

RAIN WALL  
SISTEMA VERTICAL QUE IMPLEMENTA LA RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS Y  
CULTIVOS HIDROPÓNICOS

GERALDIN YALIANY MUÑOZ MARTÍNEZ  
JUAN SEBASTIÁN SUAREZ GUERRERO



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

ARQUITECTURA

BOGOTÁ D.C

12 Junio de 2020

# **Rain Wall**

**sistema vertical que implementa la recolección de aguas lluvias y cultivos hidropónicos**

**Geraldin Yaliany Muñoz Martínez**

**Juan Sebastián Suárez Guerrero**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Arquitecto**

**Manuel Fernando Martínez Forero**

**Arquitecto, Mg. en construcción**



Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Programa de Arquitectura

Bogotá D.C

### **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado a Aida Lida Guerrero Albán, Claudia Inés Martínez Macareo y Zirineo Sitei Muñoz Solarte por su apoyo incondicional, sus enseñanzas y la fe que siempre depositaron en nosotros y en nuestro trabajo a lo largo de este proceso académico, gracias por su apoyo.

*¡A la memoria de mi madre ¡*

**Tabla de contenido**

Resumen .....	12
Abstract .....	13
Introducción .....	14
1. Formulación de la investigación .....	16
1.1. Planteamiento del problema .....	16
1.2. Pregunta de investigación .....	17
2. Justificación.....	18
3. Estado del arte .....	26
3.1. Técnica automática riega huertas pequeñas con aguas lluvias .....	26
4. Hipótesis.....	28
5. Objetivo.....	29
5.1. Objetivo General.....	29
5.2. Objetivos Específicos .....	29
6. Marcos.....	30
6.1. Marco teórico y conceptual .....	30
6.1.1. <i>Innovación y ciudad sostenible</i> .....	30
6.1.2. <i>Teoría de la Precipitación Aprovechable y Estimación del Déficit del Agua</i> .....	30

	5
6.1.3. <i>Recolección de Aguas Lluvias</i> .....	32
6.1.4. <i>Cultivo Hidropónico</i> .....	34
6.2. Referentes técnicos .....	37
6.2.1. <i>Filtro de agua llueve lluvia</i> .....	37
6.2.2. <i>Sistema NFT</i> .....	38
7. Metodología .....	41
7.1. Aspectos metodológicos .....	41
7.1.1. <i>Enfoque o la técnica de la investigación</i> .....	41
7.1.2. <i>Tipo de investigación</i> .....	41
7.1.3. <i>Metodología por objetivos</i> .....	41
8. Propuesta.....	44
8.1. Proyecto Rain Wall: Definición de la propuesta .....	44
8.2. Descripción de la propuesta.....	45
8.3. Objetivos de la propuesta .....	47
8.4. Componentes de la propuesta .....	48
8.4.1. <i>Estructura</i> .....	48
8.4.2. <i>Filtro de Primeras aguas</i> .....	49
8.4.3. <i>Filtro de Arenas</i> .....	50
8.4.4. <i>Tanques</i> .....	50
8.4.5. <i>Zonas de germinación</i> .....	51

	6
8.4.6. Bomba Sumergible .....	53
8.4.7. Tubería para líneas de riego.....	54
8.5. Protección y cuidados .....	54
8.6. Funcionamiento del Sistema Rain Wall .....	57
8.6.1. Zona de Aguas Lluvias.....	57
8.6.2. Zona cultivo hidropónico.....	58
8.7. Variables de aplicación del sistema Rain-Wall .....	60
8.7.1. Variables del lugar .....	60
8.7.2. Variables ambientales.....	61
8.8. Variables de funcionamiento del sistema .....	63
8.8.1. Cimentación y anclaje vertical .....	63
8.8.2. Numero de módulos.....	64
8.8.3. Demanda.....	64
8.8.4. Caudal .....	64
8.8.5. Volumen de agua .....	64
8.8.6. Tipología.....	64
8.8.7. Tipo de cultivo .....	65
8.8.8. Disposición del modulo .....	65
9. Caso de aplicación sistema RAIN-WALL.....	66
9.1. Caso de estudio.....	66

	7
9.1.1. <i>Ubicación</i> .....	66
9.2. Condiciones ambientales .....	67
9.2.1. <i>Precipitaciones</i> .....	67
9.2.2. <i>Temperatura</i> .....	68
9.3. Levantamiento arquitectónico .....	69
9.3.1. <i>Consumo de agua</i> .....	71
9.4. Selección de cultivo – caso de estudio .....	72
9.5. Anclaje con chazos expansivos (tipo de anclaje) .....	73
9.6. Viabilidad del sistema RAIN-WALL.....	74
9.7. Diseños complementarios para la aplicación del prototipo .....	79
10. Taller de aplicación.....	80
10.1. Workshop-sesión teórica .....	80
10.2. Workshop-sesión practica.....	80
10.3. Manual de aplicación.....	83
11. Conclusiones y recomendaciones .....	85
11.1. Conclusiones.....	85
11.2. Recomendaciones .....	86
Lista de Referencia.....	87
Anexos .....	90

**Lista de Tablas**

<i>Tabla 1. Componentes y funcionamiento de un Sistema de Aguas lluvias .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 2. Ventajas y desventajas del Cultivo Hidropónico.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 3. Componentes y funcionamiento del Cultivo Hidropónico.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 4. Cultivos de Clima Cálido y Clima Frío y sus condiciones.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 5 Cálculo del consumo de agua diario y semanal de la sede preescolar.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 6. Análisis detallado del aprovechamiento del recurso hídrico y la cobertura en el caso de estudio .....</i>	<i>74</i>



**Lista de Figuras**

<i>Figura 1. Precipitaciones en países de América latina (mm/año). .....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2. Consumo de fertilizantes en América Latina y el caribe en Kg/Ha.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3. Estudiante con modelo riega huertas pequeñas con aguas lluvias. ....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 4. Elementos del Sistema de filtro Llueve Lluvia.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 5. Filtro primeras aguas .....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 6. Técnica NFT Nutrient Film Technique.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 7. Esquema compositivo sistema RAIN-WALL.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 8. Componentes funcionales del sistema. ....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 9. Esquema de funcionamiento del sistema. ....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 10. Estructura general del sistema RAIN-WALL.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 11. Filtro de acero inoxidable para primeras aguas.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 12. Filtro de capas minerales (arena, carbón activado y grava fina).....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 13. Tanques y depósitos.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 14. Zonas de semillero.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 15. Depósitos sistema RAIN-WALL.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 16. Bomba sumergible de agua.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 17. Líneas de riego.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 18. Grupos de amenazas para el cultivo hidropónico.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 19. Especies de plantas aromáticas.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 20. Funcionamiento zona de recolección y aprovechamiento de agua lluvia.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 21. Funcionamiento zona de cultivos hidropónicos. ....</i>	<i>58</i>

	10
<i>Figura 22. Esquema de los tipos de variables del sistema RAIN-WALL.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 23. Promedio de precipitación anual en Colombia (mm). .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 24. Variables de funcionamiento del sistema RAIN-WALL.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 25. Ubicación del caso de estudio. ....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 26. Colegio Técnico Jaime Pardo Leal. Leal .....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 27. Precipitaciones, mes (mm) y número de días con precipitación estación (San Diego). .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 28. Temperatura de Bogotá promedio histórico.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 29. Planta Cubiertas. ....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 30. Sede preescolar Fachada sur / Muro de aplicación.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 31. Fachada oriente sede preescolar.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 32. Consumo de agua por actividades.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 33. Plano detalle del anclaje con chazos metálicos. ....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 34. Cobertura sobre la demanda total (L/Mes).....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 35. Análisis detallado por días de la cobertura en un año.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 36. Resumen general de días por tipo de día /cobertura y demanda en días y porcentaje. .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 37. Porcentaje de cobertura por tipo de día.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 38. Cobertura en días y % del sistema Rain-Wall por mes de la demanda académica (días aprovechables).....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 39. Zona de juegos, adecuación al lugar.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 40. Workshop, sesión teórica.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 41. a: Equipo 1, estructura genera, b: Equipo 2, Tanque de recolección.....</i>	<i>81</i>

*Figura 42. a: Equipo 3, Taque de cultivo, b: Equipo 4, Filtro y germinación..... 81*

*Figura 43. Primer modelo de manual técnico ..... 82*

*Figura 44. Equipo de trabajo, final del ejercicio ..... 82*

*Figura 45. Manual de aplicación y replicación sistema RAIN-WALL..... 83*

## Resumen

En el siguiente trabajo se presenta el sistema RAIN-WALL, el cual fusiona dos técnicas la recolección de aguas lluvias y los cultivos hidropónicos. Se muestra cómo se integraron, partiendo de sus componentes básicos, tanto las variables físicas (equipamientos públicos) y climáticas posibles a tener en cuenta para su correcto funcionamiento y aplicación, por otra parte, se desarrolló un manual de construcción y replicación que contempla todos estos aspectos técnico-constructivos para que el sistema tenga un mayor radio de alcance. Por medio de una prueba piloto con los estudiantes de once (énfasis en arquitectura) del colegio Técnico Jaime pardo leal, que participaron en un workshop que realizamos con la finalidad de aplicar el manual en la construcción de un prototipo, para obtener insumos para la versión final del manual.

El sistema se diseñó para responder a las problemáticas del consumo de agua y la seguridad alimentaria en Colombia, por medio de dos estrategias la agricultura urbana y el aprovechamiento de recursos naturales renovables.

**Palabras claves:** agricultura urbana, consumo de agua, cultivos hidropónicos, recolección de aguas lluvia, seguridad alimentaria.

### Abstract

In the following work the RAIN-WALL system is introduced, which consists in two techniques: Rainwater harvesting and hydroponic crops. It is showed how those were integrated, starting from their basic compounds, such as physical (public equipment) and climatic variable that it is need to take into account for the right performance and application, on the other hand, a construction and replication manual was developed and it is about all those technique and constructive aspects for the system to have a greater scope ratio. Through a trial experiment, the students of eleventh grade at school “Técnico Jaime Pardo Leal” participated in a workshop that was performed with the intention of applying the manual for the construction of a prototype and to get supplies for the final version of it.

The system was designed to respond some issues related with the consumption of water and the food safety in Colombia through two specific methods: The urban farming and the exploitation of renewable natural resources.

**Keywords:** Consumption of water, Food safety, Hydroponic crops, Rainwater harvesting, Urban farming.

## Introducción

Las problemáticas, tanto del agua (consumo y desperdicio) como de la agricultura (seguridad alimentaria) a nivel nacional e internacional, impactan a las sociedades desde diferentes dimensiones, por ejemplo, creando brechas sociales, económicas (hay un impacto en los costos de producción y adquisición de los productos) y a nivel ambiental afectando a los ecosistemas por el impacto negativo a los cuerpos de agua y también por el uso inadecuado del suelo (erosión por plaguicidas y otros químicos). Por esto es importante desarrollar estrategias que mitiguen estos problemas desde las ciudades, ya que según las cifras de crecimiento poblacional y afectaciones al medio ambiente son cada vez más preocupantes.

Actualmente en diferentes foros y conferencias internacionales se habla de todo tipo de alternativas que respondan a estas problemáticas. En cuanto a la seguridad alimentaria, se retomó el concepto de agricultura urbana, la cual se ha implementado en las ciudades a lo largo de la historia, ésta es una estrategia que ha tomado cada vez más fuerza y relevancia debido a las ventajas y oportunidades que ofrece. Por otra parte, tenemos el aprovechamiento de recursos renovables como el agua lluvia, que ayuda a medianas y pequeñas poblaciones, así estos presenten bajos niveles de precipitación.

Estas prácticas se están implementando en diferentes contextos y grupos sociales, desde las poblaciones más vulnerables, hasta las grandes compañías, lo cual da luz verde a la creación y/o mejoramiento de las técnicas que se aplican para su desarrollo. Esta investigación apuntó a los equipamientos públicos como alternativa para promover el aprendizaje y la práctica de las técnicas que se implementaron en el sistema Rain-Wall, que fueron el cultivo hidropónico (seguridad alimentaria) y la recolección de agua lluvia (aprovechamiento de recursos

renovables). Además, se centra en el estudio y análisis de los parámetros que necesita cada sistema para poder integrarlos.

El sistema Rain-Wall responde al concepto de desarrollo sostenible de las ciudades, aportando a las alternativas que se van generando entorno a los objetivos de desarrollo sostenible planteados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), especialmente los que se enfocan en las problemáticas planteadas tales como, agua limpia y saneamiento, hambre cero, producción y consumo responsables y ciudades y comunidades sostenibles.

## **1. Formulación de la investigación**

### **1.1. Planteamiento del problema**

La arquitectura y la investigación tienen como responsabilidad contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las personas, así como la protección del medio ambiente y los recursos naturales, por ello se plantean dos problemáticas principales; el abastecimiento de agua en el país, ya que aparte de ser un recurso difícil de adquirir en algunas zonas, la que llega se usa para actividades que no necesitan de agua potable, por lo que se desperdicia. Además, el agua lluvia no se aprovecha ni se recolecta siendo Colombia una zona hídrica geográficamente estratégica.

Por otro lado, la agricultura convencional no supe la demanda de la población, los métodos actuales no se han tecnificado, no han evolucionado habiendo tantas técnicas y métodos para el desarrollo sostenible de esta actividad, lo que genera que la demanda que exigen las zonas urbanas no se abastezca en su totalidad.

