0143	0.00230	0.189	0.0143	1.4754
D5	57.28	0.00161	0.03036	0.1043	0.0167	0.00267	0.193	0.0167	1.4888

Bloque E	Área [m <sup>2</sup> ]	Caudal [m <sup>3</sup> /s ]	K'	D/b	D [m]	A. Necesaria [m <sup>2</sup> ]	Perímetro Mojado [m]	Prof. Hidraulica [m]	Número de Froude NF
E1	47.291	0.00133	0.02506	0.0922	0.0148	0.00236	0.190	0.0148	1.4790
E2	52.0875	0.00146	0.02761	0.0982	0.0157	0.00251	0.191	0.0157	1.4841
E3	53.7968	0.00151	0.02851	0.1002	0.0160	0.00257	0.192	0.0160	1.4850
E4	50.5603	0.00142	0.02680	0.0963	0.0154	0.00246	0.191	0.0154	1.4830
E5	52.1918	0.00147	0.02766	0.0983	0.0157	0.00252	0.191	0.0157	1.4841
E6	14.3245	0.00040	0.00759	0.0435	0.0070	0.00111	0.174	0.0070	1.3848

Caudal y velocidad de flujo del agua lluvia en los canales. Dimensiones de las canales según la cubierta.

Bloque A	Velocidad [m/s]	Caudal por Bloque [m <sup>3</sup> /s]	Longitud de Canaleta [m]	Dist. Teja-Canal Inicio [m]	Dist. Teja-Canal Final [m]
A1	0.556	0.00665	6.09	0.05	0.074
A2	0.563		7.83	0.05	0.081
A3	0.564		7.87	0.05	0.081
A4	0.564		7.88	0.05	0.082
A5	0.568		7.57	0.05	0.080

BLOQUE B	Velocidad [m/s]	Caudal por Bloque [m <sup>3</sup> /s]	Longitud de Canaleta [m]	Dist. Teja-Canal Inicio [m]	Dist. Teja-Canal Final [m]
B1	0.556	0.00782	7.51	0.05	0.080
B2	0.560		6.46	0.05	0.076
B3	0.565		7.88	0.05	0.082
B4	0.566		9.78	0.05	0.089
B5	0.555		7.94	0.05	0.082
B6	0.550		6.08	0.05	0.074

BLOQUE C	Velocidad [m/s]	Caudal por Bloque [m <sup>3</sup> /s]	Longitud de Canaleta [m]	Dist. Teja-Canal Inicio [m]	Dist. Teja-Canal Final [m]
C1	0.715	0.00928	13.10	0.05	0.102
C2	0.565		9.36	0.05	0.087
C3	0.565		8.12	0.05	0.082
C4	0.567		8.13	0.05	0.083
C5	0.561		7.92	0.05	0.082
C6	0.556		6.10	0.05	0.074

BLOQUE D	Velocidad [m/s]	Caudal por Bloque [m <sup>3</sup> /s]	Longitud de Canaleta [m]	Dist. Teja-Canal Inicio [m]	Dist. Teja-Canal Final [m]
D1	0.553	0.00676	7.61	0.05	0.080
D2	0.558		7.86	0.05	0.081
D3	0.560		6.05	0.05	0.074
D4	0.553		7.66	0.05	0.081
D5	0.603		8.85	0.05	0.085

BLOQUE E	Velocidad [m/s]	Caudal por Bloque [m <sup>3</sup> /s]	Longitud de Canaleta [m]	Dist. Teja-Canal Inicio [m]	Dist. Teja-Canal Final [m]
E1	0.563	0.00759	8.17	0.05	0.083
E2	0.583		8.94	0.05	0.086
E3	0.589		8.99	0.05	0.086
E4	0.576		6.84	0.05	0.077
E5	0.583		10.35	0.05	0.091
E6	0.362		2.38	0.05	0.060

Accesorios en los sistemas de recolecciones en todas las estructuras del colegio.

BLOQUE		ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN						
A	CANALETAS	UNIÓN BAJANTE	UNIÓN ESQUINA	SOPORTES	HIDROSELLOS	TAPA INT.	TAPA EXT.	EQ. BAJANTE
A1		1	0	10	6	1	1	1
A2		1	2	16	11	1	1	1
A3	12 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	1	2	16	11	1	1	1
A4		1	2	17	11	1	1	1
A5		1	2	16	11	1	1	1

BLOQUE		ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN						
B	CANALETAS	UNIÓN BAJANTE	UNIÓN ESQUINA	SOPORTES	HIDROSELLOS	TAPA INT.	TAPA EXT.	EQ. BAJANTE
B1		1	0	12	7	1	1	1
B2		1	2	15	10	1	1	1
B3	15 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	1	2	17	11	1	1	1
B4		1	2	19	11	1	1	1
B5		1	0	13	7	1	1	1
B6		1	0	10	6	1	1	1

BLOQUE		ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN						
C	CANALETAS	UNIÓN BAJANTE	UNIÓN ESQUINA	SOPORTES	HIDROSELLOS	TAPA INT.	TAPA EXT.	EQ. BAJANTE
C1		2	0	21	10	1	1	2
C2		1	2	18	11	1	1	1
C3	17 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	1	2	17	11	1	1	1
C4		1	2	17	11	1	1	1
C5		1	2	17	11	1	1	1
C6		1	0	10	6	1	1	1

BLOQUE		ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN						
D	CANALETAS	UNIÓN BAJANTE	UNIÓN ESQUINA	SOPORTES	HIDROSELLOS	TAPA INT.	TAPA EXT.	EQ. BAJANTE
D1		1	0	12	7	1	1	1
D2		1	2	16	11	1	1	1
D3	13	1	0	10	6	1	1	1
D4		1	0	12	7	1	1	1
D5		1	0	14	7	1	1	1

BLOQUE E	CANALETAS	ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN						
		UNIÓN BAJANTE	UNIÓN ESQUINA	SOPORTES	HIDROSELLOS	TAPA INT.	TAPA EXT.	EQ. BAJANTE
E1	15 1/3	1	2	17	11	1	1	1
E2		1	2	18	11	1	1	1
E3		1	2	18	11	1	1	1
E4		1	0	11	6	1	1	1
E5		1	0	16	7	1	1	1
E6		1	0	5	5	1	1	1

TOTAL ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN							
CANALETAS	UNIÓN BAJANTE	UNIÓN ESQUINA	SOPORTES	HIDROSELLOS	TAPA INT.	TAPA EXT.	EQ. BAJANTE
74+5% = 78	29	30	410	251	28	28	29

## Anexo 6

*Precipitación diaria máxima multianual a partir de las estaciones cercanas con respecto a la zona del proyecto de Prediseño de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia para una Institución Educativa de la Sabana de Bogotá. Colegio Gimnasio Jireh, Vereda La Moya, Cota – Cundinamarca.*

### PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MULTIANUAL, ESTACIÓN LA CONEJERA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX	TOTALES
1990	<b>23.1</b>	<b>10.0</b>	<b>29.7</b>	<b>21.5</b>	<b>27.1</b>	2.9	3.8	7.8	12.0	61.3	10.0	34.8	61.3	244.1
1991	19.5	17.0	23.3	32.0	22.1	8.8	7.4	14.0	5.6	11.9	12.0	8.7	32.0	182.3
1992	0.4	21.9	10.8	11.2	14.5	7.3	4.0	5.4	18.2	5.0	29.4	30.1	30.1	158.2
1993	17.3	20.0	9.3	17.3	32.7	5.5	8.8	6.0	10.8	36.3	36.3	6.9	36.3	207.2
1994	15.4	23.2	25.8	22.9	22.7	14.0	11.0	10.5	7.7	16.2	24.0	7.8	25.8	201.2
1995	23.8	7.4	26.0	28.1	28.0	29.2	5.9	17.5	2.9	19.0	43.2	18.0	43.2	249.0
1996	4.5	17.0	36.0	15.2	16.0	15.0	19.7	10.0	15.0	25.0	10.0	16.0	36.0	199.4
1997	35.4	11.0	15.5	21.7	20.5	26.4	1.5	6.5	29.7	58.5	29.0	3.7	58.5	259.4
1998	20.3	19.6	15.1	17.0	32.1	11.8	20.0	35.0	23.7	41.0	29.5	32.2	41.0	297.3
1999	33.0	48.4	28.1	24.1	14.0	23.0	8.5	9.0	29.5	31.0	26.0	23.5	48.4	298.1
2000	16.5	28.0	29.9	12.6	14.3	24.6	19.2	20.0	40.0	14.9	29.5	14.5	40.0	264.0
2001	21.0	17.6	21.6	5.4	26.4	17.9	11.5	4.6	17.3	10.8	14.2	27.5	27.5	195.8
2002	<b>6.8</b>	3.7	25.0	18.0	36.0	12.0	7.0	9.0	12.2	23.2	6.5	31.0	36.0	190.4
2003	9.0	39.0	26.0	30.5	20.0	12.4	6.5	15.8	19.4	24.6	38.5	14.0	39.0	255.7
2004	22.5	17.1	18.5	30.6	25.0	10.0	25.2	7.0	12.0	28.1	33.8	25.8	33.8	255.6
2005	12.5	23.5	13.0	31.5	20.3	6.0	13.4	13.0	15.2	33.5	21.5	13.0	33.5	216.4
2006	13.0	11.0	27.6	46.0	35.7	19.5	12.5	6.2	9.0	25.0	32.0	8.5	46.0	246.0
2007	9.0	12.0	32.0	15.0	16.8	10.7	16.8	13.5	7.4	43.8	26.1	13.7	43.8	216.8
2008	8.5	10.0	15.9	45.4	37.7	16.3	20.0	22.4	13.1	22.4	22.0	24.2	45.4	257.9
2009	20.0	29.5	22.2	12.5	12.8	27.3	22.4	13.8	13.5	67.7	20.0	25.0	67.7	286.7
2010	7.5	41.1	8.1	20.3	37.5	26.1	30.5	28.0	39.2	38.5	59.5	33.9	59.5	370.2
<b>MAX</b>	35.4	48.4	36.0	46.0	37.7	29.2	30.5	35.0	40.0	67.7	59.5	34.8	67.7	370.2
<b>SUMA</b>	339.0	428.0	459.4	478.8	512.2	326.7	275.6	275.0	353.4	637.7	553.0	412.8	884.8	5051.6
<b>MEDIA</b>	16.1	20.4	21.9	22.8	24.4	15.6	13.1	13.1	16.8	30.4	26.3	19.7	42.1	240.6