Teniendo en cuenta la relación productividad-espacio que requieren ambas actividades, se hace evidente la necesidad de generar una correcta aplicación y práctica de las mismas. Con el desarrollo tecnológico al alcance se puede contribuir a la disminución de esta problemática que afecta al país desde ambas perspectivas, la falta de aprovechamiento de los recursos renovables (aguas lluvias) y las nuevas metodologías de desarrollo del campo (agricultura vertical).

Por otro lado, la implementación del agua lluvia como recurso gratuito genera beneficios económicos en la población, ya que reduce costos en el consumo de agua potable. El valor ahorrado puede ser invertido en otras actividades como infraestructura y consumo, así



como la implementación de la agricultura vertical genera un mayor aprovechamiento del espacio, productividad y metodologías más efectivas y autónomas.

### **1.2. Pregunta de investigación**

¿Qué parámetros y características debe tener el diseño de un sistema vertical que implemente las técnicas de recolección de aguas lluvias y el cultivo hidropónico, aplicado a equipamientos públicos tomando como caso de estudio el Colegio Técnico Jaime Pardo Leal ubicado en el barrio Policarpa - Localidad Antonio Nariño?

## 2. Justificación

Los recursos naturales son claves para el *desarrollo* del ser humano y sus ciudades así como parte fundamental del equilibrio y funcionamiento de los ciclos naturales, es deber del ser humano entender su importancia y composición para su debida conservación, también para aprovecharlos de una forma más sostenible, especialmente los no renovables (que son los más explotados), por otra parte utilizar los recursos renovables con responsabilidad nos permite asegurar la vida del hombre y los ecosistemas; uno de ellos es el agua que “es uno de los recursos naturales renovables más importantes para el desarrollo de la humanidad; es el elemento fundamental para las funciones metabólicas de los seres vivos”. (Arroyave, Díaz, Vergara, y Macías, 2011, p.78).

El uso eficiente y ahorro del agua a nivel mundial se ha convertido en una necesidad crucial para garantizar la sostenibilidad del planeta, tanto en los ecosistemas naturales como en los grandes centros urbanos, periurbanos y rurales, la conferencia internacional sobre el agua y el medio ambiente (1992), establece unos principios cruciales para lograr esto:

Principio 1: El agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente”.

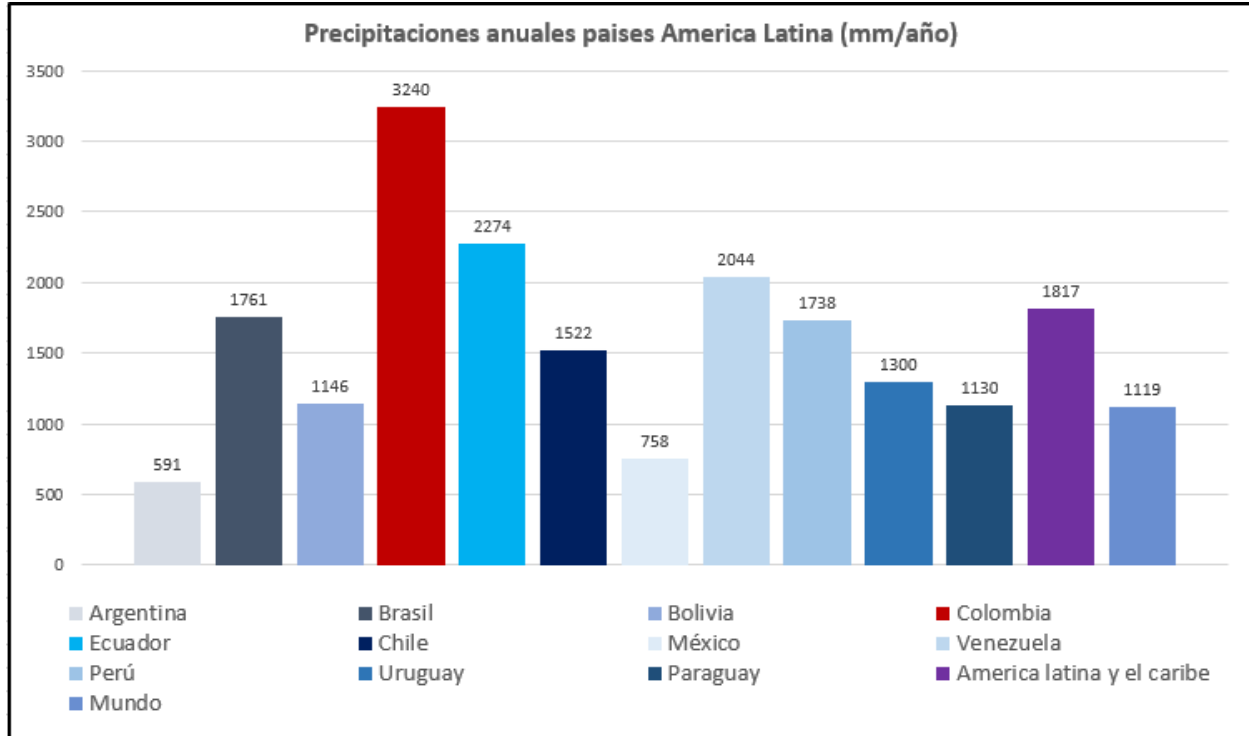
Principio 2: El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.

Principio No. 4: El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico. Conferencia internacional sobre el agua y el medio ambiente (CIAMA. 1992, p.2).

Es importante tener en cuenta los déficits de agua que hay en el mundo ya que:

Como lo menciona Guhl (2007), actualmente alrededor de 1.100 millones de personas no tiene acceso al agua tratada y más de 2.600 millones de personas carecen de servicios de saneamiento básico. La insuficiencia de agua afecta a cerca de 2.000 millones de personas en el mundo (Citado por Arboleda, 2016, p.30). Por otra parte, de acuerdo con Duran, Op Cit (Sf), si no se toman medidas para revertir la tendencia, una de cada tres personas estará viviendo en un país con escasez de agua. Del mismo modo, si bien el problema afecta a todos los países, los más perjudicados son los de las economías más pobres, donde nace el 95% de los 80 millones de personas que cada año incrementan la población del planeta (Citado por Arboleda, 2016, p. 30).

Una alternativa sostenible para utilizar el agua es el aprovechamiento de las precipitaciones ya que Colombia tiene altos niveles. “Según los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Colombia es el país del mundo donde más llueve, con precipitaciones promedio de 3.240 milímetros de lluvia cada año” (Carvajal, 2017, párr.2), Ahora bien, estando por encima del promedio del continente (América latina y el caribe 1817mm/año) y el promedio mundial (1119mm/año) (ver *figura.1*), lo que en materia de recursos renovables, es un gran potencial, datos suministrados por la (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014).



*Figura 1.* Precipitaciones en países de América latina (mm/año).

Tomado de: Banco Mundial (2019). Promedio detallado de precipitaciones (mm anuales) - Colombia, North América. Recuperado de: <https://bit.ly/3cLbRw2>

Actualmente se han retomado los sistemas de recolección de aguas lluvias a causa de la contaminación de los cuerpos de agua (ríos, riachuelos, quebradas, lagos, entre otros) por la minería, la deforestación, el uso de combustibles fósiles, las basuras y el crecimiento poblacional descontrolado que va colapsando los sistemas de alcantarillado y abastecimiento de agua.

No solo se ha adoptado esta estrategia, sino como lo señala Hatt y Fletcher (2006) “Hoy se tiene la recolección del agua lluvia como fuente potencial de agua en las ciudades” (citado por León, Córdoba y Carreño, 2015, p.142); por otra parte, “en países en vías de desarrollo, sobre todo, el aprovechamiento de aguas lluvias se ha convertido, en los últimos años, en una alternativa interesante, debido, principalmente, al bajo costo” (León, Córdoba y Carreño, 2015,

p.142), así como para no ejercer presión sobre las fuentes de agua natural en temporadas de lluvia, permitiéndoles recargarse naturalmente para las temporadas sin lluvia.

Otro aspecto son los déficits en el abastecimiento alimenticio por parte de las zonas agrícolas ya que, de los 22 millones de Ha con vocación agrícola, solo se usa de 7,1 a 7,8 millones de Ha, lo que impacta la seguridad alimentaria en zonas urbanas. Parte de los problemas son socio-políticos, además que la agricultura en Colombia no ha evolucionado en temas técnicos y metodológicos, lo que está muy ligado a la inversión en el sector, esto ha generado problemas en la calidad, productividad lo que trae consecuencias de tipo económico, por lo que la demanda urbana no ha podido ser abastecida por los métodos de cultivo convencionales.

Como lo menciona Mejía, Pirela y Ramírez:

La falta de un proyecto sólido de agricultura ha sido causada por malas decisiones y propuestas que no conciben al campo como un sector principal, de igual manera, estos inconvenientes se han visto envueltos por la guerra que por más de cincuenta años le ha arrebatado el progreso al país. (2018, párr.33).

Por otra parte, es importante mencionar que:

en Colombia hay grandes debilidades en el buen uso de las tierras, dentro de ellas se encuentran bajos niveles de instrucción, baja inversión en tecnología, infraestructura vial deficiente, problemas de titulación de tierras, baja capacidad de endeudamiento y distorsiones en el mercado de trabajo. Asimismo, se presenta violencia e inseguridad, concentración en la propiedad, ausentismo de propietarios del suelo, pobreza y marginalidad, acumulación de tierras y poder político, competencia internacional, expansión de la minería, cultivos ilícitos, contaminación

de suelos y aguas (deforestación y deterioro de fuentes de agua) y aumento de costos de energía. (Mejía, Pirela y Ramírez, 2018, párr.4)

Otro factor importante es, el desconocimiento de los avances sobre técnicas y métodos en materia de desarrollo sostenible del campo, también los altos costo de producción con los que deben lidiar los agricultores. Tanto que en Colombia “El 65 por ciento de los habitantes del campo son pobres y el 60 por ciento del empleo es informal” (Herrera, 2019, párr. 7); A esto, se le agrega la falta de educación que tienen los productores. Según El Banco Mundial (s.f):

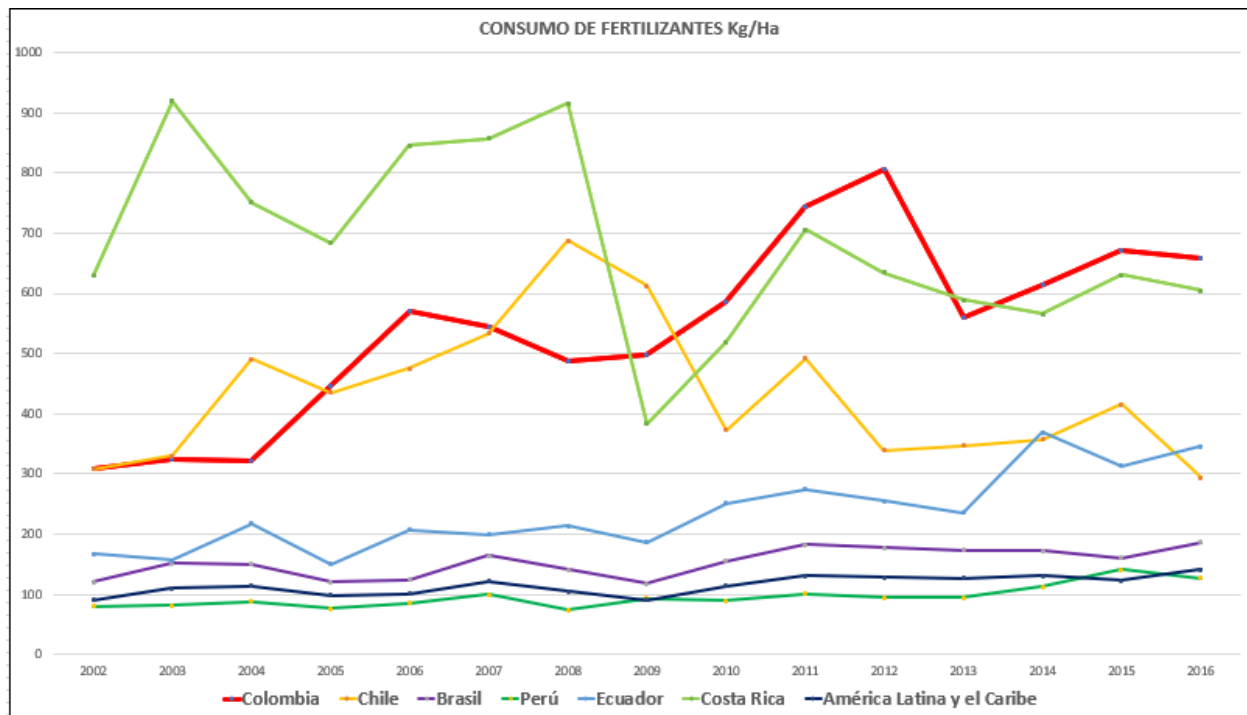
En Colombia se utilizan más de 744 kilos de fertilizante por hectárea, cuando en Chile o Brasil no superan los 200. Esto también lo advirtió la directora de la cámara proclutivos de la Andi, María Helena Latorre, cuando se le preguntó por los altos costos de producción, “se usa más nutrición de la necesaria” Citado por Delgado (2015, párr. 5).

A diferencia de otros países de la región que iniciaron con un elevado consumo de fertilizantes, y han reducido considerablemente o mantenido estos, en Colombia se pasó de bajos índices a los consumos ya mencionados, los cuales no solo son elevados sino innecesarios (ver *figura.2*) Por otra parte, es importante mencionar que:

(...) el 90,4% de los productores manifestaron no haber recibido asistencia técnica el año pasado. El Gobierno se propuso fortalecer al instituto colombiano agropecuario ICA para que preste el servicio. Además, Iragorri aseguró que en su plan de incrementar las hectáreas cultivadas en un millón está implícita la asistencia.

En cuanto al aspecto tecnológico, Según el Censo Agropecuario solo 16,7% de los productores tiene maquinaria. Al respecto el Banco Mundial

promedia que en el año 2000 (última medición) había 82,7 tractores por cada 100 kilómetros de tierra. Para ese mismo año Chile tenía más de 200 y Japón superaba los 4.500. (Delgado, 2015, párr. 6-7).



*Figura 2.* Consumo de fertilizantes en América Latina y el Caribe en Kg/Ha.

Tomado de: Banco mundial (2016). Consumo de fertilizantes (kilogramos por hectárea de tierras cultivables) - Colombia, Latin America & Caribbean, Costa Rica, Ecuador, Chile, Brazil, Perú.

Recuperado de: <https://bit.ly/3bHWTps>

Hoy en día se tiene como alternativa la agricultura urbana, primero por aprovechamiento óptimo del espacio también a su productividad y calidad, lo que la hace un camino viable y de bajo costo para contribuir a la problemática.

Esta técnica a pesar de que viene de civilizaciones antiguas como los babilonios, así como en diferentes grupos indígenas americanos que la implementaban, se retoma en este siglo debido a que, “en 1980, a nivel mundial, se comienza a mencionar el concepto de Agricultura Urbana (AU) y a tomarlo como una práctica para producir alimento y ayudar a la seguridad

alimentaria de muchos países” (Gómez, 2014, p.8). Por otra parte, de acuerdo a lo mencionado por Hermi (2011):

Desde la década de 1980 los huertos urbanos han ido ganando importancia y adquirido nuevas características relacionadas tanto con la seguridad alimentaria, la calidad de los productos y la generación de empleo, como con la mejora de la calidad de vida, la educación ambiental, las relaciones sociales y la regeneración urbana. (citado por Gómez, 2014, p.8).

Es importante tener en cuenta que ha habido apoyo institucional, a este tipo de prácticas a nivel nacional como internacional, algunas de estas son: *Bogotá sin hambre* (2004-2008) Luis Eduardo Garzón (Bogotá); *Bogotá bien alimentada* (2008-2012) Samuel Moreno (Bogotá); Programa MANA (2001- actualidad) Gobernación de Antioquia (Antioquia) (Gómez, 2014).

Teniendo en cuenta la definición de este concepto vemos su adaptabilidad y flexibilidad, ya que como lo menciona La FAO (s.f) define la Agricultura Urbana como:

pequeñas superficies (por ejemplo, solares, huertos, márgenes, terrazas, recipientes) situados dentro de una ciudad y destinados a la producción de cultivos y la cría de ganado menor o vacas lecheras para el consumo o para la venta en mercados de la vecindad (Méndez, Ramírez y Álzate, 2005, p.56).

Por otra parte, Según la FAO (2011) “Se estima que alrededor de 800 millones de personas en el mundo se dedican a la agricultura urbana y desempeñan un papel importante en la alimentación de las ciudades”. (Gómez, 2014, p.14).

Esto último relacionado con la seguridad alimentaria en las ciudades, definida por la Cumbre Mundial Sobre la Alimentación (CMA, 1996):



Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana” (Citado por FAO, Organización Panamericana de la Salud [OPS], Programa Mundial de Alimentos WFP, Organización Mundial de la Salud OMS Y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia UNICEF. 2018, p.31).

Teniendo en cuenta que el aprovechamiento de aguas lluvias y la agricultura urbana son no solo técnicas que han dado respuesta a grandes problemas relacionados con el abastecimiento de agua y la seguridad alimentaria, debido a sus ventajas económicas, espaciales, así como sus potenciales sociales y culturales, son una realidad en el contexto colombiano, por lo tanto es importante promover su práctica, sino también su estudio y en el caso de este proyecto su integración, ya que pueden ser una alternativa viable para el desarrollo del país.

### 3. Estado del arte

#### 3.1. Técnica automática riega huertas pequeñas con aguas lluvias



*Figura 3.* Estudiante con modelo riega huertas pequeñas con aguas lluvias.

Fuente: Agencia de noticias UNAL (19 de julio 2017). Técnica automática riega huertas pequeñas con aguas lluvias Tomado de: <https://bit.ly/2ZnYduQ>

Este proyecto fue desarrollado por estudiantes de la Universidad Nacional sede Manizales, la forma en que los estudiantes realizaron este proyecto fue de forma estratégica, que les ahorro tiempo y dinero, ya que:

El prototipo se elaboró con base en una maqueta del cultivo hidropónico (ver *figura 3*) con recolección de aguas lluvias de una finca de la vereda la linda (Manizales), que mostro un sistema hidropónico automático a pequeña escala que analiza su control desde un sistema electrónico. citado por Agencia de noticias UN (párr.5).

Este proyecto orienta los protocolos que debe seguir el prototipo para el desarrollo y funcionamiento óptimo, tanto de cada una de las técnicas, como su debida integración en un solo sistema, una vez establecido el orden de los elementos y su función, se redimensionan para un modelo con unas características espaciales diferentes y en un elemento (vertical) que es una de

las directrices conceptuales del sistema rain-Wall. Por otra parte, sustenta la efectividad de la integración de estas dos técnicas, como lo indica Silva:

Con esta técnica (cultivos hidropónicos junto con recolección de aguas lluvias) se evita la erosión, el desgaste del suelo por malos manejos y el desplazamiento de líquidos que puedan ir a las fuentes hídricas y contaminarlas.

Además, se aprovecha el recurso hídrico, ya que el sistema es recirculante y utiliza aguas lluvias disminuyendo de manera considerable el consumo de agua, por lo que el impacto ambiental será positivo. Citado por Agencia de noticias UN (2017, párr. 6).

#### **4. Hipótesis**

La implementación del sistema Rain-Wall ayudaría a mitigar los déficits de agua y alimentación de las zonas urbanas y periurbanas, así como incentivar las nuevas prácticas de aprovechamiento de recursos renovables y la agricultura urbana a mediana y baja escala.

+

## **5. Objetivo**

### **5.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema vertical (muro) que implemente la recolección y reutilización del agua lluvia y el cultivo hidropónico, aplicado a equipamientos educativos, usando como caso de estudio el Colegio Técnico Jaime Pardo Leal, ubicado en el barrio Policarpa, localidad Antonio Nariño – Bogotá.

### **5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las variables de diseño con base en el estudio de los sistemas y las condiciones de un lugar de aplicación.
- Generar los parámetros técnico – constructivos y sus detalles para la integración de los sistemas en una propuesta (Sistema RAIN-WALL).
- Diseñar un manual de aplicación, replicación y construcción del prototipo del sistema RAIN-WALL.
- Evaluar el manual preliminar del sistema RAIN-WALL a partir de un workshop, para el diseño final de un manual de replicación, aplicación y construcción del sistema.

## 6. Marcos

### 6.1. Marco teórico y conceptual

#### 6.1.1. *Innovación y ciudad sostenible*

La innovación juega un papel importante en el desarrollo de las sociedades del siglo XXI, el profesional no solo de la arquitectura sino de cualquier área, debe encaminar sus conocimientos para generar estrategias, tecnologías y proyectos que nos ayuden a responder a toda una serie de agendas y cumbres que hablan de los recursos y como si no actuamos ya, las sociedades humanas y los ecosistemas naturales estamos en declive; como lo menciona Mella (2003) “La sostenibilidad urbana no es sólo una cuestión de calidad ambiental, sino el resultado de una compleja interacción trilateral entre el entorno ambiental, el entorno económico y el entorno social” (citado por López y Mella, 2015. P,1).

Según el informe de objetivos de desarrollo sostenible ODS (11- ciudades y comunidades sostenibles), “Aunque las ciudades ocupan solo el 3% de la superficie terrestre, representan entre un 60% y un 80% del consumo de energía y el 75% de las emisiones de carbono” (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2020, p.1), por esto debemos replantear como cambiar o mejorar las estructuras funcionales de estas. Ya existen las tecnologías para llevar a cabo estos cambios y allí es donde la innovación juega un papel clave de tomar todo esto y potencializarlo en pro del desarrollo sostenible.

#### 6.1.2. *Teoría de la Precipitación Aprovechable y Estimación del Déficit del Agua*

La precipitación pluvial es uno de los recursos que mejor pueden ser aprovechables con respecto a la reutilización de aguas. Como lo menciona Wambeke (2013) que:

La precipitación es la primera fuente que el agricultor debe contabilizar como agua disponible en su finca. La precipitación tiene duración (tiempo total de precipitación), intensidad (volumen de precipitación por unidad de tiempo) y frecuencia (el número de precipitaciones en un tiempo dado y con determinadas características). (Citado por Clavijo, Araujo, Ortega, 2017, p.19).

El aprovechamiento de este recurso brinda innumerables soluciones a los problemas de suministro en las zonas urbanas, periurbanas y rurales Clavijo, Araujo y Ortega (2017). Hay que retomar los aportes de las grandes civilizaciones y grupos antiguos (aztecas, babilonia, senues) que usaban esta estrategia (recolección de agua) para el funcionamiento de sus asentamientos, hoy en día esto puede lograrse con mayor facilidad ya que muchos de los procesos y elementos de un sistema de aprovechamiento se han tecnificado.

Por otra parte, se debe tener en cuenta los elementos que componen estas estrategias, ya que deben ser contemplados, estudiados y controlados, como son:

- Tiempo total de precipitación. [unidad de tiempo durante la cual hubo la precipitación ejemplo. x horas de precipitaciones].
- Volumen de precipitación por unidad de tiempo. [intensidad de la precipitación por tiempo de precipitación ejemplo].
- Número de precipitaciones en un tiempo dado y con determinadas características [área de captación, dirección del viento, intensidad de la precipitación, material del área de captación, entre otros]. (Clavijo, Araujo, Ortega, 2017, p.19).

Otro aspecto importante es la intensidad ya que la precipitación sea alta o baja puede ser útil, como menciona Wambeke (2013):

También hay regiones específicas en las que, aunque la precipitación local sea baja, hay agua disponible en la forma de manantiales producidos por las lluvias o el deshielo aguas arriba. Así que, es un recurso que técnicamente bien aprovechado puede beneficiar grandemente al ser humano en la actualidad, (citado por Araujo, Clavijo, Ortega, 2017, p.19).

Lo importante es ser consciente que el aprovechamiento correcto del recurso puede mitigar en gran medida el déficit de agua, con lo cual la FAO (2013) plantea una fórmula matemática, para entender este concepto: *Déficit de agua = consumo – disponibilidad (cursivas nuestras)* (Citado por Wambeke, 2013, p. 52). De acuerdo con lo anterior, explica:

Si el consumo de agua es igual o menor que la disponibilidad de agua, el déficit es cero o negativo. Si el consumo actual o planificado es más elevado que la disponibilidad, entonces habrá un déficit o falta de agua (Wambeke ,2013, p.52).

### 6.1.3. *Recolección de Aguas Lluvias.*

Es importante mencionar que “el término “recolección de aguas lluvias”, del inglés Water Harvesting, que comprende una variedad de tecnologías destinadas a recoger la lluvia y la escorrentía incipiente” (Klohn, y Appelgreen,1999, p.120). Por otra parte “proporciona en muchos casos un método privilegiado para intervenir en la mejora del nivel de vida, de ingestión alimentaria y de salud de pequeñas comunidades” (Klohn, y Appelgreen,1999, p.121).

Generalmente si nos referimos a los componentes funcionales de un sistema de aguas lluvias, estamos hablando de 5 elementos, el área de captación o recolección, una línea de transporte, un filtro, el cual dependiendo de la demanda que vaya a suplir este tendrá un nivel de purificación elevado o bajo; un depósito o almacenamiento, y un sistema de control (válvulas y



registros) dependiendo el caso el número de componentes aumentara y por consiguiente el costo del sistema, en la *Tabla 1* se detallan:

*Tabla 1.*

*Componentes y funcionamiento de un Sistema de Aguas Lluvias*

Captación: Está compuesta por el techo de la edificación, el cual debe tener una superficie y una pendiente adecuada para el pertinente escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de recolección.



. Cubierta. Tomado de: <https://bit.ly/2L8YB8c>

Transporte: Se conduce el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento: Canaletas



Canaleta. Tomado de: <https://bit.ly/2W9k1ID>

Filtro: Impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimiza la contaminación del agua almacenada.



Filtro. Tomado de: <https://bit.ly/3cdZien>

Almacenamiento: Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia: Tanque.



Tanque. Tomado de: <https://bit.ly/2zld4Ly>

Sistema de Control: Desde ahí se controla la distribución del agua.