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MULTIANUAL, C. UNIV. AGROP – UDCA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX	TOTALES
1990	<b>10.2</b>	<b>7.5</b>	<b>27.1</b>	16.0	<b>23.4</b>	<b>4.2</b>	<b>6.1</b>	13.0	19.0	33.0	14.0	25.0	33.0	198.5
1991	26.0	11.0	30.0	10.0	20.0	8.0	12.0	20.0	12.0	15.2	21.0	15.8	30.0	201.0
1992	3.4	10.0	12.7	35.0	17.0	8.6	5.1	6.5	3.5	4.3	20.0	34.0	35.0	160.1
1993	10.0	21.0	20.0	39.0	10.0	10.2	16.2	9.5	15.4	17.4	31.0	1.0	39.0	200.7
1994	10.5	20.7	30.5	10.2	10.4	10.5	10.4	20.2	10.0	10.8	20.4	8.3	30.5	172.9
1995	10.2	10.8	10.5	10.6	10.2	20.4	6.5	10.4	5.0	10.4	40.2	10.8	40.2	156.0
1996	10.4	12.2	14.2	10.4	10.6	6.4	10.0	10.0	10.4	12.4	10.4	10.6	14.2	128.0
1997	15.8	10.4	10.6	12.6	10.6	15.8	6.0	24.2	12.0	12.2	10.4	1.5	24.2	142.1
1998	10.0	9.2	25.0	14.0	35.0	16.2	20.4	10.4	12.4	12.2	12.8	15.4	35.0	193.0
1999	8.6	10.4	32.2	12.6	5.3	10.8	5.0	9.0	50.4	10.9	40.5	12.4	50.4	208.1
2000	8.5	10.4	16.2	12.4	11.8	10.4	10.6	10.4	60.5	100.7	10.4	2.2	100.7	264.5
2001	1.4	10.2	12.8	4.9	30.9	10.4	8.0	28.0	12.6	10.8	30.7	9.5	30.9	170.2
2002	10.4	10.4	13.0	20.2	40.2	9.5	5.8	7.3	10.6	12.4	11.3	48.0	48.0	199.1
2003	7.8	36.4	35.4	28.0	10.2	19.2	8.4	5.5	14.0	20.5	60.2	30.5	60.2	276.1
2004	8.2	10.4	10.4	40.2	40.5	10.2	10.6	8.0	10.8	33.0	20.4	10.4	40.5	213.1
2005	30.5	30.2	10.6	10.8	30.5	5.8	35.1	7.2	10.6	38.4	14.7	12.4	38.4	236.8
2006	12.5	12.6	26.4	12.4	12.0	20.4	10.8	9.2	<b>8.3</b>	<b>21.0</b>	<b>27.2</b>	9.2	27.2	182.0
2007	10.4	12.4	36.0	21.0	9.6	11.8	8.2	11.4	2.4	40.4	40.3	11.2	40.4	215.1
2008	5.2	12.0	16.2	17.0	30.5	20.5	30.2	14.2	12.2	20.2	25.2	12.2	30.5	215.6
2009	28.0	37.0	16.6	10.5	23.0	20.0	7.2	6.0	7.0	50.0	21.5	9.4	50.0	236.2
2010	22.6	14.5	12.3	35.4	50.8	25.8	25.3	22.2	24.5	29.2	24.0	22.5	50.8	309.1
<b>MAX</b>	30.5	37.0	36.0	40.2	50.8	25.8	35.1	28.0	60.5	100.7	60.2	48.0	100.7	309.1
<b>SUMA</b>	260.6	319.7	418.7	383.2	442.5	275.1	257.9	262.6	323.6	515.4	506.6	312.3	849.1	4278.3
<b>MEDIA</b>	12.4	15.2	19.9	18.2	21.1	13.1	12.3	12.5	15.4	24.5	24.1	14.9	40.4	203.7

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MULTIANUAL, ENMANUEL D ALZON

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX	TOTALES
1990	18.1	10.2	38.4	27.1	32.2	4.5	6.1	7.0	9.5	23.2	22.3	62.2	62.2	260.8
1991	22.3	3.0	21.6	42.8	45.0	8.8	7.0	7.5	34.9	17.2	80.3	20.0	80.3	310.4
1992	11.3	14.5	15.1	15.1	4.5	4.3	6.2	51.0	46.5	17.6	44.0	23.0	51.0	253.1
1993	16.0	10.2	33.3	33.9	18.6	3.1	12.6	5.5	17.5	10.1	35.1	59.0	59.0	254.9
1994	49.3	23.2	41.1	29.4	42.0	26.2	5.2	13.4	23.3	26.6	31.3	7.7	49.3	318.7
1995	1.5	35.3	34.2	28.8	33.2	17.4	6.7	37.3	34.0	62.4	17.8	28.8	62.4	337.4
1996	26.3	22.4	32.2	24.4	28.2	8.0	11.4	25.5	33.9	22.7	11.5	19.9	33.9	266.4
1997	26.9	12.6	17.0	18.4	31.1	11.3	1.6	2.2	18.0	34.0	15.5	2.5	34.0	191.1
1998	4.1	25.4	28.0	50.0	26.9	13.4	15.4	32.4	35.5	23.6	50.1	34.8	50.1	339.6
1999	31.0	39.5	42.5	15.2	35.5	19.4	6.0	17.8	15.1	20.0	48.0	12.3	48.0	302.3
2000	33.8	23.0	32.8	16.3	8.3	15.7	26.5	17.7	21.3	38.3	27.4	7.2	38.3	268.3
2001	9.0	16.0	32.4	13.1	24.0	20.0	16.6	8.3	32.3	21.0	27.0	17.4	32.4	237.1
2002	8.3	24.6	18.5	20.5	30.0	15.6	11.5	9.1	21.3	35.2	15.7	28.3	35.2	238.6
2003	6.8	20.0	23.6	26.3	13.9	11.2	7.6	17.0	20.4	39.7	29.5	32.4	39.7	248.4
2004	55.7	27.3	34.8	45.5	17.2	6.6	13.2	8.0	11.4	31.4	37.0	17.4	55.7	305.5
2005	5.1	21.8	6.8	23.4	25.0	7.0	8.1	14.1	14.1	24.0	11.1	23.0	25.0	183.5
2006	22.0	8.6	20.2	35.0	30.0	26.4	6.9	17.4	12.4	28.2	40.1	10.8	40.1	258.0
2007	11.7	12.1	15.6	27.1	8.9	12.3	13.5	12.5	1.4	47.2	41.7	39.5	47.2	243.5
2008	8.6	21.5	44.3	29.1	45.4	21.0	28.5	17.4	12.5	36.8	17.7	30.0	45.4	312.8
2009	61.2	32.5	16.1	16.4	24.4	11.7	9.3	5.9	9.2	47.4	27.8	14.0	61.2	275.9
2010	13.5	21.6	7.3	38.6	52.0	25.0	31.1	14.8	14.8	45.9	33.9	42.3	52.0	340.8
<b>MAX</b>	61.2	39.5	44.3	50.0	52.0	26.4	31.1	51.0	46.5	62.4	80.3	62.2	80.3	340.8
<b>SUMA</b>	442.5	425.3	555.8	576.4	576.3	288.9	251.0	341.8	439.3	652.5	664.8	532.5	1002.4	5747.1
<b>MEDIA</b>	21.1	20.3	26.5	27.4	27.4	13.8	12.0	16.3	20.9	31.1	31.7	25.4	47.7	273.7

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MULTIANUAL, ESTACIÓN LA ESPERANZA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX	TOTALES
1990	13.5	16.5	21.7	30.5	28.7	9.5	6.7	27.2	8.3	20.5	38.5	27.5	38.5	249.1
1991	3.5	3.5	27.5	50.1	13.7	7.2	17.4	12.6	15.4	23.5	35.3	5.2	50.1	214.9
1992	23.2	13.5	9.4	8.2	37.3	15.6	6.7	12.3	16.4	6.5	30.2	15.6	37.3	194.9
1993	8.0	4.0	18.3	11.5	26.5	7.2	12.4	7.2	32.4	11.5	29.7	29.4	32.4	198.2
1994	8.3	14.7	23.5	37.5	11.6	14.5	6.8	8.4	8.4	18.2	18.2	5.5	37.5	175.6
1995	5.2	15.2	25.4	23.2	34.5	12.5	28.5	18.7	12.5	27.6	15.7	15.2	34.5	234.2
1996	14.2	18.7	28.7	24.5	19.5	23.5	19.8	24.7	22.7	35.4	12.7	18.4	35.4	262.8
1997	22.5	8.3	11.7	32.7	28.5	15.4	5.4	5.6	7.5	19.4	38.4	7.7	38.4	203.1
1998	4.5	24.7	9.7	19.6	28.4	10.7	15.8	20.5	17.5	28.5	9.5	19.4	28.5	208.8
1999	16.8	12.7	12.4	9.8	17.5	9.5	5.2	17.5	18.5	35.4	36.7	25.7	36.7	217.7
2000	4.5	32.0	12.2	15.1	9.3	15.3	26.2	22.0	21.2	12.0	25.3	12.0	32.0	207.1
2001	20.7	6.7	19.5	5.8	21.0	22.4	10.2	3.7	14.5	13.5	5.8	19.5	22.4	163.3
2002	11.0	2.9	22.3	30.3	19.4	10.0	11.2	5.3	40.6	18.7	22.6	23.0	40.6	217.3
2003	0.4	4.8	8.7	10.0	1.8	8.5	7.8	6.8	10.0	5.2	7.8	4.6	10.0	76.4
2004	2.4	5.8	2.4	4.8	3.5	1.3	0.6	7.2	31.4	30.4	10.3	40.2	40.2	140.3
2005	4.5	9.2	7.0	15.1	35.0	9.3	14.2	18.0	25.2	23.0	21.5	17.0	35.0	199.0
2006	12.0	9.0	19.4	60.0	35.0	20.0	8.7	4.1	15.0	28.4	20.7	22.0	60.0	254.3
2007	15.0	10.0	25.4	40.5	17.8	24.2	20.0	10.2	6.4	51.0	12.0	11.2	51.0	243.7
2008	15.2	15.2	27.2	40.2	41.4	20.6	12.8	17.4	33.7	17.2	17.4	3.2	41.4	261.5
2009	13.2	7.4	23.7	8.0	3.7	47.4	5.4	7.5	5.0	23.7	16.4	7.0	47.4	168.4
2010	24.4	24.0	9.7	17.7	39.6	25.7	23.8	19.7	37.7	24.7	26.0	20.5	39.6	293.5
<b>MAX</b>	24.4	32.0	28.7	60.0	41.4	47.4	28.5	27.2	40.6	51.0	38.5	40.2	60.0	293.5
<b>SUMA</b>	243.0	258.8	365.8	495.1	473.7	330.3	265.6	276.6	400.3	474.3	450.7	349.8	788.9	4384.1
<b>MEDIA</b>	11.6	12.3	17.4	23.6	22.6	15.7	12.6	13.2	19.1	22.6	21.5	16.7	37.6	208.8

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MULTIANUAL, ESTACIÓN EL HATO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX	TOTALES
1990	9.5	12.0	19.0	30.0	12.8	27.6	5.2	7.5	35.0	38.0	28.0	32.7	38.0	257.3
1991	5.7	7.2	33.8	32.5	14.0	9.6	10.0	9.4	38.3	25.0	20.7	17.7	38.3	223.9
1992	7.7	9.0	14.0	11.0	14.2	7.0	9.7	12.0	14.7	19.8	15.7	9.7	19.8	144.5
1993	5.0	4.5	15.5	35.0	32.0	11.0	11.0	10.0	17.5	21.5	24.5	15.0	35.0	202.5
1994	8.2	11.0	29.0	32.0	7.5	8.2	6.2	15.0	12.0	18.0	33.5	7.0	33.5	187.6
1995	0.5	8.4	14.2	10.5	29.5	14.2	18.0	13.0	8.5	17.3	11.0	16.2	29.5	161.3
1996	8.0	25.0	19.5	17.6	24.6	15.7	9.1	9.0	17.0	14.5	21.7	12.0	25.0	193.7
1997	7.5	7.0	12.3	40.0	7.2	12.2	11.6	9.3	19.0	20.7	24.0	7.0	40.0	177.8
1998	6.5	10.0	15.7	24.5	33.0	10.0	18.5	17.2	19.0	22.5	19.0	38.7	38.7	234.6
1999	9.4	19.0	15.5	22.9	13.0	8.5	11.6	15.3	21.2	34.5	47.0	10.0	47.0	227.9
2000	5.0	20.0	16.2	6.2	14.0	14.2	10.0	21.0	17.0	15.7	9.5	9.0	21.0	157.8
2001	12.0	12.0	<b>24.2</b>	2.5	36.0	37.2	10.0	10.0	22.6	9.8	9.3	12.0	37.2	197.6
2002	3.0	3.9	15.6	29.1	13.8	20.0	9.5	7.0	8.5	18.7	11.3	22.0	29.1	162.4
2003	1.3	18.5	16.0	15.7	12.0	12.0	13.0	10.6	20.3	28.5	15.0	22.6	28.5	185.5
2004	4.7	22.5	60.0	28.0	33.0	5.8	21.0	8.0	34.2	21.7	30.0	4.2	60.0	273.1
2005	5.2	10.3	6.2	15.5	33.5	15.0	8.5	20.0	12.5	60.0	9.5	15.6	60.0	211.8
2006	12.0	4.0	14.0	26.0	15.7	23.0	22.0	7.8	15.0	19.0	12.0	16.2	26.0	186.7
2007	6.0	12.0	88.0	36.0	10.5	10.0	7.5	10.0	20.0	31.0	13.0	17.5	88.0	261.5
2008	6.0	20.0	22.0	15.3	27.3	23.4	20.0	8.7	25.0	22.0	18.5	10.2	27.3	218.4
2009	11.0	33.0	17.0	10.0	9.0	24.0	9.0	7.0	8.0	35.0	10.0	5.0	35.0	178.0
2010	12.0	14.0	10.0	53.5	24.0	16.0	38.5	29.0	16.0	20.0	16.0	14.0	53.5	263.0
<b>MAX</b>	12.0	33.0	88.0	53.5	36.0	37.2	38.5	29.0	38.3	60.0	47.0	38.7	88.0	273.1
<b>SUMA</b>	146.2	283.3	477.7	493.8	416.6	324.6	279.9	256.8	401.3	513.2	399.2	314.3	810.4	4306.9
<b>MEDIA</b>	7.0	13.5	22.7	23.5	19.8	15.5	13.3	12.2	19.1	24.4	19.0	15.0	38.6	205.1