Válvula de agua. Tomado de: <https://bit.ly/35LHvqJ>

*Nota:* elementos generales que tiene un sistema de recolección de aguas. Adaptado de: Reyes, M y Rubio, J (2014). Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. (Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia). Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2089/1/Recoleccion-aguas.pdf>

#### 6.1.4. Cultivo Hidropónico

En el manual de hidroponía para estudiantes se encuentra una definición clara de esta técnica:

La palabra hidroponía se deriva del griego HIDRO (agua) y PONOS (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. La hidroponía es una ciencia que estudia los cultivos sin tierra. El desarrollo de la técnica hidropónica, está basada en la utilización de mínimo espacio, mínimo consumo de agua y máxima producción. Esta técnica ha alcanzado un alto grado de sofisticación en países desarrollados (Paredes et al., 2008, p. 8)

La hidroponía es una técnica que tiene muchos alcances, tanto en el tipo de usuario que la puede implementar como en la facilidad de aplicar en casi cualquier lugar.

Se puede decir que la hidroponía es de interés a todas las personas no importando si es productor, estudiante o técnico, solo se necesita tener un espacio donde se pueda disfrutar de cultivar todo tipo hortalizas y la certeza de una alimentación 100% sana, libre e inocuo. (Paredes et al., 2008, p. 8)

También es una técnica que tiene un gran campo de acción, no solo por las especies sino en el aspecto económico ya que: “La hidroponía es una forma de cultivo que se puede aplicar a cualquier tipo de plantas [hortalizas, frutas, tubérculos y hasta plantas de tronco delgado], ya sean para la producción familiar o comercial [depende del tamaño del cultivo], puede practicarse tanto en espacios abiertos como cerrados” (Paredes et al., 2008, p. 8).

Algunas de las ventajas y desventajas se muestran en la *Tabla 2*, en donde se evidencia las grandes oportunidades que esta técnica brinda en cuanto a espacio, producción y educación, y en la *Tabla 3* están los componentes básicos del sistema.

Tabla 2.

*Ventajas y desventajas del Cultivo Hidropónico.*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Periodo de cultivo más cortó.</li> <li>• Desarrollo de una planta más rápido.</li> <li>• Cultivo libre de parásitos, bacterias, hongos y contaminación.</li> <li>• Ahorro de agua.</li> <li>• Se requiere menor cantidad de espacio para producir el mismo rendimiento del suelo.</li> <li>• Se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y el riesgo de erosión del suelo.</li> <li>• No requiere maquinaria agrícola.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere conocimiento de nutrición vegetal y desarrollo de los cultivos.</li> <li>• Asesoría técnica profesional.</li> <li>• A nivel comercial el gasto inicial es relativamente alto.</li> <li>• Se requiere cuidado con los detalles.</li> <li>• Se necesita conocer y manejar la especie que se cultive en el sistema.</li> <li>• Requiere abastecimiento continuo de agua.</li> </ul>

*Nota:* Algunas ventajas y desventajas del Cultivo Hidropónico a nivel económico y técnico. Adaptado de: Zárate, M. (2014). *Manual de hidroponía*. Primera edición. Ciudad de México D.F, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Tabla 3.

*Componentes y funcionamiento del Cultivo Hidropónico*

Semillas: Del tipo de cultivo que se va a sembrar.

Semilla de Lechuga. Tomado de [shorturl.at/mpOT4](http://shorturl.at/mpOT4)

Sustrato: Lugar que sirve de soporte a una planta, pero que, a diferencia de la tierra, no aporta ningún elemento a la nutrición de la planta (material inerte).

Sustrato de Perlita. Fuente: [shorturl.at/iknV7](http://shorturl.at/iknV7)

Contenedor: Es el lugar donde se va a poner el cultivo. Pueden ser, tubería de PVC.

Tubos para Hidroponía. Fuente: [shorturl.at/hiuTW](http://shorturl.at/hiuTW)

Solución Nutritiva: Es lo más importante de la hidroponía, ya que determina la cantidad y la calidad de los nutrientes bajo los cuales se van a nutrir la planta sembrada.

Solución nutritiva. Fuente: [shorturl.at/ftAMZ](http://shorturl.at/ftAMZ)

Sistema de Riego: Es el mecanismo bajo el cual se le va a suministrar a la planta la solución nutritiva. Éste se puede realizar automatizado o manual.

Manguera. Fuente: [shorturl.at/asOS2](http://shorturl.at/asOS2)

Ambiente: Es el medio donde se va a mantener el cultivo. En muchos casos este puede ser controlado (invernadero o sala agrícola) o al aire libre (azoteas, patios).

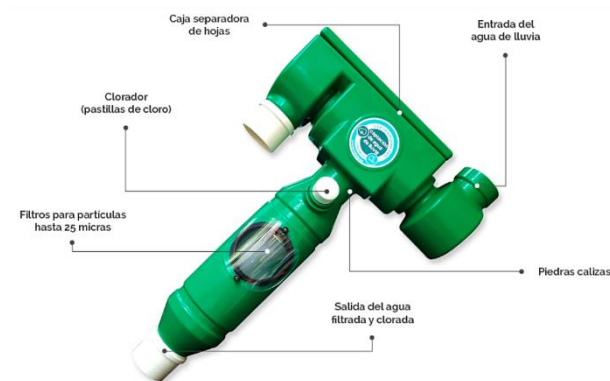
Control de plagas. uso de herramientas para controlar las plagas e infecciones del cultivo.

*Nota:* Elementos generales que tiene un cultivo hidropónico sistema NFT, Adaptado de: Hydro Environment. (s.f.).  
Componentes básicos para comenzar un Cultivo Hidropónico, recuperado de:  
[https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=45](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=45)

Existen diferentes sistemas para poner en práctica el cultivo hidropónico como el cultivo en balsa, cultivo en aireación forzada por bombas, cultivo en agua con aireación de cascada, sistema de flujo profundo, Técnica de Película Nutritiva (NFT), New Growing System (NGS), entre otras, los únicos componentes que comparten todas las técnicas, son la solución nutritiva, el ambiente y por supuesto la semillas, la tabla anterior muestra los componentes de un sistema NFT.

## 6.2. Referentes técnicos

### 6.2.1. Filtro de agua llueve lluvia



*Figura 4.* Elementos del Sistema de filtro Lluve Lluvia.

Tomado de: Lluve Lluvia. (s.f). Filtro Lluve Lluvia. Recuperado de: <https://lluevelluvia.es/faq/>

Filtro de polietileno (ver *Figura 4*), desarrollado en Betim, Belo Horizonte (Brasil) que consta de varios filtros con la finalidad de potabilizar el agua y almacenarla al mismo tiempo. El proceso consta de 4 etapas:

Limpia, regula el pH, clora y filtra, dejándola potable. La captura del agua de lluvia se realiza a través de los canales del tejado. El primer contacto del agua es con el filtro de acero inoxidable (ver *Figura 5*), que limpia el agua separándola de las hojas y de los residuos más grandes. Después de la separación, el agua pasa por la piedra de cal (calcárea), que regula el pH. A continuación, el agua se desplaza hacia el

dosificador de cloro, responsable de desinfectar la misma. Por último, el agua descende al filtro de 150 micras, (...) realiza el filtrado completo de los residuos que aún quedan, dejándola completamente limpia. Después de ese proceso, el agua debe ser almacenada en depósitos o cisternas, y se considera potable. (Llueve Lluvia, s.f., párr. 2)



*Figura 5.* Filtro primeras aguas

Filtro cilíndrico de Acero Inoxidable, para el filtrado de las primeras aguas (piedras, hojas, entre otros).

Tomado de: lluevelluvia (s.f). Filtro de primeras aguas.

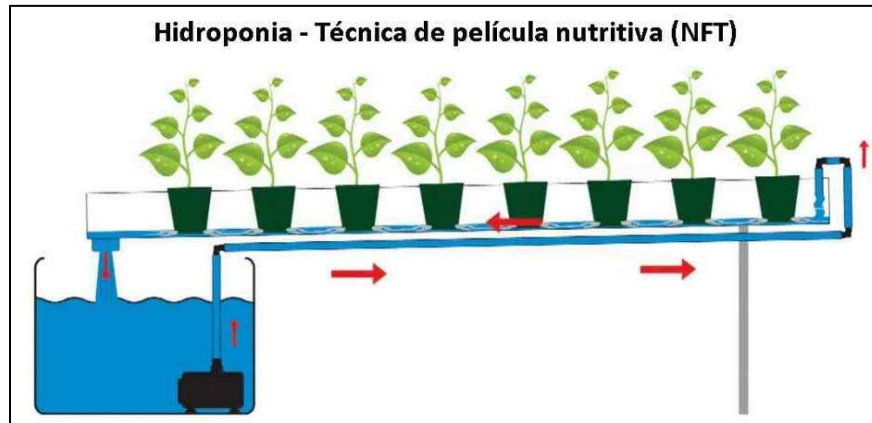
Recuperado de: <https://lluevelluvia.es/faq/>

De este sistema se puede rescatar el Filtro de Primeras Aguas de Acero Inoxidable que se muestra en la *figura 5*, ya que el alcance del sistema propuesto no incluye la potabilización del agua, sino el aprovechamiento del agua lluvia para elementos que no la necesitan, como aparatos sanitarios, de aseo y riego de cultivo. (Sistema de captación y conducción de agua de lluvia, s.f., párr. 4)

### *6.2.2. Sistema NFT*

Para este trabajo se va a utilizar el sistema NFT, debido a las necesidades espaciales (vertical), del prototipo, así como el peso liviano que implica. “La Técnica de la Película Nutritiva, comprende una serie de diseños cuyo principio básico es la continua circulación de

una película muy delgada de solución nutritiva a través de las raíces de las plantas” (Oasis, 2002, p. 24), como se aprecia en la *figura 6*.



*Figura 6.* Técnica NFT Nutrient Film Technique.

Sistema de película nutritiva esquema funcional. Tomado de: Cultivo hidropónico.info (s.f). técnica de película nutritiva NFT. Recuperado de: <https://cultivohidropónico.info/sistemas/tecnica-de-pelicula-nutritiva-nft/>

Esta modalidad tiene una serie de ventajas tanto por sus componentes, así como su funcionamiento, algunas de ellas son:

- Un sistema radical pequeño puede soportar a una planta muy grande.
- No hay pérdida de agua por drenaje, evaporación o filtraciones, sólo se pierde el agua transpirada. Además, como las plantas crecen en una película delgada de solución, la capacidad de almacenamiento es mínima. Ambas condiciones son de valor en zonas áridas.
- No requiere esterilizaciones.
- Se logra gran control sobre el agua y los nutrientes.
- Las plantas cosechadas se remueven fácilmente.
- Los costos de instalación son comparativamente bajos.
- Puede operar casi automáticamente (Oasis, 2002, p. 25)

Es importante entender las variables que implican colocar esta técnica de forma vertical ya que si se va a hacer un cultivo hidropónico de manera vertical con Sistema NFT existen varias opciones entre las cuales se encuentran como lo declara el ingeniero agroindustrial “Si el sistema es por gravedad, se debe mantener un sustrato fijo en cada tubo y por goteo suministrar la solución nutritiva y si el sistema es por bomba, se debe asegurar una recirculación continua de la solución nutritiva”. (Asencio, 2019).



## 7. Metodología

### 7.1. Aspectos metodológicos

#### 7.1.1. *Enfoque o la técnica de la investigación*

La investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que se basa en la recolección de información estadística y numérica, como el estudio de los datos climáticos y poblacionales, además de aspectos técnicos y medibles de cada uno de los sistemas estudiados. Por último, toda la generación del diseño de los elementos técnico-constructivos y funcionales del sistema RAIN-WALL; así como los datos de viabilidad y factibilidad.

#### 7.1.2. *Tipo de investigación*

La investigación tiene un alcance proyectivo, ya que se espera llegar al diseño del sistema, después de haber pasado por la etapa descriptiva de los sistemas de recolección de aguas lluvias y de los cultivos hidropónicos, su análisis funcional y la evaluación de los componentes y variables elementales que poseen, para su integración en el modelo final.

#### 7.1.3. *Metodología por objetivos*

Las técnicas e instrumentos están ligadas a el desarrollo de los objetivos específicos los cuales son tres.

##### 7.1.3.1. *Determinar las variables de diseño*

*Variables:* Pluviometría, clima del lugar (Bogotá), espacios de la sede de estudio, componentes de cada sistema, materialidad, proceso de cultivo, demanda de agua, capacidad de aprovechamiento en cubiertas.

*Técnicas:* Evaluación y análisis de los datos, cálculos de áreas y aprovechamiento.

*Herramientas:* Tablas descriptivas, fotografías, levantamiento arquitectónico, cursos.

Cortos, datos del IDEAM, gráficos.

#### 7.1.3.2. *Generar parámetros técnico-constructivos*

*Variables:* Relación de cada sistema: clima-cultivo, almacenamiento-pluviometría, área de captación-agua aprovechable, consumo-almacenamiento, cultivo-almacenamiento, análisis de materialidad, componentes y funcionamiento de cada sistema. Estudio de oferta y demanda.

*Técnicas:* Resumen de la información encontrada y estudio de datos estadísticos y generación de nuevos datos.

*Herramientas:* Tablas resumen/guía.

#### 7.1.3.3. *Diseño de manual de aplicación, replicación y construcción del prototipo.*

*Variables:* Aspectos cambiantes (materialidad del muro al que se conecta el sistema, oferta hídrica, clima, iluminación día, tipo de cultivo entre otros) tiempos de ensamblaje del prototipo, legibilidad del material gráfico y técnico, comprensión del funcionamiento general del sistema.

*Técnicas:* Análisis de costo y beneficio del sistema con base en el caso de estudio (demanda y oferta), análisis proyectivo del sistema.

*Herramientas:* APU, fichas de viabilidad y factibilidad, manual piloto, taller con estudiantes. Medios utilizados para la recolección de la información (bibliográficos, observación, entrevista, encuesta, cuestionario, cursos, etc.).

7.1.3.4. *Workshop para evaluación del manual preliminar sistema RAIN-WALL, y desarrollo de un manual final.*

Variables: Manual borrador (material a evaluar), tiempos de realización.

Técnicas: workshop dos sesiones (teórica y práctica), con el prototipo, formatos de observaciones para los estudiantes.

Herramientas: los gráficos

## 8. Propuesta

### 8.1. Proyecto Rain Wall: Definición de la propuesta

El proyecto consiste en un sistema híbrido que integra dos técnicas, la recolección de aguas lluvias y el cultivo hidropónico; por medio de la articulación de sus elementos principales. El sistema de recolección de aguas lluvias tiene tres elementos esenciales (tanque, filtros y bomba); un tanque de reserva para el uso general (primer almacenamiento), la bomba que alimenta la salida de agua (grifo) y también los inodoros, dos filtros de agua uno de primeras aguas para quitar los elementos sólidos más grandes, y el otro, que está entre el paso del agua del tanque general al hidropónico, que tiene un nivel de purificación más alto ya que las plantas no pueden recibir bacterias y residuos orgánicos que recoge el agua de la cubierta.

Por otra parte, el sistema hidropónico tiene cuatro elementos esenciales (soporte de la planta, bancos de germinación, tanque de solución nutritiva y bomba); un tanque de solución nutritiva que se alimenta del tanque principal cuando se le requiere, 3 bandejas para bancos de germinación en sistema de raíz flotante, el soporte de las plantas en su etapa de cultivo general en sistema NFT (tubos) y la bomba que impulsa la solución nutritiva por toda la línea de riego.

Todos estos elementos serán contenidos en una estructura (metálica), que tiene dos finalidades distribuir los elementos para su correcto funcionamiento y para colocar una cobertura liviana, que dará protección a los componentes, de los fenómenos atmosféricos, así como de los animales.

Este sistema está diseñado para colocarse en zonas abiertas (patios, culatas de edificios y claustros), ya que las condiciones de estos lugares permiten el correcto funcionamiento del

sistema, que requiere ventilación y luz solar, también porque conectarse a las bajantes de agua lluvia es más sencillo desde el exterior.

## 8.2. Descripción de la propuesta

En la *figura 7 y 8* se muestran los elementos principales que componen cada técnica, así como una pequeña característica de cada uno, esto nos permite establecer una primera idea del sistema. Hay que tener en cuenta la distribución, la forma y la importancia que tiene cada elemento para el funcionamiento de su técnica, otro aspecto importante es que ambas técnicas tienen componentes comunes (tanques, filtros y bombas) que se integren de una forma estratégica en el sistema propuesto, así como los que son particulares y no deben integrarse (línea de riego, zona de germinación) por que desempeñan una función “externa” al esquema articulado.

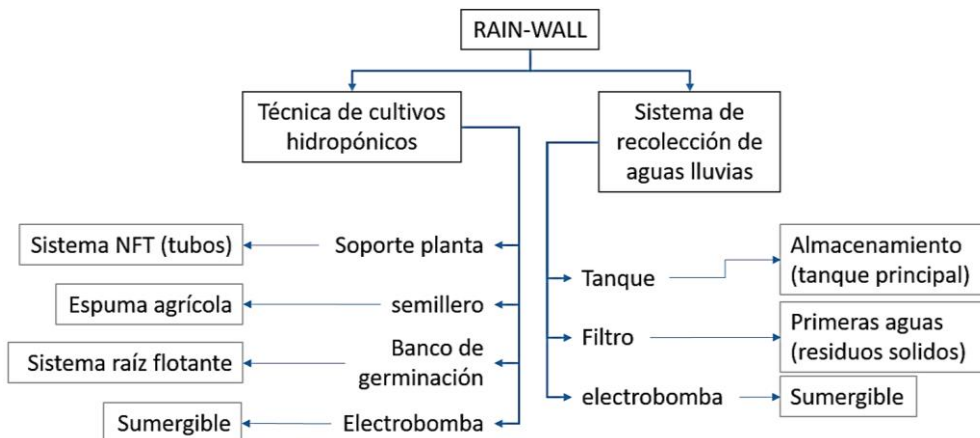
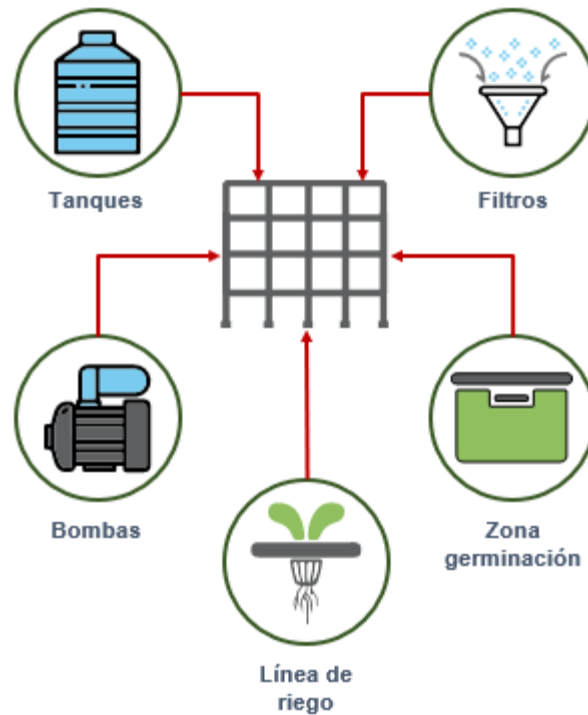
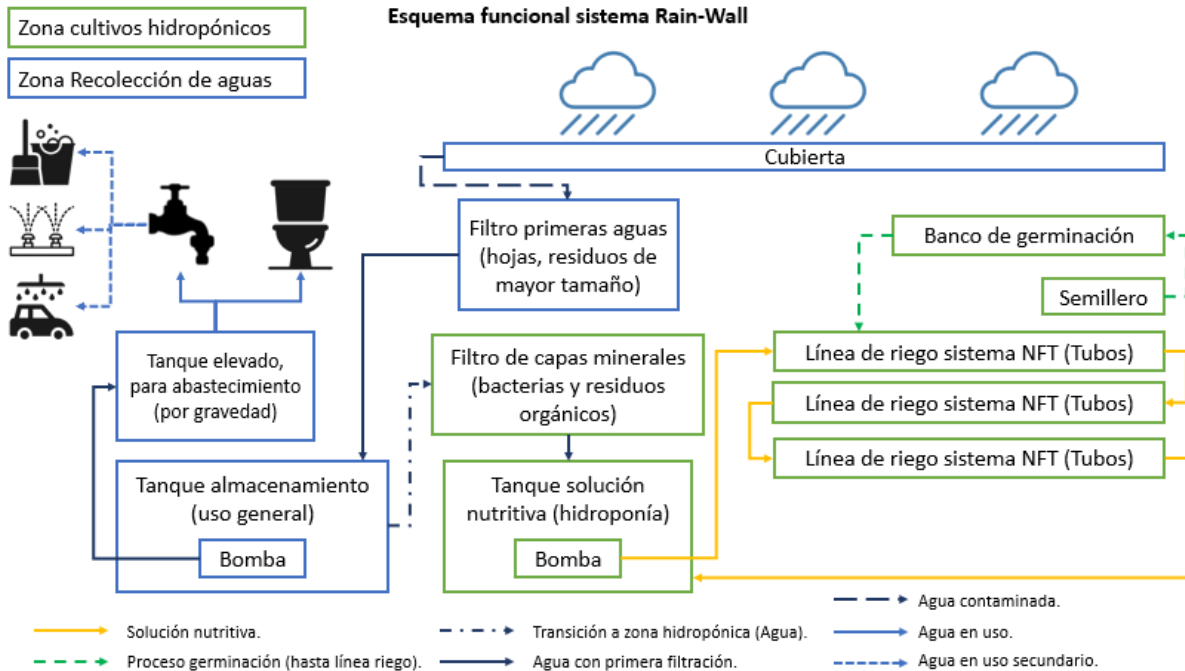


Figura 7. Esquema compositivo sistema RAIN-WALL.  
Elaboración propia



*Figura 8.* Componentes funcionales del sistema.  
Elementos funcionales (tanques, filtros, bombas, línea de riego y zona de germinación),  
entorno al concepto de muro (vertical).  
Elaboración propia.

Estos dos gráficos muestran los componentes necesarios de cada técnica (hidroponía y recolección de aguas lluvias). En el siguiente esquema *figura 9*, se explica de manera conceptual el funcionamiento del sistema, y como se dispusieron los elementos ya mencionados, así como la transición del líquido por todo el sistema y los cambios que va sufriendo en cuanto a calidad (purificación) y composición (solución nutritiva), otro aspecto importante es la sectorización que sufren dependiendo de la técnica a la que responden, y el destino final que tiene el líquido para las actividades o demanda a suplir.



*Figura 9.* Esquema de funcionamiento del sistema.  
Fuente: Elaboración propia.

### 8.3. Objetivos de la propuesta

El sistema está pensado para instalarse en instituciones públicas con la ayuda de un manual técnico de replicación para que tenga una mayor área de impacto, el cual contempla una serie de variables que se desarrollan en el siguiente capítulo desde aspectos climáticos, así como parámetros espaciales entre otros. Este sistema podría generar una red alternativa de producción de alimentos, así como el ahorro de agua. Otros aspectos son:

- Medio para generar dinámicas económicas.
- Incentivar la agricultura urbana y periurbana.
- Ahorro monetario y de recursos.
- Menos uso de agua potable para aportar a la recuperación de las fuentes naturales.
- Incentivar estas técnicas y su práctica.

- Generar espacios de aprendizaje y desarrollo social.
- Promover el trabajo a población campesina en espacios urbanos y periurbanos.
- Generar empleo para poblaciones vulnerables que tengan conocimientos en temáticas agrícolas.

#### 8.4. Componentes de la propuesta

##### 8.4.1. Estructura

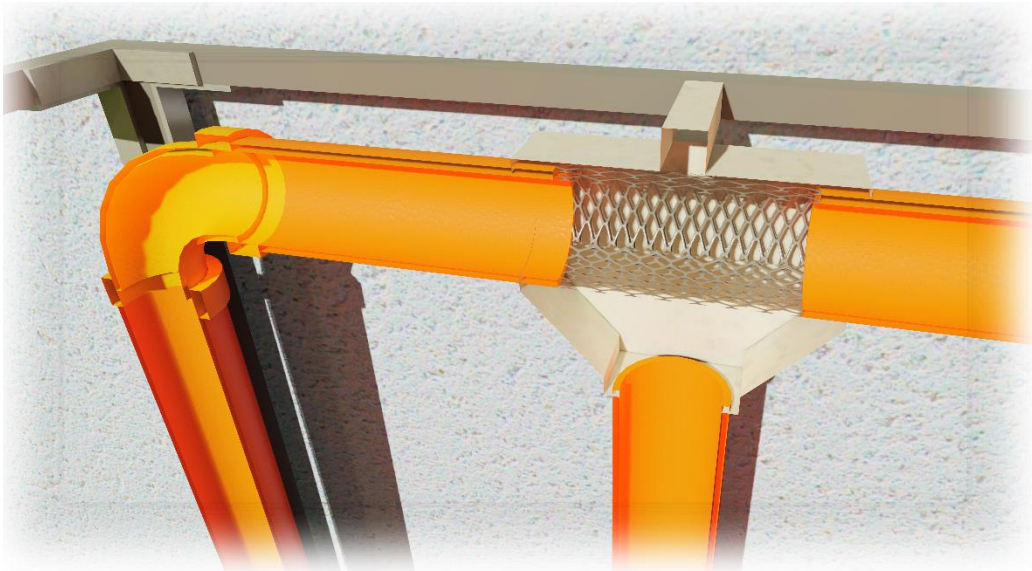
La estructura se basó en un estante metálico ver anexo 3 (Libro de planos), ya que estos son fáciles de modular, también son muy resistentes, livianos y de fácil ensamblaje, está orientada por un concepto de muro, está compuesto por perfiles cuadrados de 1"x1" y también de 2"x1", tiene unos refuerzos diagonales en la parte frontal, y en las puntas que se apoyan en el suelo una serie de platinas que se anclan al sistema de cimentación dependiendo del lugar y la composición del suelo, este módulo tiene unas dimensiones de 3m por 2,50m *figura 10*.



*Figura 10.* Estructura general del sistema RAIN-WALL  
La estructura está basada en un estante metálico, modurable y de fácil ensamblaje.  
Elaboración propia.