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MULTIANUAL, ESTACIÓN JARDIN BOTANICO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX	TOTALES
1990	24.5	16.0	27.3	27.5	43.5	5.2	15.0	12.0	36.2	25.5	37.5	48.5	48.5	318.7
1991	16.2	2.4	21.0	41.2	26.5	3.6	8.8	7.4	8.8	14.5	32.6	27.0	41.2	210.0
1992	11.0	7.3	<b>18.4</b>	7.7	23.5	4.7	8.7	11.2	19.5	29.5	38.0	23.9	38.0	203.4
1993	22.0	18.4	13.8	28.0	31.7	4.5	8.5	8.0	14.4	9.4	33.6	23.0	33.6	215.3
1994	<b>27.1</b>	<b>19.3</b>	<b>36.3</b>	<b>41.6</b>	<b>17.9</b>	<b>11.5</b>	<b>11.0</b>	<b>19.2</b>	<b>18.7</b>	<b>30.5</b>	<b>29.0</b>	<b>13.3</b>	41.6	275.4
1995	<b>2.7</b>	<b>13.3</b>	<b>33.8</b>	<b>19.9</b>	<b>38.4</b>	<b>13.6</b>	<b>6.4</b>	<b>11.3</b>	<b>9.3</b>	<b>12.9</b>	<b>23.4</b>	<b>27.3</b>	38.4	212.1
1996	16.4	12.3	10.2	24.0	25.8	14.0	15.0	23.0	45.0	19.3	23.0	7.5	45.0	235.6
1997	20.8	5.0	15.2	19.3	13.1	18.6	7.9	5.9	46.5	36.5	18.2	3.8	46.5	210.8
1998	14.7	42.4	30.9	50.0	33.5	14.8	24.0	39.0	50.5	42.7	54.0	32.6	54.0	429.1
1999	39.5	32.5	73.3	16.0	26.0	18.5	8.0	20.4	25.7	31.2	31.0	28.8	73.3	350.9
2000	14.8	73.4	44.0	32.8	20.0	29.5	26.5	25.6	32.5	21.8	26.0	17.5	73.4	364.4
2001	34.0	8.6	34.4	8.6	38.5	26.9	19.0	6.0	21.0	10.0	21.0	9.6	38.5	237.6
2002	15.1	27.2	11.0	57.4	18.2	19.0	10.1	7.2	16.5	30.4	13.7	21.0	57.4	246.8
2003	5.3	17.4	14.0	50.0	18.7	10.0	10.6	25.5	14.0	14.0	38.0	17.8	50.0	235.3
2004	<b>15.3</b>	<b>29.2</b>	28.5	28.1	27.5	13.8	7.8	9.2	24.6	29.0	31.6	16.7	31.6	261.3
2005	31.5	34.5	20.0	17.0	44.0	11.2	8.0	10.4	22.4	39.1	31.3	28.0	44.0	297.4
2006	39.8	28.6	29.8	50.6	38.1	24.0	15.2	12.4	7.5	67.8	27.0	16.6	67.8	357.4
2007	3.8	26.0	18.8	61.4	<b>17.7</b>	<b>22.3</b>	<b>13.2</b>	<b>11.3</b>	4.0	58.0	40.1	54.6	61.4	331.2
2008	35.7	26.4	39.2	30.9	39.8	32.4	14.4	27.8	8.8	35.6	32.4	22.8	39.8	346.2
2009	40.6	18.6	26.0	23.5	10.6	19.8	11.0	8.0	10.4	38.1	14.6	27.0	40.6	248.2
2010	<b>10.9</b>	15.4	10.8	27.8	50.2	29.4	34.7	14.2	30.2	29.0	28.6	58.4	58.4	339.6
<b>MAX</b>	40.6	73.4	73.3	61.4	50.2	32.4	34.7	39.0	50.5	67.8	54.0	58.4	73.4	429.1
<b>SUMA</b>	441.8	474.2	556.6	663.2	603.2	347.2	283.8	314.9	466.4	624.7	624.6	525.7	1023.0	5926.6
<b>MEDIA</b>	21.0	22.6	26.5	31.6	28.7	16.5	13.5	15.0	22.2	29.7	29.7	25.0	48.7	282.2

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MULTIANUAL, ESTACIÓN EL ROBLE

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX	TOTALES
1990	20.5	25.0	13.0	19.4	18.4	5.5	6.4	4.4	15.4	24.0	45.0	28.4	45.0	225.4
1991	3.6	9.6	25.9	40.0	16.4	9.7	17.8	8.6	18.0	16.2	40.0	10.0	40.0	215.8
1992	10.7	17.2	5.3	21.0	33.5	<b>3.8</b>	<b>13.4</b>	<b>6.7</b>	22.0	5.0	13.7	36.8	36.8	189.1
1993	10.5	19.0	18.3	14.5	36.9	7.6	5.0	5.5	20.6	17.4	22.6	18.4	36.9	196.3
1994	11.0	43.0	51.0	20.0	16.4	10.6	5.4	7.8	5.5	15.1	30.0	1.5	51.0	217.3
1995	3.5	14.5	27.0	22.0	21.5	13.1	12.0	17.8	11.5	26.6	11.5	35.0	35.0	216.0
1996	12.5	11.6	32.6	16.0	21.5	24.0	12.4	14.6	12.0	35.0	16.9	40.0	40.0	249.1
1997	14.0	6.6	34.0	11.2	17.5	10.0	7.5	3.0	4.0	15.4	9.4	<b>1.1</b>	34.0	133.7
1998	6.5	18.2	18.5	26.0	27.2	12.0	19.0	15.6	14.8	39.0	15.7	16.5	39.0	229.0
1999	8.3	37.0	13.6	14.5	31.8	20.0	12.5	16.3	19.0	27.4	12.0	22.2	37.0	234.6
2000	6.7	23.7	13.9	12.3	10.9	20.1	21.5	25.1	33.5	22.2	17.0	11.7	33.5	218.6
2001	9.5	5.3	<b>21.4</b>	<b>26.5</b>	49.6	19.1	19.8	4.0	44.7	9.8	5.8	36.7	49.6	252.1
2002	3.0	6.0	40.1	36.0	24.2	16.4	4.4	4.5	19.5	24.1	14.5	15.3	40.1	208.0
2003	<b>13.5</b>	7.8	25.1	27.7	13.7	10.6	7.3	20.0	10.5	28.1	32.8	19.5	32.8	216.6
2004	37.0	24.6	38.2	27.2	14.2	7.8	28.0	5.4	14.4	11.2	11.3	15.0	38.2	234.3
2005	5.2	13.5	14.2	30.0	21.1	21.1	12.0	21.1	9.6	23.4	20.3	3.1	30.0	194.6
2006	10.5	10.5	36.7	40.5	40.8	22.4	<b>14.0</b>	<b>24.0</b>	<b>4.2</b>	<b>20.0</b>	<b>23.8</b>	0.6	40.8	248.1
2007	24.8	5.2	13.2	33.5	16.7	17.0	17.3	10.8	9.3	24.6	22.4	21.4	33.5	216.2
2008	11.6	11.7	25.8	15.6	26.2	24.6	40.3	0.7	10.3	<b>25.4</b>	19.6	19.6	40.3	231.4
2009	<b>15.3</b>	15.2	31.2	<b>24.2</b>	17.3	<b>10.4</b>	<b>12.4</b>	<b>7.5</b>	10.4	38.0	31.2	4.6	38.0	217.7
2010	10.8	<b>2.7</b>	11.8	18.6	35.6	24.1	28.0	20.1	20.5	22.7	32.2	22.2	35.6	249.3
<b>MAX</b>	37.0	43.0	51.0	40.5	49.6	24.6	40.3	25.1	44.7	39.0	45.0	40.0	51.0	252.1
<b>SUMA</b>	248.9	327.9	510.8	496.7	511.4	309.9	316.4	243.5	329.7	470.6	447.7	379.6	807.1	4593.1
<b>MEDIA</b>	11.9	15.6	24.3	23.7	24.4	14.8	15.1	11.6	15.7	22.4	21.3	18.1	38.4	218.7

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MULTIANUAL, ESTACIÓN SEDE IDEAM KRA 10

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX	TOTALES
1990	36.3	26.4	21.8	35.5	46.6	10.9	6.4	10.5	10.0	35.8	24.2	39.9	46.6	304.3
1991	26.8	14.3	23.8	13.6	18.1	7.9	10.3	14.2	12.2	13.7	35.0	23.8	35.0	213.7
1992	13.4	8.4	22.2	16.2	14.7	4.8	13.4	7.3	25.0	14.7	33.2	17.0	33.2	190.3
1993	53.4	22.8	21.5	21.4	20.7	16.4	11.7	3.3	12.2	28.2	33.2	19.4	53.4	264.2
1994	33.7	23.2	46.7	45.4	21.2	13.7	10.9	19.1	20.1	38.8	34.8	16.5	46.7	324.1
1995	3.1	15.7	43.1	20.3	49.0	16.4	6.1	10.7	9.7	15.5	27.5	36.5	49.0	253.6
1996	19.8	14.5	41.0	16.8	52.2	7.2	15.2	11.8	13.8	26.6	30.0	17.7	52.2	266.6
1997	38.8	3.3	19.3	9.8	17.9	34.8	19.1	4.7	21.3	25.1	19.9	1.9	38.8	215.9
1998	11.9	61.8	27.4	20.7	61.1	19.7	19.1	23.7	24.0	32.6	43.7	26.8	61.8	372.5
1999	23.1	40.7	16.1	22.1	32.3	21.1	5.6	28.5	16.9	43.7	44.9	25.5	44.9	320.5
2000	19.0	41.2	42.7	49.5	16.1	25.1	16.5	27.0	31.6	26.1	7.8	3.6	49.5	306.2
2001	12.0	42.2	28.9	33.3	12.4	16.8	13.5	6.5	35.0	26.8	21.1	26.0	42.2	274.5
2002	19.4	17.2	17.9	64.0	25.3	26.7	7.5	10.8	34.9	40.3	17.7	19.4	64.0	301.1
2003	29.7	36.5	66.1	33.4	9.2	15.0	10.3	3.2	26.7	83.1	33.5	16.2	83.1	362.9
2004	18.4	36.0	23.7	36.8	26.2	11.8	7.4	8.5	24.5	22.8	45.0	19.9	45.0	281.0
2005	32.5	29.5	12.7	17.5	52.5	10.5	11.0	10.5	74.5	36.8	31.3	38.3	74.5	357.6
2006	44.6	23.4	58.2	37.1	33.0	37.2	14.1	29.6	6.7	32.5	47.5	35.5	58.2	399.4
2007	19.6	12.8	29.8	35.1	21.0	28.3	13.2	10.7	1.4	50.8	51.9	46.4	51.9	321.0
2008	10.4	12.4	36.8	26.6	50.5	21.1	37.8	44.8	21.3	41.2	47.3	30.0	50.5	380.2
2009	34.0	45.5	28.0	30.3	53.2	13.4	12.4	8.2	12.9	36.7	41.6	14.5	53.2	330.7
2010	12.9	3.6	15.6	50.0	48.2	26.5	29.6	8.3	20.4	39.0	94.5	56.2	94.5	404.8
<b>MAX</b>	53.4	61.8	66.1	64.0	61.1	37.2	37.8	44.8	74.5	83.1	94.5	56.2	94.5	404.8
<b>SUMA</b>	512.8	531.4	643.3	635.4	681.4	385.3	291.1	301.9	455.1	710.8	765.6	531.0	1128.2	6445.1
<b>MEDIA</b>	24.4	25.3	30.6	30.3	32.4	18.3	13.9	14.4	21.7	33.8	36.5	25.3	53.7	306.9

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MULTIANUAL, ESTACIÓN TABIO GRANJA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX	TOTALES
1990	13.9	18.3	44.2	14.7	34.2	7.7	9.2	9.0	17.6	38.0	7.3	35.5	44.2	249.6
1991	4.3	11.0	13.5	8.5	8.3	2.8	8.8	9.3	30.8	21.5	28.0	16.9	30.8	163.7
1992	2.7	5.5	11.7	8.3	5.0	12.8	9.5	4.7	23.0	9.1	47.0	28.1	47.0	167.4
1993	15.5	15.3	15.0	28.0	44.5	33.0	17.0	4.6	18.0	90.0	27.0	1.7	90.0	309.6
1994	43.5	25.3	17.0	34.0	14.0	15.0	18.0	10.5	18.0	23.0	23.0	14.2	43.5	255.5
1995	6.3	5.7	36.5	26.4	24.4	6.0	14.6	15.6	5.5	18.0	12.5	17.2	36.5	188.7
1996	70.7	15.7	42.0	17.4	27.3	11.6	17.0	12.4	12.6	25.5	22.0	35.5	70.7	309.7
1997	11.0	3.0	10.0	29.6	15.5	18.7	8.7	12.0	34.5	22.0	25.7	3.5	34.5	194.2
1998	<b>1.5</b>	<b>25.7</b>	<b>11.7</b>	<b>23.5</b>	<b>24.5</b>	6.0	21.1	13.3	30.2	42.5	20.7	48.6	48.6	269.3
1999	16.3	33.5	23.3	22.2	4.1	9.8	7.6	27.0	34.0	17.0	38.3	20.5	38.3	253.6
2000	18.2	17.6	21.5	11.9	13.0	12.2	25.3	9.6	21.2	9.3	23.5	7.6	25.3	190.9
2001	10.8	17.8	14.5	2.0	23.8	6.4	10.5	7.7	21.6	13.9	29.0	27.3	29.0	185.3
2002	8.9	3.9	13.6	19.6	17.1	<b>6.1</b>	8.6	10.7	8.9	37.0	12.5	20.8	37.0	167.7
2003	6.2	11.3	14.5	17.5	12.6	9.9	9.8	8.3	17.2	32.7	26.7	40.6	40.6	207.3
2004	10.5	20.0	7.2	23.5	23.5	7.2	9.3	8.0	45.6	19.3	42.7	3.8	45.6	220.6
2005	5.7	12.5	6.7	15.4	43.3	19.3	13.2	12.5	20.3	15.7	25.8	19.2	43.3	209.6
2006	16.5	29.9	23.7	50.7	28.1	14.5	9.6	7.3	11.1	17.7	44.3	21.2	50.7	274.6
2007	21.5	21.2	21.5	46.5	22.7	12.0	11.6	11.7	6.2	20.9	28.1	24.9	46.5	248.8
2008	30.6	16.7	21.0	34.2	28.3	21.9	51.2	33.1	23.1	22.8	36.3	22.2	51.2	341.4
2009	20.5	15.9	12.9	17.5	5.8	28.6	8.1	4.4	20.4	34.8	10.0	19.6	34.8	198.5
	1.5	13.8	27.1	46.9	27.9	18.8	25.9	16.8	15.9	25.7	33.7	11.9	46.9	265.9
<b>MAX</b>	70.7	33.5	44.2	50.7	44.5	33.0	51.2	33.1	45.6	90.0	47.0	48.6	90.0	341.4
<b>SUMA</b>	336.6	339.6	409.1	498.3	447.9	280.3	314.6	248.5	435.7	556.4	564.1	440.8	935.0	4871.9
<b>MEDIA</b>	16.0	16.2	19.5	23.7	21.3	13.3	15.0	11.8	20.7	26.5	26.9	21.0	44.5	232.0

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA MULTIANUAL, ESTACIÓN PROVIDENCIA GRANJA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX	TOTALES
1990	18.9	15.0	22.7	44.4	21.2	5.3	27.2	8.4	12.0	25.0	27.4	32.6	44.4	260.1
1991	6.4	27.2	18.6	32.3	20.6	11.1	16.2	10.0	14.5	5.2	27.6	10.0	32.3	199.7
1992	25.0	13.7	4.5	10.0	26.2	11.0	7.4	13.0	16.5	4.2	28.2	33.3	33.3	193.0
1993	15.6	9.2	8.9	24.3	14.8	6.4	8.0	5.5	26.5	13.5	35.7	13.2	35.7	181.6
1994	10.0	20.6	23.3	43.4	14.0	12.3	7.3	9.3	5.0	18.0	40.6	0.8	43.4	204.6
1995	2.6	11.8	30.5	18.0	26.1	8.5	14.0	17.2	30.1	22.0	6.5	25.0	30.5	212.3
1996	20.7	12.2	30.0	44.5	16.6	25.0	17.0	7.0	12.8	27.5	24.0	23.4	44.5	260.7
1997	15.6	10.0	22.5	34.2	13.5	40.0	7.1	2.0	7.2	15.0	19.8	0.2	40.0	187.1
1998	1.0	26.2	13.5	27.0	27.2	8.2	23.3	19.0	13.6	24.0	18.0	33.0	33.0	234.0
1999	11.0	15.6	20.0	15.0	27.7	43.3	12.0	17.2	15.6	21.8	16.6	44.1	44.1	259.9
2000	3.7	21.2	27.2	12.0	15.5	19.2	22.6	25.7	30.2	19.7	28.1	11.5	30.2	236.6
2001	15.0	9.5	23.5	4.6	37.5	21.0	12.7	3.5	26.5	8.2	10.8	34.6	37.5	207.4
2002	1.7	5.0	42.0	31.5	25.1	8.5	5.9	4.6	18.8	18.6	10.5	19.9	42.0	192.1
2003	0.4	22.6	19.6	20.3	14.9	8.5	8.0	6.7	20.8	21.3	33.1	10.0	33.1	186.2
2004	30.0	13.5	37.2	23.0	14.8	9.0	22.3	4.1	68.2	47.0	18.0	18.5	68.2	305.6
2005	4.7	6.5	18.3	18.2	26.3	9.0	25.0	18.0	18.0	55.3	17.0	11.6	55.3	227.9
2006	13.8	14.0	30.4	27.1	46.2	17.9	11.2	7.2	18.6	24.0	21.7	41.1	46.2	273.2
2007	3.7	7.4	11.5	34.8	17.0	22.0	21.0	14.5	6.1	47.8	14.2	18.6	47.8	218.6
2008	6.8	9.5	20.8	38.0	18.4	25.0	14.5	17.3	10.0	28.5	27.2	7.9	38.0	223.9
2009	15.3	20.5	25.2	27.3	22.1	32.8	8.5	13.0	7.6	35.2	11.2	3.5	35.2	222.2
2010	4.0	28.5	6.7	16.2	25.2	35.5	26.6	20.0	16.0	22.0	22.2	16.3	35.5	239.2
<b>MAX</b>	30.0	28.5	42.0	44.5	46.2	43.3	27.2	25.7	68.2	55.3	40.6	44.1	68.2	305.6
<b>SUMA</b>	225.9	319.7	456.9	546.1	470.9	379.5	317.8	243.2	394.6	503.8	458.4	409.1	850.2	4725.9
<b>MEDIA</b>	10.8	15.2	21.8	26.0	22.4	18.1	15.1	11.6	18.8	24.0	21.8	19.5	40.5	225.0

*Nota.* Página oficial del Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) (2020).

<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

## Anexo 7

*Cálculos realizados para determinar los diámetros y correcto funcionamiento de una red de recolección de agua lluvia.*

Bajante		Longitud [m]	Caudal [L/s]	COTAS		Pendiente	Diametro inicial			Diam. comercial		Q	Vo	Q/Qo	V/Vo	d/D	R/Ro	H/d	V	V2/2g	R	t	d	Cotas batea	
Entrada	Salida			Entrada	Salida		[cm]	[cm]	[in]	[in]	[cm]													Entrada	Salida
C6	C5	7.96	1.28	2565.62	2565.47	1.88%	4.59	7.62	3.00	4.0	10.16	10.70	8.51	0.12	0.553	0.258	0.606	0.179	4.71	1.13	0.015	2.84	0.026	2565.42	2565.27
C5	C4	8.10	2.60	2565.47	2565.33	1.73%	6.08	7.62	3.00	4.0	10.16	10.24	8.15	0.25	0.695	0.386	0.836	0.287	5.67	1.64	0.021	3.60	0.039	2565.27	2565.13
C4	C3	8.20	5.32	2565.33	2565.21	1.46%	8.20	10.16	4.00	6.0	15.24	27.79	9.83	0.19	0.645	0.334	0.748	0.244	6.34	2.05	0.028	4.09	0.051	2565.13	2565.01
C3	C2	8.28	8.00	2565.21	2565.08	1.57%	9.43	10.16	4.00	6.0	15.24	28.78	10.18	0.28	0.713	0.409	0.874	0.307	7.26	2.69	0.033	5.12	0.062	2565.01	2564.88
C2	C1A	7.73	10.68	2565.08	2564.99	1.16%	11.12	15.24	6.00	8.0	20.32	53.38	10.62	0.2	0.656	0.346	0.768	0.251	6.97	2.47	0.039	4.45	0.070	2564.88	2564.79
C1A	C1B	6.55	13.32	2564.99	2564.97	0.31%	15.52	15.24	6.00	8.0	20.32	27.34	5.44	0.49	0.845	0.557	1.073	0.450	4.60	1.08	0.055	1.63	0.113	2564.79	2564.77
C1B	B6	4.97	15.93	2564.97	2564.88	1.81%	11.89	15.24	6.00	8.0	20.32	66.58	13.24	0.24	0.680	0.370	0.809	0.273	9.01	4.13	0.041	7.29	0.075	2564.77	2564.68
B6	P1	6.99	17.18	2564.88	2564.35	7.58%	9.35	10.16	6.00	8.0	20.32	136.23	27.10	0.13	0.580	0.280	0.650	0.197	15.72	12.59	0.033	24.54	0.057	2564.68	2564.15
P1	E1	11.79	30.52	2564.35	2564.16	1.61%	15.50	15.24	6.00	8.0	20.32	62.81	12.49	0.49	0.845	0.557	1.073	0.450	10.56	5.68	0.055	8.61	0.113	2564.15	2563.96
E1	E2	8.94	31.85	2564.16	2564.15	0.11%	25.98	15.24	6.00	8.0	20.32	16.55	3.29	1.92	1.042	0.931	1.150	1.584	3.43	0.60	0.058	0.64	0.189	2563.96	2563.95
E2	E3	8.99	33.31	2564.15	2564.14	0.11%	26.45	15.24	6.00	8.0	20.32	16.50	3.28	2.02	1.042	0.931	1.150	1.584	3.42	0.60	0.058	0.64	0.189	2563.95	2563.94
E3	E4	6.53	34.82	2564.14	2564.07	1.07%	17.58	15.24	6.00	8.0	20.32	51.22	10.19	0.68	0.936	0.378	1.167	0.604	9.54	4.64	0.059	6.23	0.077	2563.94	2563.87
E4	E5	9.45	36.24	2564.07	2564.06	0.11%	27.56	15.24	6.00	8.0	20.32	16.09	3.20	2.25	1.042	0.931	1.150	1.584	3.34	0.57	0.058	0.61	0.189	2563.87	2563.86
E5	E6	2.67	37.71	2564.06	2564.03	1.12%	17.96	15.24	6.00	8.0	20.32	52.44	10.43	0.72	0.955	0.705	1.182	0.644	9.96	5.06	0.060	6.61	0.143	2563.86	2563.83
E6	P2	17.98	38.11	2564.03	2563.97	0.33%	22.64	15.24	6.00	8.0	20.32	28.58	5.69	1.33	1.042	0.931	1.150	1.584	5.92	1.79	0.058	1.91	0.189	2563.83	2563.77
P2	PF	18.67	38.11	2563.97	2563.85	0.64%	20.02	15.24	6.00	8.0	20.32	39.66	7.89	0.96	1.036	0.876	1.197	1.103	8.17	3.41	0.061	3.83	0.178	2563.77	2563.15
A5	C4	5.88	1.36	2565.51	2565.33	3.06%	4.28	7.62	3.00	4.0	10.16	13.63	10.85	0.1	0.540	0.248	0.586	0.170	5.86	1.75	0.015	4.47	0.025	2565.31	2565.13
A4	C3	6.04	1.34	2565.39	2565.21	2.98%	4.28	7.62	3.00	4.0	10.16	13.45	10.70	0.1	0.540	0.248	0.586	0.170	5.78	1.70	0.015	4.35	0.025	2565.19	2565.01
A3	C2	6.29	1.34	2565.27	2565.08	3.02%	4.27	7.62	3.00	4.0	10.16	13.54	10.78	0.1	0.540	0.248	0.586	0.170	5.82	1.73	0.015	4.41	0.025	2565.07	2564.88
A2	C1A	6.42	1.33	2565.15	2564.99	2.49%	4.41	7.62	3.00	4.0	10.16	12.30	9.79	0.11	0.553	0.258	0.606	0.179	5.41	1.49	0.015	3.76	0.026	2564.95	2564.79
A1	C1B	6.83	1.29	2565.12	2564.97	2.20%	4.46	7.62	3.00	4.0	10.16	11.55	9.19	0.11	0.553	0.258	0.606	0.179	5.08	1.32	0.015	3.31	0.026	2564.92	2564.77
D1	D2	8.86	2.56	2564.58	2564.51	0.79%	6.99	7.62	3.00	4.0	10.16	6.93	5.51	0.37	0.776	0.476	0.974	0.368	4.28	0.93	0.025	1.92	0.048	2564.38	2564.31
D2	D3	5.75	5.17	2564.51	2564.47	0.70%	9.33	10.16	4.00	6.0	15.24	19.16	6.78	0.27	0.706	0.400	0.860	0.300	4.78	1.17	0.033	2.23	0.061	2564.31	2564.27
D3	D4	7.66	7.83	2564.47	2564.39	1.04%	10.10	10.16	4.00	6.0	15.24	23.48	8.30	0.33	0.750	0.447	0.931	0.341	6.23	1.98	0.035	3.63	0.068	2564.27	2564.19
D4	D5	9.15	10.45	2564.39	2564.38	0.11%	17.18	15.24	6.00	8.0	20.32	16.36	3.25	0.64	0.918	0.651	1.151	0.568	2.99	0.45	0.058	0.63	0.132	2564.19	2564.18
D5	P1	3.92	13.34	2564.38	2564.35	0.77%	13.07	15.24	6.00	8.0	20.32	43.28	8.61	0.31	0.729	0.424	0.896	0.321	6.28	2.01	0.046	3.41	0.086	2564.18	2564.15
B1	D1	3.20	1.29	2564.74	2564.58	5.00%	3.83	7.62	3.00	4.0	10.16	17.42	13.86	0.07	0.492	0.210	0.510	0.140	6.82	2.37	0.013	6.35	0.021	2564.54	2564.38
B2	D2	3.96	1.31	2564.67	2564.51	4.04%	4.01	7.62	3.00	4.0	10.16	15.66	12.46	0.08	0.505	0.220	0.530	0.151	6.29	2.02	0.013	5.33	0.022	2564.47	2564.31
B3	D3	5.58	1.35	2564.70	2564.47	4.12%	4.03	7.62	3.00	4.0	10.16	15.82	12.59	0.09	0.520	0.232	0.554	0.161	6.55	2.18	0.014	5.68	0.024	2564.50	2564.27
B4	D4	5.78	1.35	2564.73	2564.39	5.88%	3.78	7.62	3.00	4.0	10.16	18.90	15.04	0.07	0.492	0.210	0.510	0.140	7.40	2.79	0.013	7.47	0.021	2564.53	2564.19
B5	D5	5.53	1.28	2564.79	2564.38	7.41%	3.55	7.62	3.00	4.0	10.16	21.22	16.88	0.06	0.473	0.196	0.481	0.128	7.99	3.25	0.012	8.88	0.020	2564.59	2564.18