#### 8.4.2. Filtro de Primeras aguas

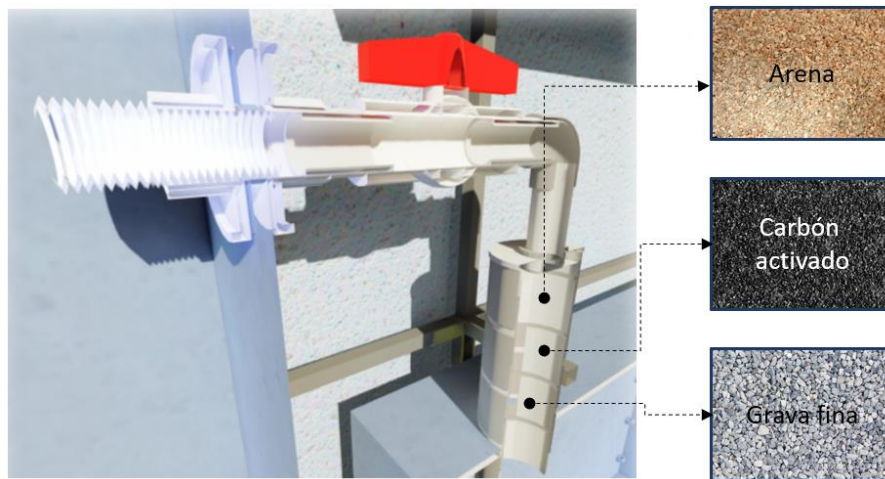


*Figura 11.* Filtro de acero inoxidable para primeras aguas.  
Elaboración propia.

Lámina perforada de acero inoxidable / metal perforado 3mm - 5mm (ver *Figura 11*). La dimensión de las perforaciones permite el paso del agua y bloquea la circulación de los sólidos más grandes. Va a estar ubicado entre la tubería de aguas lluvias con una inclinación de 2% para permitir el paso por gravedad de los residuos más grandes. Adicionalmente tendrá una cobertura de acrílico para direccionar el agua al tanque general.

#### 8.4.3. Filtro de Arenas

El filtro está compuesto por tres capas de minerales como lo muestra la *figura 12* la primera capa tiene sílice, la del medio carbón activado y la tercera tiene grava. Esto con el fin de limpiar el agua a nivel de bacterias y adaptarla a las condiciones necesarias para el cultivo.



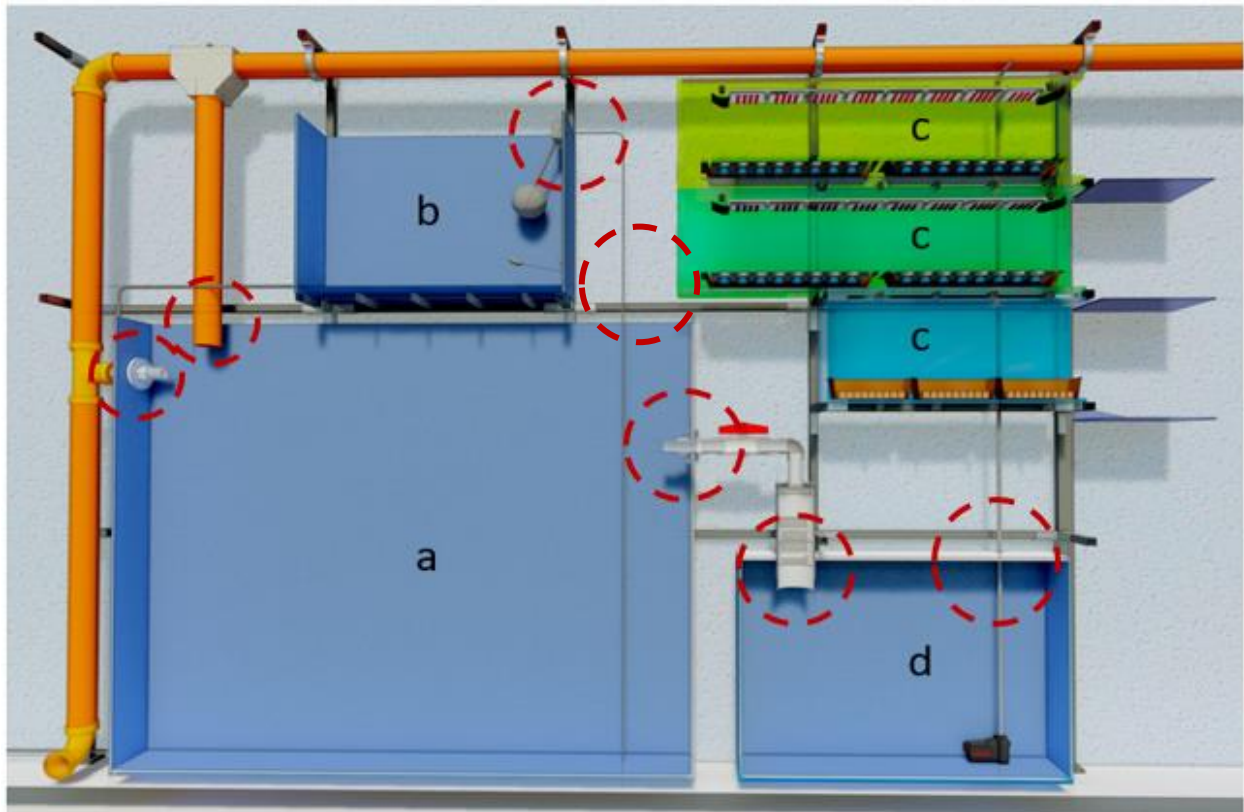
*Figura 12.* Filtro de capas minerales (arena, carbón activado y grava fina).  
Elaboración propia.

#### 8.4.4. Tanques

*Tanque general:* Es el tanque de recolección general es el más grande del sistema tiene una capacidad de 800L, tiene 4 perforaciones, como se indican en la *figura 13*, la primera donde llega la tubería de alimentación, el segundo el rebose al costado izquierdo, el que conecta el filtro de minerales y el ultimo que permite el paso de la tubería hasta el tanque de abastecimiento.

*Tanque de abastecimiento:* Este se encuentra encima del tanque general, y tiene la función de distribuir el agua a los aparatos y registros por gravedad, o si estos superan la altura del tanque, enviar por gravedad el agua a una bomba (dependiendo el caso) para que la distribuya, tiene por dentro un sistema de flotador y nivel que controlan su llenado (ver *figura.13*), (b).

*Tanque con Solución Nutritiva:* Es el segundo tanque de mayor capacidad (ver *figura 13*), (d) con un volumen de 180L, allí es donde se le agrega la solución nutritiva al agua, para luego ser impulsada hasta as líneas de riego, el nivel del agua se adapta a diferentes tipos de plantas, ya que cada especie tiene una demanda de agua específica.



*Figura 13.* Tanques y depósitos.

Espacios para conexiones (círculos rojos) y depósitos, a: tanque general, b: tanque de abastecimiento por gravedad, c: depósitos de germinación, d: tanque hidroponía (solución nutritiva).

Elaboración propia.

#### 8.4.5. Zonas de germinación

*Zona de Semillero:* Espacio para el primer paso de la germinación ver *figura.13 (c)* con espuma agrícola. Cada espuma tiene una capacidad de 64 semillas (ver *figura 14*). Durante el proceso de germinación no todas las semillas logran crecer, por lo que se debe plantar un 10% más, para resolver esto se planteo una capacidad de tres bandejas de germinación.

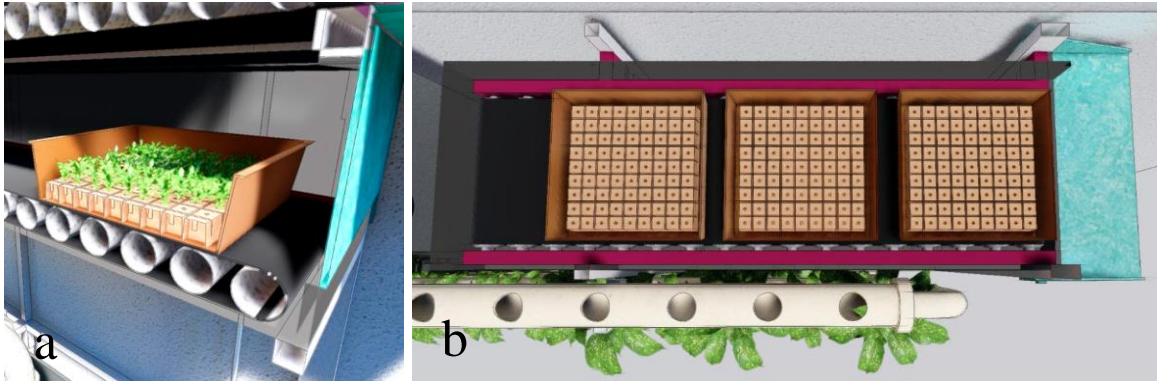


Figura 14. Zonas de semillero.

Espacios para conexiones (círculos rojos) y depósitos, a: tanque general, b: tanque de abastecimiento por gravedad, c: depósito de germinación, d: el tanque hidroponía (solución nutritiva).

Elaboración propia.

*Zona de germinación artificial:* Estos bancos tiene una capacidad menor para las plántulas por lo que se dispusieron dos zonas para esta actividad (*ver figura.15*), ya que para esta etapa la semilla ha germinado y debe tener 4 hojas verdaderas o 10cm de altura y necesita un espacio más grande para crecer y poder ser trasplantada a las líneas de riego, otro aspecto importante es que en esta etapa la plántula está en una técnica de bandeja de raíz flotante.

Las plantas en esta etapa también necesitan una temperatura mayor e iluminación constante, por lo que en la parte superior se encuentra ubicada una bandeja de Luz (LED), como se muestra en la *figura 15*, (b) que acelera el proceso de crecimiento.



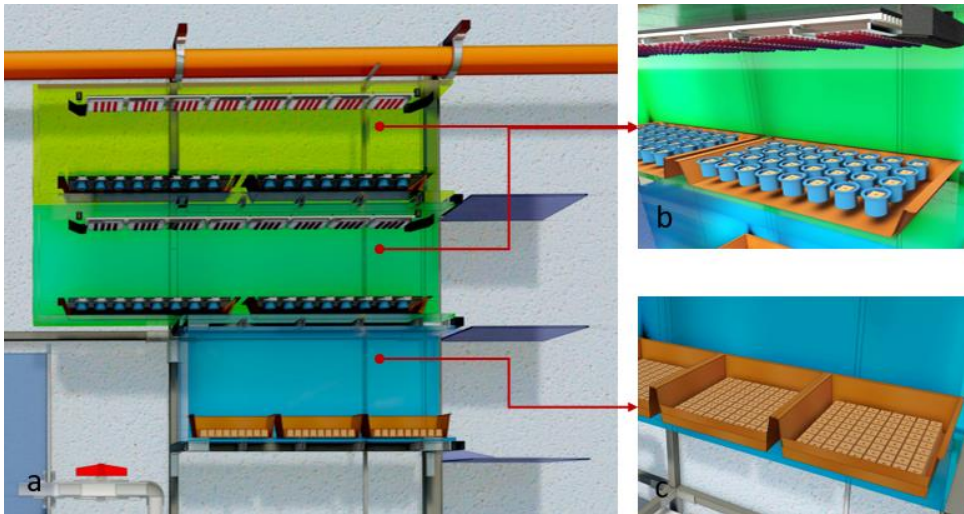


Figura 15. Depósitos sistema RAIN-WALL.

a: Disposición general de las zonas de germinación, b: Zona de germinación artificial, c: zona de semillero.  
Fuente: elaboración propia

#### 8.4.6. Bomba Sumergible

Habrán dos bombas (ver figura 16), que impulsan el líquido (agua) por todo el proyecto, una estará en el tanque de hidroponía que impulsa el agua con solución hasta las líneas de riego, la segunda está colocada en el tanque general e impulsa el agua hasta el tanque de abastecimiento (ver figura 13), el sistema tiene una altura de 2.50 m, por lo que estas deben tener una potencia que impulse el agua hasta esta medida o más, para que el sistema funcione correctamente.

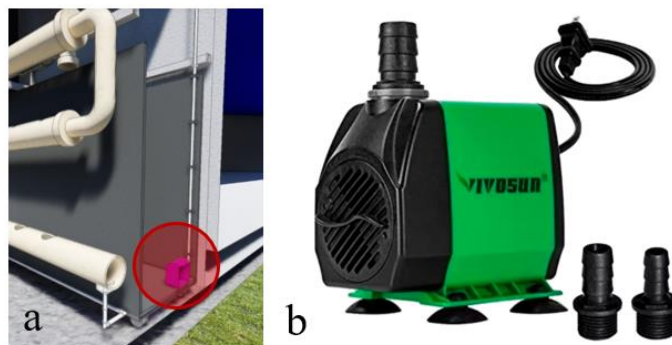


Figura 16. Bomba sumergible de agua  
a: Disposición en el Tanque de la bomba sumergible, b: Bomba sumergible Vivaun 800gph (3000L/hora) elevación 3mt, silenciosa.

Fuente: a: elaboración propia, b: Tomado de: [shorturl.at/jmM35](http://shorturl.at/jmM35)

#### 8.4.7. Tubería para líneas de riego

Tubería en PVC de 3" con posibilidad de cambio para plantar diferentes cultivos como se muestra en la *figura 17*. Estarán ubicados horizontalmente con una inclinación de 1% - 2% (una debajo de otro), para permitir el riego por gravedad de la solución nutritiva en todas las plantas, por lo que la tubería se conectará por medio de mangueras de 1/4".

Teniendo en cuenta que cada tipo de planta necesita una distancia diferente entre ellas (verticalmente), se propone un sistema de rieles que se module acorde al cultivo que se va a desarrollar.

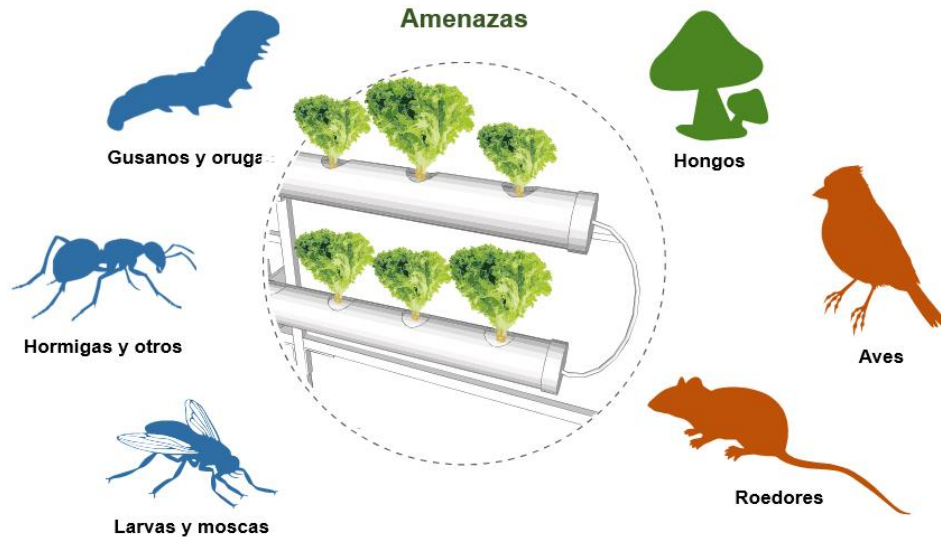


*Figura 17.* Líneas de riego.

a: Unión de las líneas de riego por manguera de nivel transparente, b: Perfil acanalado para adaptar el soporte del tubo a la necesidad espacial deseada, c: Disposición general de las líneas de riego (tubos).  
Elaboración propia.

### 8.5. Protección y cuidados

El sistema tiene una serie de amenazas que afectan la integridad de los cultivos (ver *figura 18*), tanto animales (insectos, roedores y aves) como enfermedades relacionadas a los hongos.

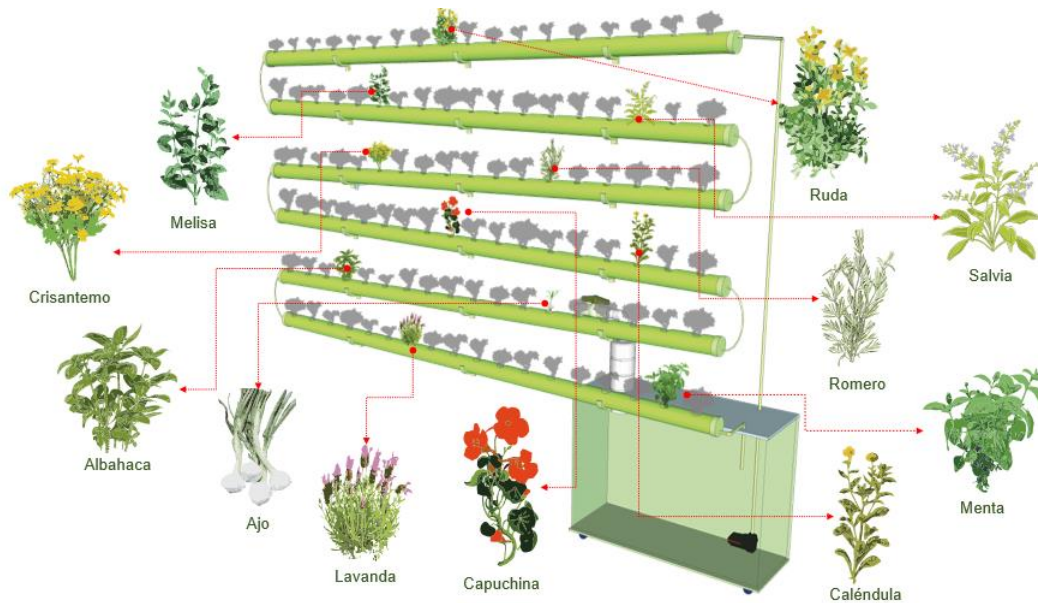


*Figura 18.* Grupos de amenazas para el cultivo hidropónico.  
El grupo azul son los insectos y arácnidos, el naranja son animales de mayor tamaño y el verde enfermedades como hongos.  
Elaboración propia.

Se detectaron tres grupos de amenazas principales, los insectos y arácnidos, los animales de mayor tamaño y las enfermedades relacionadas con hongos, para cada una se le generaron una serie de recomendaciones y estrategias:

Para el primer grupo que contempla todo tipo de insectos y arácnidos como: moscas, hormigas, gusanos, chinches, arañas de fruta entre otros, se plantean dos estrategias: la siembra en el cultivo de plantas aromáticas (crisantemo, salvia, albahaca, menta, caléndula, capuchina, lavanda, ruda, melisa, romero entre otras). Las cuales tienen toxinas especiales para repeler como la piretrina, pero también por su modo de siembra que es acorde con la técnica hidropónica (ver *figura 19*), ya que son planta de menor tamaño y raíz pequeña o media.

Otra estrategia es la implementación de pesticidas y plaguicidas orgánicos solubles, los cuales se disuelven en la solución nutritiva, y este llega a la planta por medio de las raíces, también existen unos de elaboración casera como, cúrcuma molida o cascara de café molida con ceniza de carbón.



*Figura 19.* Especies de plantas aromáticas.  
Disposición estratégica de las plantas en las líneas de riego, (el esquema es representativo).  
Elaboración propia

La siguiente estrategia responde al segundo grupo de amenazas, las cuales contemplan animales de mayor tamaño, que, dependiendo el lugar de aplicación, variaran las especies de animales estos pueden ser: raedores, aves, reptiles entre otros, para esto se le colocara una malla eslabonada de 2 a 4 cm de agujero.

Finalmente, para las amenazas d tercer grupo se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Calidad de las semillas.
- Descarte y filtrado de las plántulas enfermas en todas las etapas de crecimiento de la planta germinación y crecimiento artificial.
- Ventilación constante del cultivo.
- Higiene en todas las etapas del cultivo.
- Oxigenación constante del agua.

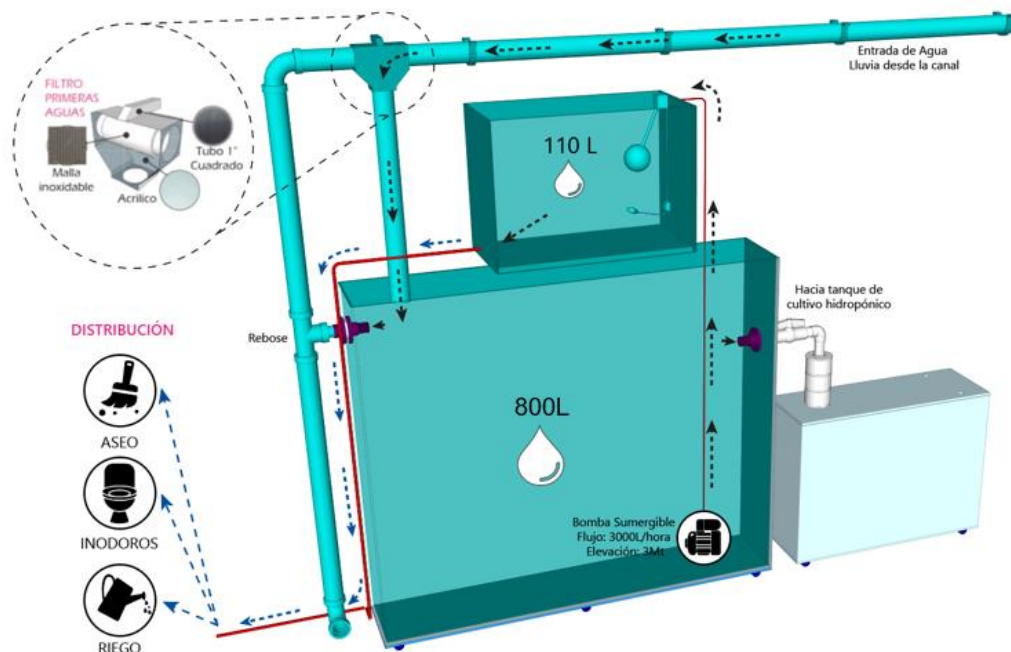


## 8.6. Funcionamiento del Sistema Rain Wall

### 8.6.1. Zona de Aguas Lluvias

La sección que se encarga de la recolección de agua lluvia (ver *Figura 20*) es sencilla ya que está compuesta por 4 elementos y uno complementario, el primer elemento es la línea conectora desde la cubierta que redirige el líquido hacia el sistema, otro elemento importante es el filtro el cual separa al líquido de los desechos más grandes (hojas, desechos orgánicos e inorgánicos), después de este filtrado el líquido se almacena en el tanque general, en este tanque hay una bomba que eleva el agua hasta un segundo tanque más elevado, que está controlado por un sistema de flotador y nivel electrónico para que se llene en la medida que se requiera,

Luego por gravedad el líquido va hasta el registro o válvula de paso, así como a los inodoros; en lugares donde los aparatos estén por encima del nivel del tanque de distribución, se requerirá de una bomba de la potencia adecuada a la altura de los aparatos o registros donde se quiera llegar.



*Figura 20.* Funcionamiento zona de recolección y aprovechamiento de agua lluvia.  
Elaboración propia.

### 8.6.2. Zona cultivo hidropónico

La zona de cultivos hidropónicos la componen 4 elementos funcionales, el proceso inicia en los depósitos de crecimiento el cual consta de 3 áreas, la primera y de menor tamaño que consta de un semillero, donde la planta tiene el primer brote y debe desarrollar sus primeras hojas verdaderas o medir entre 8 y 10 cm de alto, luego tenemos una zona de crecimiento artificial, el cual consta de dos áreas, que funcionan con técnicas de bandeja de raíz flotante y una fuente de luz led agrícola en la parte superior (ver *figura 21*).

Después de esta zona, antes de la etapa de trasplante, se debe dejar llenando el tanque de solución nutritiva, donde llega el agua purificada gracias al filtro de arenas, luego de esto se trasplantan, las plantas a la línea de riego y se activa la bomba la cual impulsa el agua hasta la línea de riego más elevada, el agua baja por gravedad hasta el tanque de solución nutritiva, generando un circuito cerrado (circular), como lo requiere la técnica, (para más recomendaciones consultar manual de aplicación).

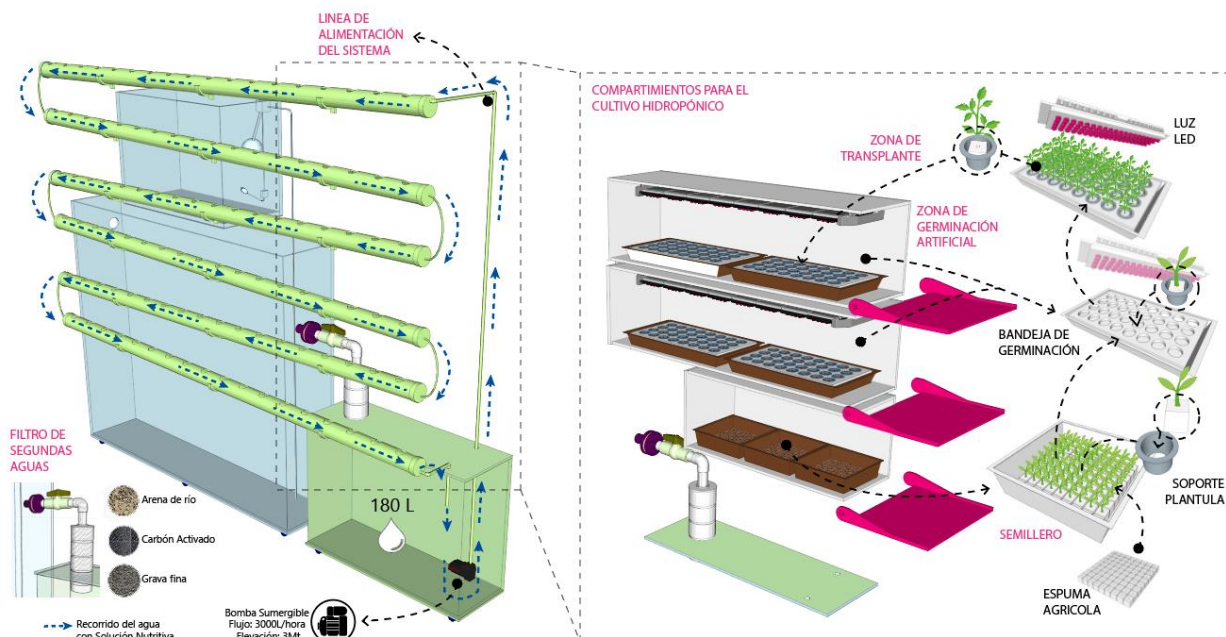


Figura 21. Funcionamiento zona de cultivos hidropónicos.  
Elaboración propia.