*Nota: Estos cálculos se realizaron tomando en cuenta los cálculos que se realizarían para el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial. (2021).*

## Anexo 8

Tanque interceptor para el Sistema de Captación de Agua Pluvial en Tejados (SCAPT), Catalogo

Homecenter <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co>

Tanque Bajito 2.000 Litros - Homecenter.com.co



### COLEMPAQUES Tanque Bajito 2.000 Litros



\$1.512.900 UND

COLEMPAQUES

#### Ficha técnica

Garantía	1 Año
Tipo	Tanque almacenamiento
Medidas	111x219 cm
Características	Cumplen con el método de Migración Global para plásticos, avalado por la ONAC, NTC 5022 y NTC 4384, de fabricación para proceso de Rotomoldeo. Evitan la producción de algas y bacterias debido a su color negro. Son Tanques de fácil manejo para su instalación, transporte y almacenamiento. Poseen aletas que permiten que la tapa permanezca fija. Poseen aditivo UV, que bloquea los rayos ultravioleta, haciéndolos resistentes a la intemperie.
Capacidad	2.000 Litros
Material	Polietileno
Certificación	NTC 4384
Uso	Industrial / Residencial / Institucional
Origen	Colombia

## Tanque de Almacenamiento para el Sistema de Captación de Agua Pluvial en Tejados (SCAPT)

Tanque 20.000 Litros Cilíndrico - Homecenter.com



### COLEMPAQUES Tanque 20.000 Litros Cilíndrico



COLEMPAQUES  
Tanque 20.000 Litros Cilíndrico

\$12.884.900 UND

<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/105744/tanque-20000-litros-cilindrico>

#### Ficha técnica

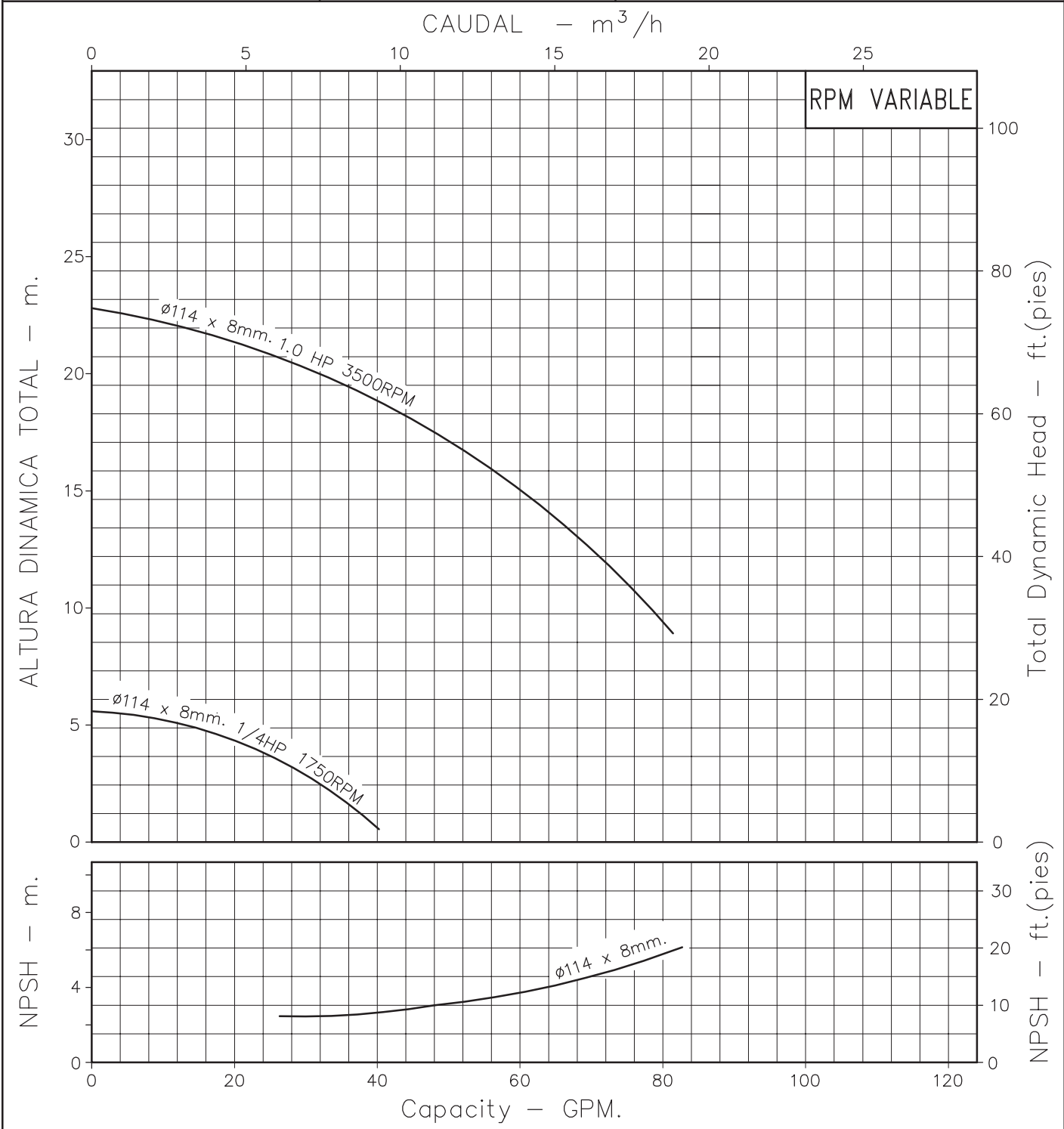
Garantía	1 Año
Tipo	Tanque cilíndrico
Medidas	291x305 cm
Características	Aprobados por la F.D.A. Cumplen con el método de Migración Global para plásticos avalados por la ONAC, NTC 5022 y NTC 4384 de fabricación para proceso de Rotomoldeo. Evitan la producción de algas y bacterias debido a su color negro. Son de fácil manejo para su instalación, transporte y almacenamiento. Poseen aditivo U.V. Los productos deben usarse en condiciones normales de presión atmosférica. Tapa roscada tipo Manhole que permite el ingreso de un operario. Con tapón pequeño para envasar líquidos, con sistema de respiración que alivia presión o vacío dentro del tanque.
Capacidad	20.000 Litros
Material	Polietileno
Certificación	NTC 4384
Uso	Industrial / Residencial / Institucional
Origen	Colombia
Incluye	Juego de Accesorios (Adaptadores, Acoples, Manguera Flexible)

# MOTOBOMBA CENTRIFUGA USO GENERAL "AQUARIUM" EJE LIBRE



Version: Sello Mecanico.  
 Ø Rotor: 114mm.  
 Ø Max. Particulas:7mm.  
 Sellos y empaquetaduras  
 en vitón.

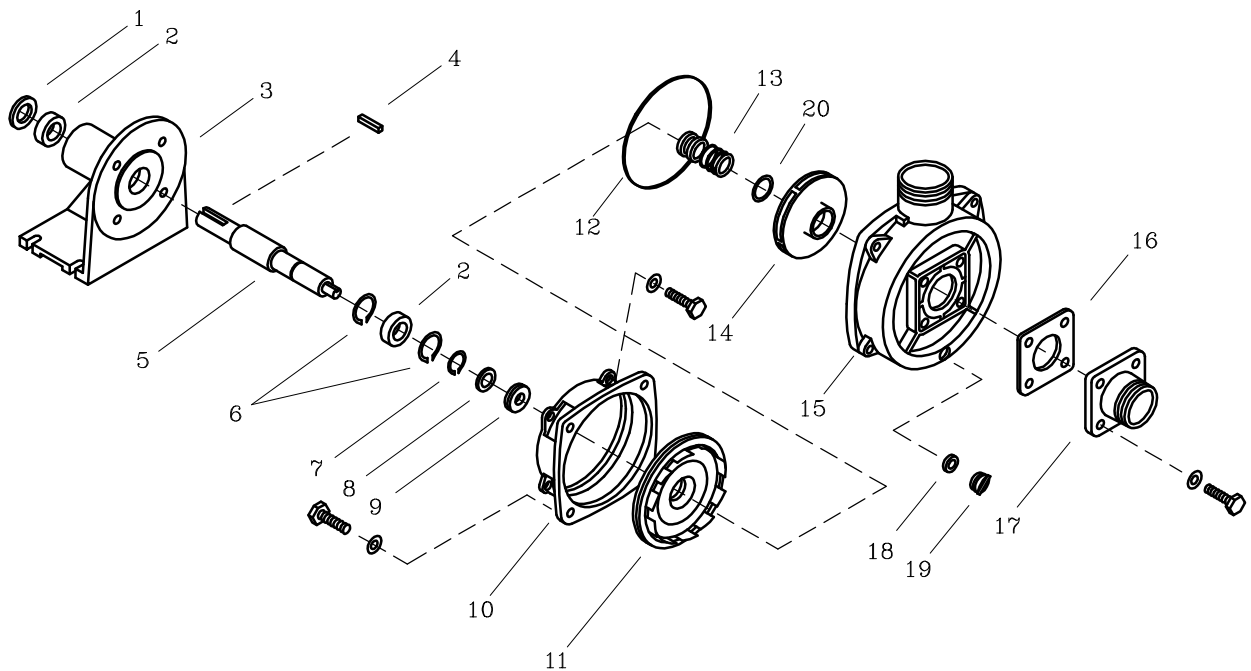
MODELO:  
**BEQ**  
 CONEXION: Roscada NPT  
 Succion: 2"  
 Descarga: 2"



Codigo: **970250CU**  
 Revision: RO  
 Fecha: SEP-08-97  
 Reemp: :

**NOTAS:** 1. Densidad del agua a 4 °C : 1 gr/cm<sup>3</sup>  
 2. Curvas desarrolladas a Nivel del Mar  
 3. Motores monofasicos tipo "Jet" pump motors" con S.F. incluido.

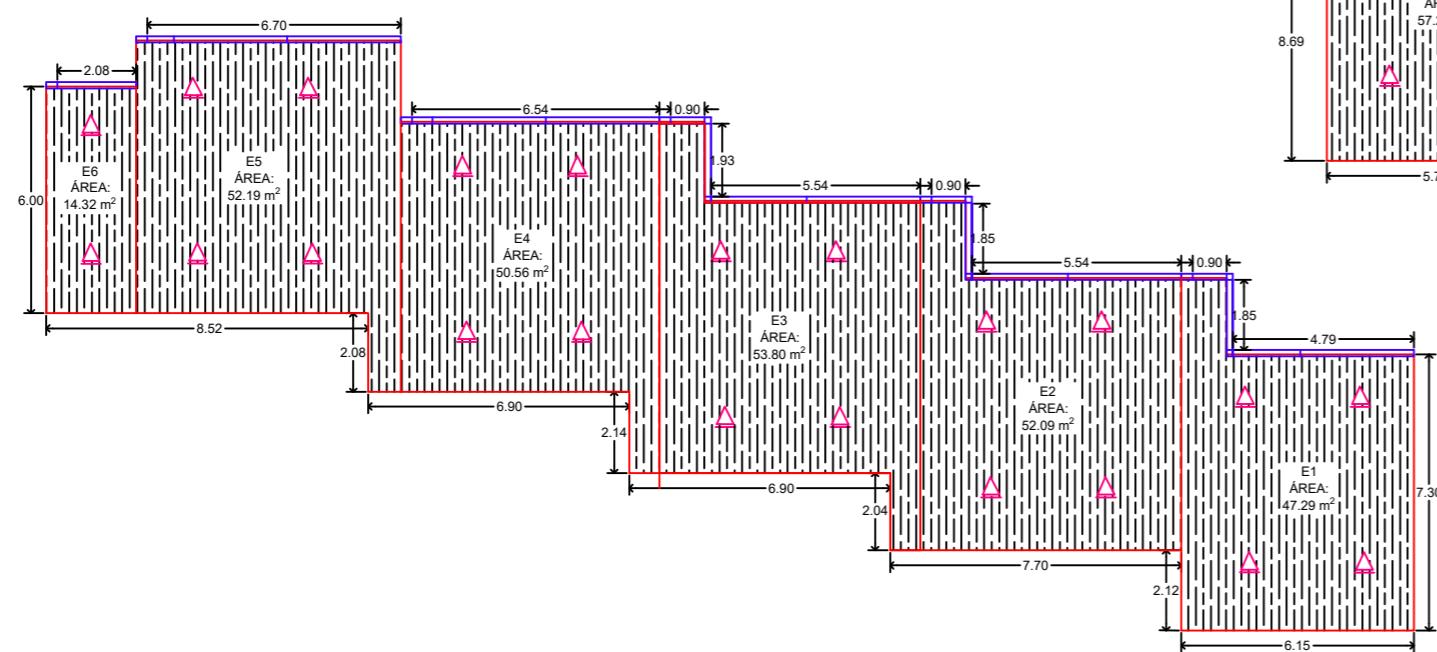
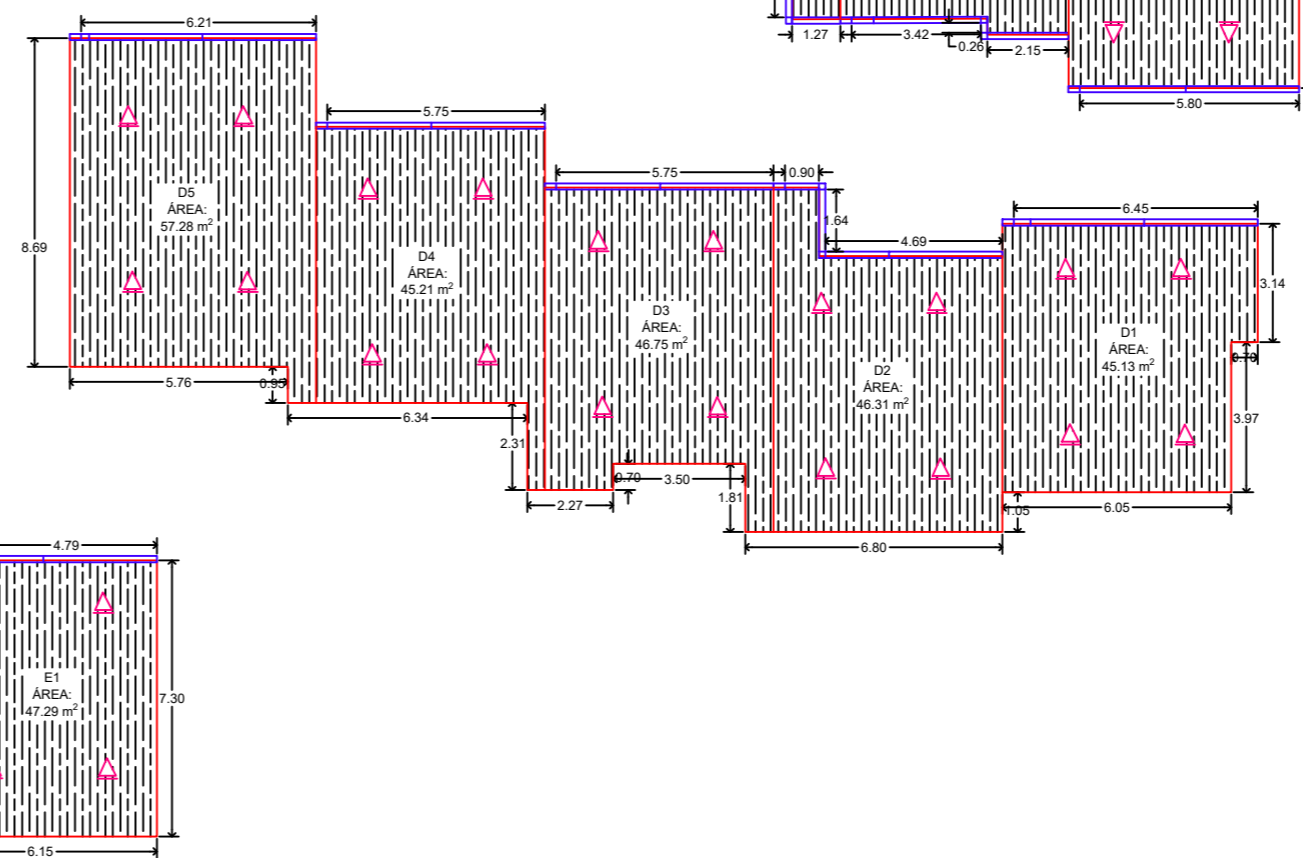
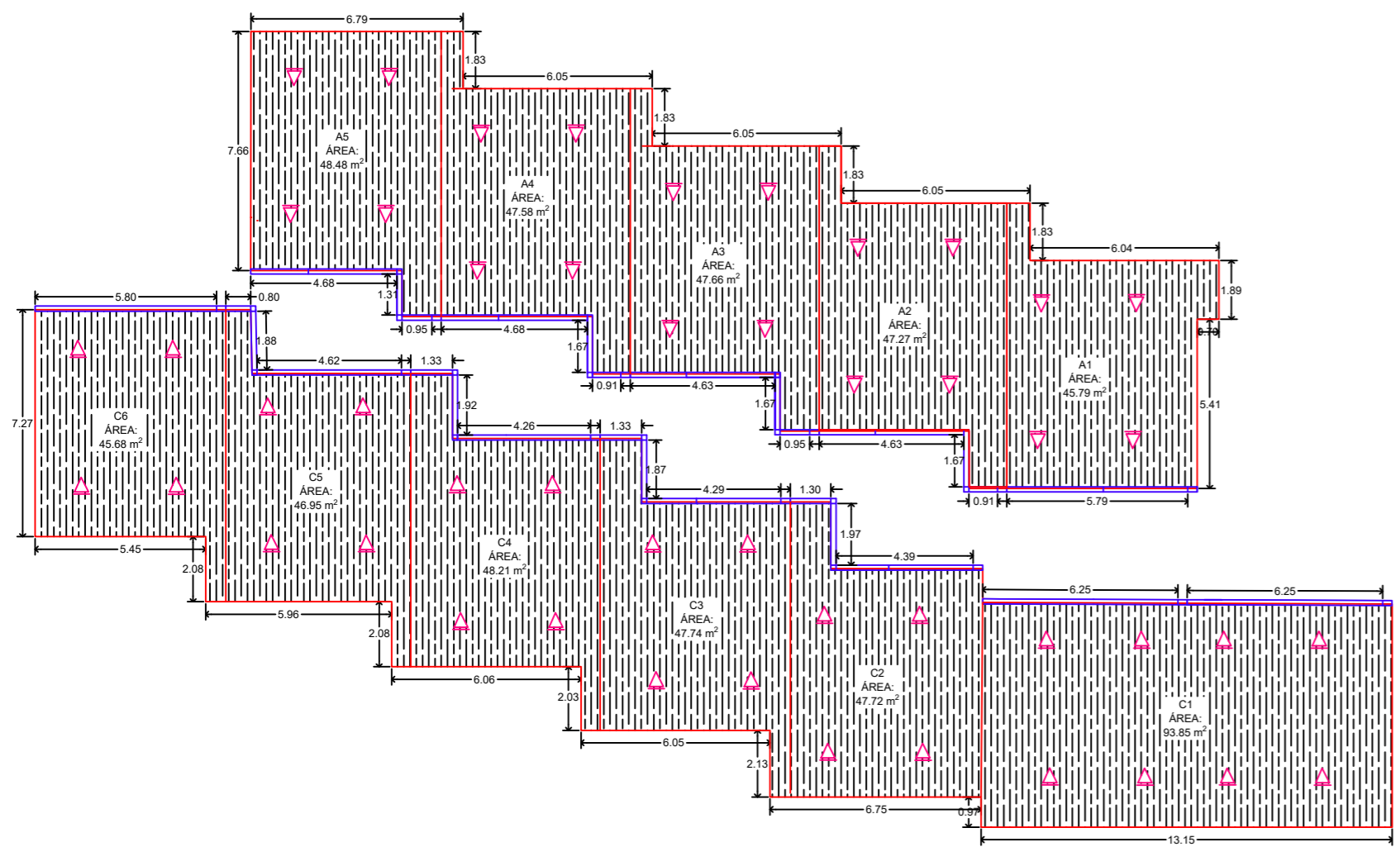
Caudal Max.	gpm
Altura Max.	ft
Eficiencia Max.	%



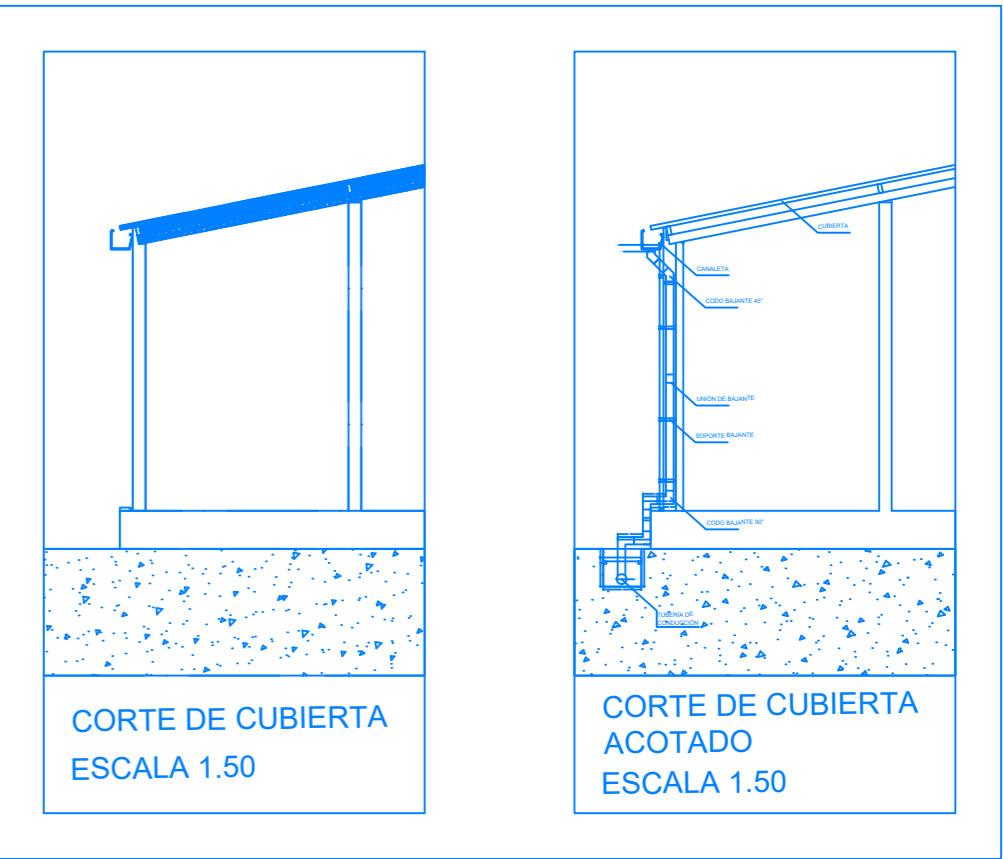
## LISTA DE REPUESTOS

ITEM No.	DESCRIPCION	CODIGO	CANTIDAD
1	EMPAQUE SOP. ROD. 8M-L	8414600043	1
2	RODAMIENTO 6204 ZZ.	8672700052	2
3	SOPORTE L1	9213000021	1
4	CUÑA 3/16" x 25mm	7707100041	1
5	EJE SOPORTE L1 BEQ	9700300041	1
6	ANILLO RETEN. ROD. I-47	8103200052	2
7	ANILLO RETEN. ROD. A-19	8814900052	1
8	DEFLECTOR 18 mm. DIA. INT.	7115700051	1
9	RETENEDOR 20x47x13	9213500051	1
10	ADAPTADOR 56Y/56J	8809200023	1
11	PLATO SELLO DIFUSOR AQUARIUM	8840000023	1
12	EMPAQUE CARCASA P/SELLO BEQ VITON	88195A0051	1
13	SELLO MECANICO $\phi$ 3/4" TIPO 6 VITON	8670600051	1
14	ROTOR ATA-1.0 114x8 mm.	882841A023	1
15	CARCASA AQUARIUM AT.	8827500023	1
16	EMPAQUE BRIDA CARCASA BEQ VITON	88193A0051	1
17	BRIDA RECTA AR.	8809600023	1
18	EMPAQUE TAPON BEQ VITON	91027A0051	1
19	TAPON PLASTICO 1/8" NPS.	8933600023	1
20	AROSSELLO CASQ. B.SUMERG. 2-111	7928100051	1

- Tornilleria estandar en acero inoxidable se ilustra unicamente.



Escala  
1 : 200



**DIMENSIONES GENERALES DEL DISEÑO**

BLOQUE	AREA TOTAL DE CUBIERTA	LONGITUD TOTAL DE CANAL
A	236.77 m <sup>2</sup>	37.24 m
B	278.40 m <sup>2</sup>	45.65 m
C	330.14 m <sup>2</sup>	52.73 m
D	240.69 m <sup>2</sup>	38.03 m
E	270.25 m <sup>2</sup>	45.67 m

**Nota:**  
 Los demas elementos necesarios para que fueron considerados para el diseño como lo son:  
 \* Unión bajante  
 \* Unión esquina  
 \* Soportes  
 \* Hidrosellos  
 \* Tapas internas y externas  
 \* Equipo de bajante.  
 Se encuentran debidamente detallados y contados en la tabla de anexo de diseño de canales y bajantes.



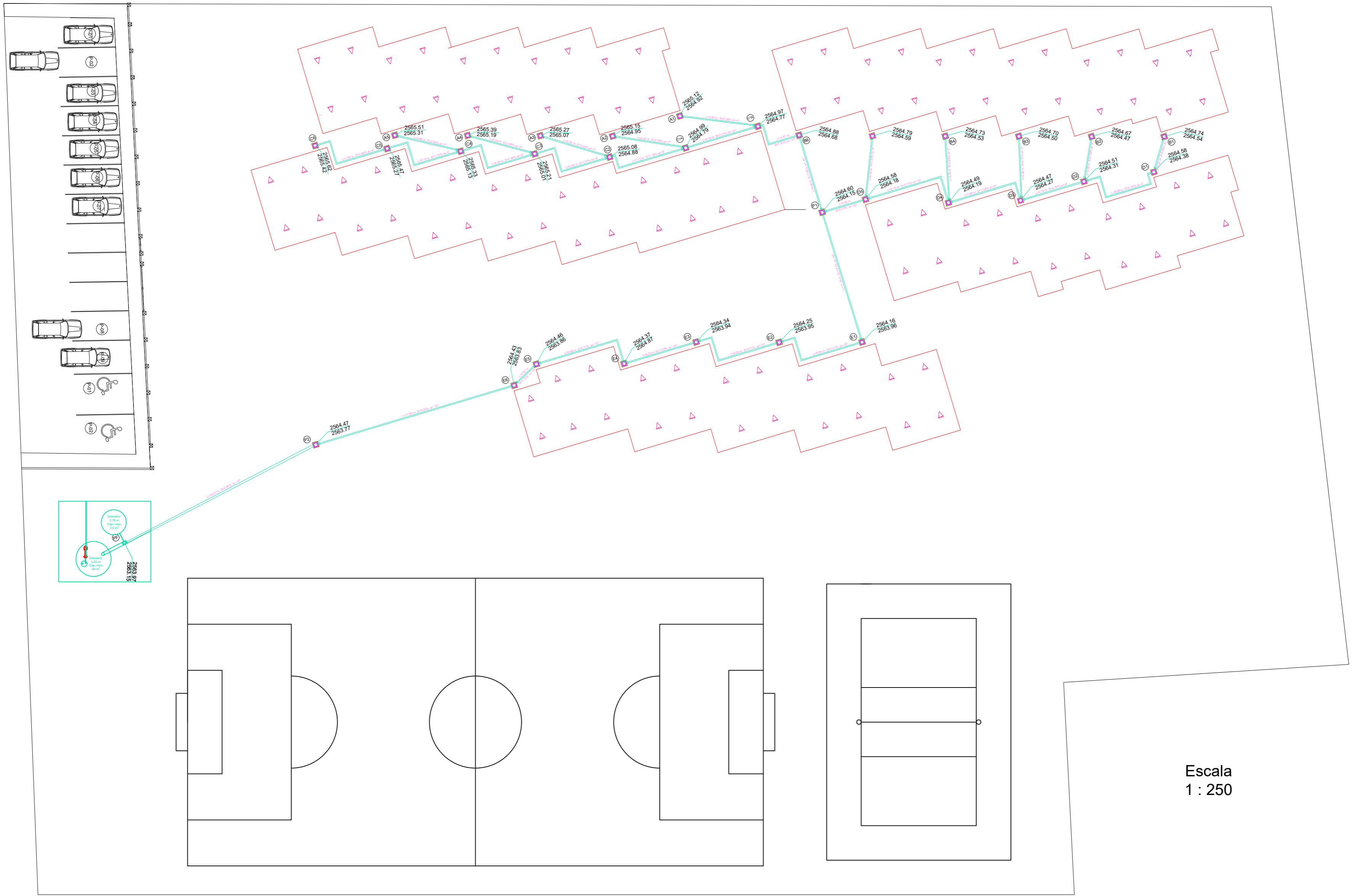
INTEGRANTES  
 CRISTIAN CAMILO FIQUITIVA VELÁSQUEZ  
 2201456  
 JOHAN MANUEL GUZMAN CASTILLO  
 2200818

PROYECTO DE GRADO  
 PREDISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA PARA  
 UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE LA SABANA DE BOGOTÁ  
 PLANO DE CUBIERTAS Y DISPOSICIÓN DE CANALES PARA  
 LA RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA

INFORMACIÓN DE CONTACTO  
 cristianfiquitiva@usantotomas.edu.co  
 ccfiquitiva98@gmail.com  
 johanguzman@usantotomas.edu.co  
 johanmanuel0514@hotmail.com

PRESENTADO A:  
 COMITE DE GRADOS FACULTAD  
 DE INGENIERÍA CIVIL  
 DIRECTOR DE PROYECTO:  
 ANTONIO PREZIOSI ROMERO

PLANO:  
 1  
 /  
 1  
 ESCALA:  
 INDICADAS



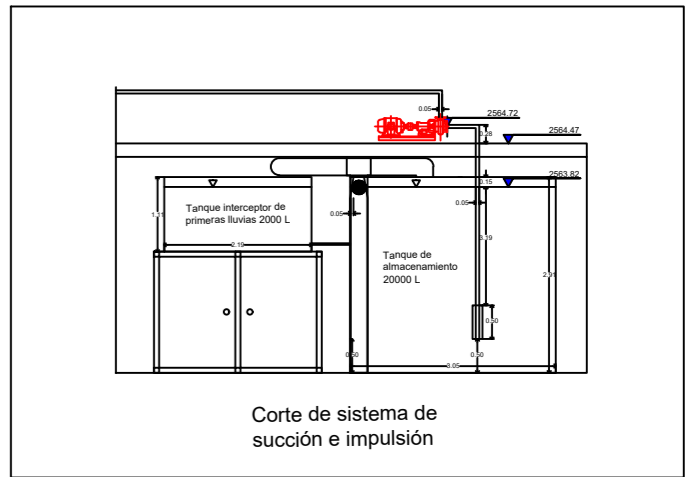
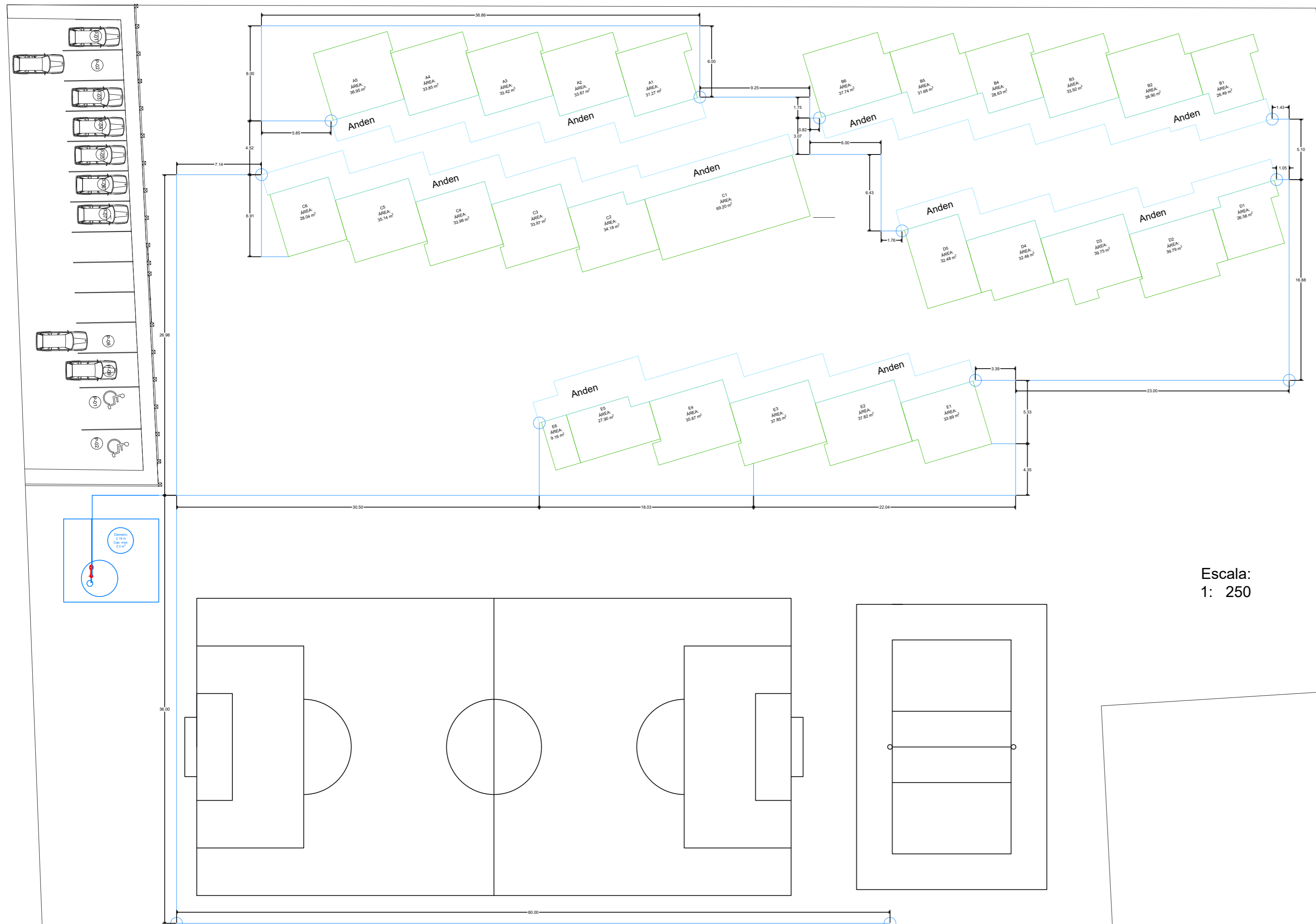
**INTEGRANTES**  
 CRISTIAN CAMILO FIQUITIVA VELÁSQUEZ  
 2201456  
 JOHAN MANUEL GUZMAN CASTILLO  
 2200818

**PROYECTO DE GRADO**  
 PREDISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA PARA  
 UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE LA SABANA DE BOGOTÁ  
 PLANO DE RED DE RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA  
 Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO

**INFORMACIÓN DE CONTACTO**  
 cristianfiquitiva@usantotomas.edu.co  
 cefiquitiva98@gmail.com  
 johanguzman@usantotomas.edu.co  
 johanmanuel0514@hotmail.com

**PRESENTADO A:**  
 COMITE DE GRADOS FACULTAD  
 DE INGENIERÍA CIVIL  
 DIRECTOR DE PROYECTO:  
 ANTONIO PREZIOSI ROMERO


**PLANO:**  
 1 / 1  
**ESCALA:**  
 INDICADAS



Escala:  
1: 250

Nota:  
Toda la red esta diseñada con un diámetro de 2".

Simbología:  
○ Llave de agua de 1/2"

	<p>INTEGRANTES</p> <p>CRISTIAN CAMILO FIQUITIVA VELÁSQUEZ 2201456</p> <p>JOHAN MANUEL GUZMAN CASTILLO 2200818</p>	<p>PROYECTO DE GRADO</p> <p>PREDISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA PARA UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE LA SABANA DE BOGOTÁ</p> <p>PLANO DE RED DE DISTRIBUCIÓN</p>	<p>INFORMACIÓN DE CONTACTO</p> <p>cristianfiquitiva@usantotomas.edu.co ccfiquitiva98@gmail.com</p> <p>johanguzman@usantotomas.edu.co johanmanuel0514@hotmail.com</p>	<p>PRESENTADO A:</p> <p>COMITE DE GRADOS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>DIRECTOR DE PROYECTO: ANTONIO PREZIOSI ROMERO</p>	<p>PLANO: 1 / 1</p> <p>ESCALA: 1: 250</p>
--	---	---	--	--	---

**Anexo 13**

*Presupuesto de Sistema de Captación de Agua Pluvial en Tejados (SCAPT) en el colegio Gimnasio Jireh.*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
<b>GENERALIDADES</b>				<b>\$2.725.578,00</b>
Mano de Obra.	Cuadrilla	1	\$2.725.578,00	\$2.725.578,00
<b>SISTEMA DE CAPTACIÓN</b>				<b>NA</b>
<b>SISTEMA DE RECOLECCIÓN</b>				<b>\$17.199.450,00</b>
Canal Amazona PAVCO de 3m Ala				
Alta:13.5cm x Ala Baja:9.6cm x Base: 12cm	und	78	\$80.900,00	\$6.310.200,00
Tapa Externa Izquierda Amazonas	und	28	\$7.300,00	\$204.400,00
Tapa Externa Derecha Amazonas	und	28	\$7.300,00	\$204.400,00
Unión Canal Amazonas	und	42	\$19.900,00	\$835.800,00
Unión Esquina Exterior Amazonas	und	15	\$32.350,00	\$485.250,00
Unión Esquina Interior Amazonas	und	15	\$32.900,00	\$493.500,00
Soporte Canal PVC Amazonas	und	410	\$3.900,00	\$1.599.000,00
Soporte Canal Metal Amazonas	und	205	\$9.900,00	\$2.029.500,00
Unión Bajante - Canal Amazonas	und	29	\$25.900,00	\$751.100,00
Bajante de Extremo Liso 3m	und	29	\$76.900,00	\$2.230.100,00
Codo de Bajante 90°	und	58	\$8.900,00	\$516.200,00
Codo de Bajante 45°	und	116	\$6.900,00	\$800.400,00
Unión de Bajante	und	-	-	-
Soporte Bajante	und	116	\$2.900,00	\$336.400,00
Adaptador Bajante (3" - 4")	und	29	\$11.900,00	\$345.100,00
Lubricante de Silicona	und	1	\$5.900,00	\$5.900,00
Tornillo inoxidable	und	232	\$225,00	\$52.200,00
<b>SISTEMA DE CONDUCCIÓN</b>				<b>\$30.978.789,83</b>

Excavación Manual para Enterramiento de Tubería (0.5x0.2x156.7 m)	m <sup>3</sup>	15,67	-	-
Excavación Manual para Enterramiento de Tubería (0.5x0.51x85 m)	m <sup>3</sup>	21,68	-	-
Cama de Arena para Instalación de Tubería (0.5x0.1x241.7 m)	m <sup>3</sup>	12,09	\$30.000,00	\$362.550,00
Suministro Tubería de Conducción al Tanque, PVC 4", (enterrada) - 6 m	ML	79,83	\$104.900,00	\$1.395.694,50
Suministro Tubería de Conducción al Tanque, PVC 6" (enterrada) - 6 m	ML	29,89	\$232.900,00	\$1.160.230,17
Suministro Tubería de Conducción al Tanque, PVC 8" (enterrada) - 6 m	ML	7,73	\$487.100,00	\$627.547,17
Suministro Tubería de Conducción al Tanque, PVC 10" (enterrada) - 6 m	ML	124,26	\$760.800,00	\$15.756.168,00
Codos de 90° 1/4 CxC de 4"	und	8	\$8.700,00	\$69.600,00
Codos de 90° 1/4 CxC de 6"	und	5	\$96.900,00	\$484.500,00
Codos de 90° 1/4 CxC de 8"	und	2	\$152.900,00	\$305.800,00
Codos de 90° 1/4 CxC de 10"	und	8	\$635.000,00	\$5.080.000,00
Unión de Tubería de 4"	und	3	\$5.400,00	\$16.200,00
Unión de Tubería de 6"	und	3	\$26.900,00	\$80.700,00
Unión de Tubería de 8"	und	1	\$100.000,00	\$100.000,00
Unión de Tubería de 10"	und	12	\$215.000,00	\$2.580.000,00
Codos de 45° CxC de 4"	und	4	\$9.800,00	\$39.200,00
Codos de 45° CxC de 10"	und	4	\$440.000,00	\$1.760.000,00
Yees y yees reducidas	und	7	\$165.800,00	\$1.160.600,00
<b>INTERCEPTOR</b>				<b>\$1.662.900,00</b>
Interceptor	und	1	\$150.000,00	\$150.000,00
Tanque Interceptor Colempaques de 2000 L	und	1	\$1.512.900,00	\$1.512.900,00
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>				<b>\$21.080.380,19</b>

Tanque de Almacenamiento Colempaques de 20000 L	und	1	\$12.884.900,00	\$12.884.900,00
Excavación Manual para el Tanque de Almacenamiento+Cuarto de Bombas	m <sup>3</sup>	206,64	-	-
Muros de Contención para Tanque de Almacenamiento+Cuarto de Bombas	m <sup>3</sup>	10,50	\$393.000,00	\$4.126.500,00
Placa de Cimiento en Concreto para Tanque de Almacenamiento+Cuarto de Bombas	m <sup>3</sup>	5,31	\$393.001,00	\$2.088.250,11
Cubierta en Concreto para Tanque de Almacenamiento+Cuarto de Bombas	m <sup>3</sup>	5,04	\$393.002,00	\$1.980.730,08
<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</b>				<b>\$2.427.036,00</b>
<i>Linea de succión</i>				\$1.943.809,00
Suminstro e Instalación de Tubería de Succión de 2" - PVC - RDE 21 - Incluye accesorios, soldadura y limpiador	ML	2	\$27.500,00	\$55.000,00
Suministro de Codo 90° c x c 1/4 PAVCO 2 " Presión RDE 21	und	1	\$309,00	\$309,00
Suministro e Instalación de Niple Pasamuro de 2". Incluye accesorios	und	1	\$27.500,00	\$27.500,00
Bomba centrifuga "Eje libre" con Diámetro de Succión de 2" y Diámetro de Impulsión de 2", Modelo BEQ de 3500 RPM y rodete de 144 mm	und	1	\$1.861.000,00	\$1.861.000,00
<i>Linea de Impulsión</i>				\$483.227,00
Suministro de Codo 90° c x c 1/4 PAVCO 2" Presión RDE 21	und	27	\$309,00	\$8.343,00
Suministro e Instalación de Niple Pasamuro de 2"	und	1	\$7.000,00	\$7.000,00

Suministro e Instalación de Tubería Horizontal de 2" PVC - Presión RDE 21 6 metros	ML	135	\$12.000,00	\$270.400,00
Suministro e Instalación de Tubería Vertical 2" PVC - RDE 21, Anclada a Muro 6 metros	ML	72	\$12.000,00	\$144.000,00
Suministro e Instalación de Tubería Horizontal de 2" PVC, Presión RDE 21 Llegada a Tanques de almacenamiento	ML	15	\$12.000,00	\$30.000,00
Excavación y Retiro de Material de excavación para zanja instalación de tubería	m <sup>3</sup>	4	-	-
Cama de Arena para Instalación de Tubería enterrada	m <sup>3</sup>	1	\$30.000,00	\$23.484,00
Material de relleno proveniente de la excavación para tapar tubería enterrada	m <sup>3</sup>	1	-	-
<b>TOTAL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN TEJADOS</b>				<b>\$76.074.134,03</b>