## 8.6.2.1. Selección del cultivo

Bogotá cuenta con una temperatura de 14°C en promedio. para este caso se toman los cultivos de clima frío (ver *tabla 4*) que se encuentran entre 15-18°. También se puede cultivar para clima cálido siempre y cuando se adecue el ambiente por medio de invernaderos, es decir, artificialmente.

Tabla 4.

*Cultivos de Clima Cálido y Clima Frío y sus condiciones*

<b>Tipo</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Clima</b>	<b>Ciclo (días)</b>	<b>Germinación (°c)</b>	<b>forma de siembra</b>	<b>Distancia entre plantas (cm)</b>
Hortaliza de Hoja	Lechuga	Frio	80 - 90	20	Trasplante y directa	30
Hortaliza de Hoja	Espinaca	Frio	50 - 60	10 - 15	Directa	10
Hortaliza de Hoja	Acelga	Frio	60	10 - 15	Trasplante y directa	30
Hortaliza de Hoja	Apio	Frio	90 - 120	15 - 30	Trasplante	30
Hortaliza de Hoja	Perejil	Frio	80	-	Directa	20
Hortaliza de Hoja	Cilantro	Frio	50	15 - 30	Trasplante	5
Hortaliza de flor madura e inmadura	Brócoli	Frio	70 - 90	-	Trasplante y directa	50
Hortaliza de flor madura e inmadura	Coliflor	Frio	80 - 100	-	Trasplante y directa	50
Hortalizas de Fruto	Pepino	Cálido	70 - 80	20 - 30	Trasplante y directa	15
Hortalizas de Fruto	Melón	Cálido	100 - 120	-	Trasplante y directa	30
Hortalizas de Fruto	Sandía	Cálido	110 - 130	-	Directa	100
Hortalizas de Fruto	Tomate	Cálido	110 - 120	20 - 30	Trasplante	30

*Nota:* Variables de cultivo de algunas especies de hortalizas. Tomado de: Zárate, M. (2014). *Manual de hidroponía*. Primera edición. Ciudad de México D.F. México, Universidad nacional autónoma de México.

## 8.7. Variables de aplicación del sistema Rain-Wall

### 8.7.1. Variables del lugar

Estas variables se refieren a condiciones espaciales y físicas que tenga el lugar, se dividen en tres, área de captación, el muro de aplicación y el terreno de anclaje.

#### 8.7.1.1. Área de captación

Es la superficie que va a recibir la precipitación (ver *figura 22*), generalmente la cubierta, esta tiene inclinación, la cual determinara la velocidad de la caída del líquido a la canal, el área que multiplicado por la precipitación me da el volumen de agua aprovechable y el material, que juega un papel importante en temas como la escorrentía ( volumen de agua que no se absorbe por la superficie y recorre superficialmente el material), también un índice de pérdida, entre otros aspectos.

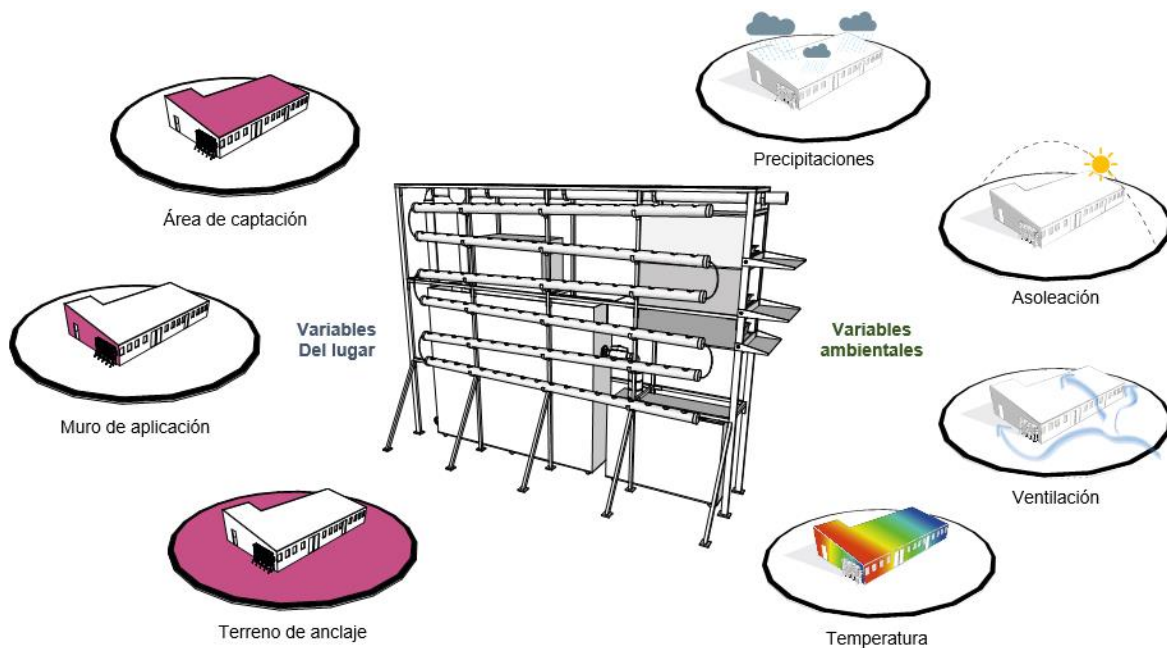


Figura 22. Esquema de los tipos de variables del sistema RAIN-WALL.  
Elaboración propia.

#### 8.7.1.2. *Muro de aplicación*

Es el área disponible, que tiene el lugar de aplicación en sus fachadas, para la disposición de uno o varios módulos del sistema *figura 22*

#### 8.7.1.3. *Terreno de anclaje*

Es la superficie donde se va a implantar el proyecto puede ser (cemento, tierra, madera, césped, arena zonas arcillosas, metálico entre otros), determina el tipo de anclaje por ejemplo (pernos, zapatas, tensores, varillas enterradas, entre otros), se debe tener en cuenta la asesoría de un profesional.

### 8.7.2. *Variables ambientales*

#### 8.7.2.1. *Asoleamiento*

Es la disposición del sol frente a el lugar de aplicación, esto nos permite analizar aspectos como la cantidad de horas luz que tengo disponibles en un día para mi cultivo por ejemplo o también, que cantidad de radiación directa o sombra habrá en un día determinado. Esta variable esta más ligada a la zona de cultivo hidropónico ya que este recurso es vital para las plantas.

#### 8.7.2.2. *Precipitación*

Es la cantidad de agua que llega al suelo en forma de lluvia, rocío, granizo o nieve; contabilizada durante un período de tiempo IDEAM (s.f), se mide en mm, y es la variable más importante para el óptimo funcionamiento del sistema (*ver figura 23*), permitirá deducir la efectividad y viabilidad del sistema, entre otros elementos funcionales.

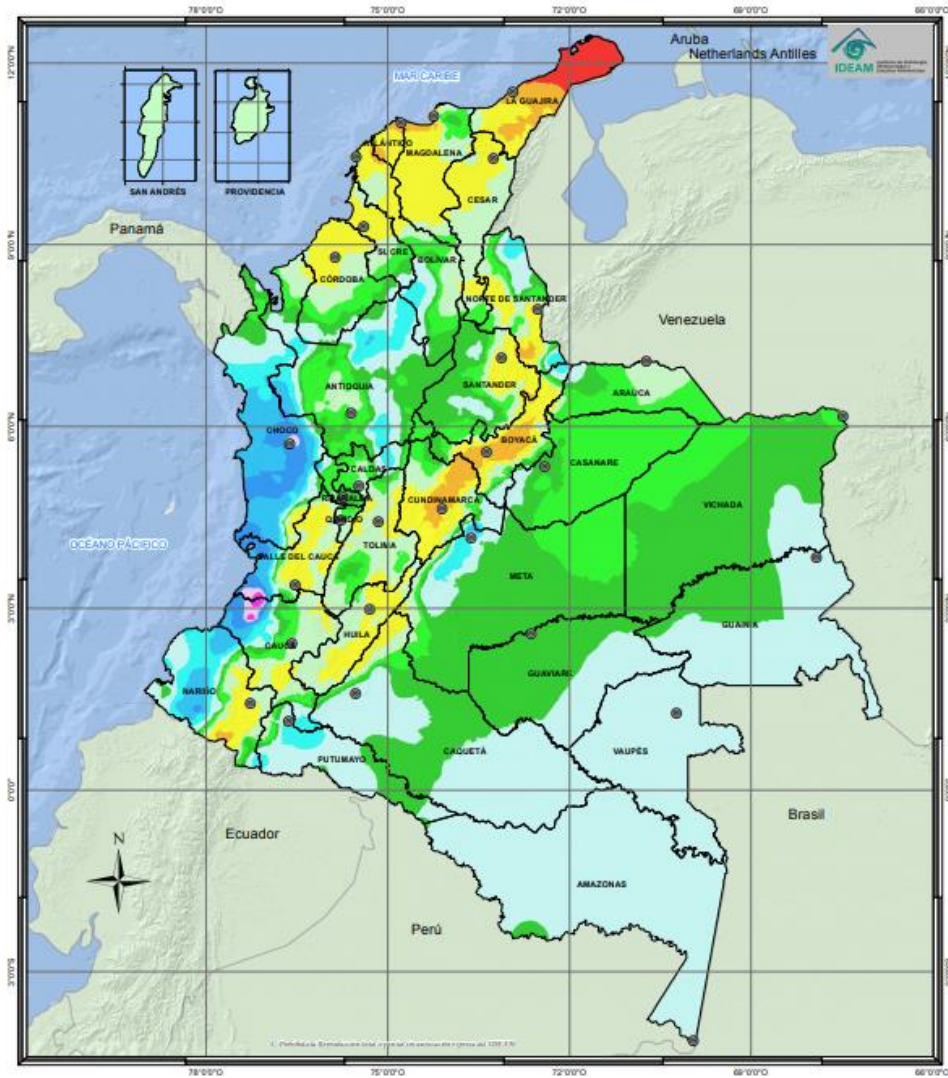


Figura 23. Promedio de precipitación anual en Colombia (mm). Tomado de: IDEAM (2014). precipitación media total anual. promedio multianual 1981 - 2010. Recuperado de: [http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Precipitacion\\_Anual.pdf](http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Precipitacion_Anual.pdf)

### 8.7.2.1. *Temperatura*

la temperatura es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. dicha magnitud está vinculada a la noción de frío (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura).

### 8.7.2.1. *Ventilación*

Es el volumen de aire que, impacta, transita, o dinamiza con un espacio determinado, esta variable nos ayuda a direccionar el sistema de la forma más óptima para proteger la zona de germinación que es la zona más expuesta (ver detalles en el manual RAIN-WALL).

## **8.8. Variables de funcionamiento del sistema**

Son 8 variables funcionales (ver *figura 24*) que responden a una o más de las variables de aplicación mencionadas anteriormente.

### 8.8.1. *Cimentación y anclaje vertical*

Depende de dos aspectos del muro de aplicación y el terreno de anclaje, para el primero se puede de tres maneras principalmente

*Pernos o chazos metálicos:* para suelos con capacidad portante fuerte como cerámicos, concreto.

*Zapatas o dados de anclaje:* se usa para suelos con capacidad portante media, consiste en generar un dado en concreto que sirva, para anclar las platinas de los soportes del sistema, ya sea por un sistema de pelos con varilla roscada o varilla lisa que se suelda a la platina.

En cuanto a el anclaje en el muro, una opción es con chazos metálicos o plásticos ayudados con una platina o cables metálicos o de alta resistencia.

### 8.8.2. *Numero de módulos*

Esta variable va en función de dos aspectos, uno físico y el otro ambiental, es recomendable guiarse por el factor ambiental, el aspecto físico es colocar módulos dependiendo de la cantidad de muro aprovechable que yo disponga (especialmente en un tema de producción agrícola es una opción viable), por otra parte, la pluviometría indicara el volumen de agua aprovechable a suplir en cuanto almacenamiento o tener en cuenta la siguiente viable.

### 8.8.3. *Demanda*

Es la suma del consumo de los aparatos o actividades que requieren del agua (no potable), lo recomendable es hacer un cálculo, por días, meses y semanas, para tener un mayor control de esta variable.

### 8.8.4. *Caudal*

Es el volumen de agua por tiempo, que requiere la demanda para su correcta cobertura, este dato permite calcular con qué velocidad se llena el tanque general, así como la necesidad que tiene cada aparato para funcionar.

### 8.8.5. *Volumen de agua*

Es la cantidad de agua resultado del área de captación (cubierta) y la pluviometría en un determinado periodo de tiempo, con esto calculamos el potencial de cobertura de un determinado caso.

### 8.8.6. *Tipología*

Se proyectaron tres tipologías, que suplen diferentes necesidades espaciales y funcionales (ver conclusiones y recomendaciones).



### 8.8.7. Tipo de cultivo

El tipo de cultivo responde a los factores climáticos especialmente la temperatura. Dependiendo la especie seleccionada las líneas de riego se distanciarán o acercarán para responder a ese factor espacial, por otra parte, el tubo puede tener diferente distancia entre las perforaciones de soporte para la planta ya que cada especie requiere tanto espacio para la raíz como para el follaje.

### 8.8.8. Disposición del modulo

La disposición del sistema se rige por dos aspectos el climático entorno a la protección de las plantas de ráfagas de viento; así como el aprovechamiento de la luz solar. un factor determinante es el muro disponible, el cual nos puede facilitar, la realización de los dos aspectos anteriores.

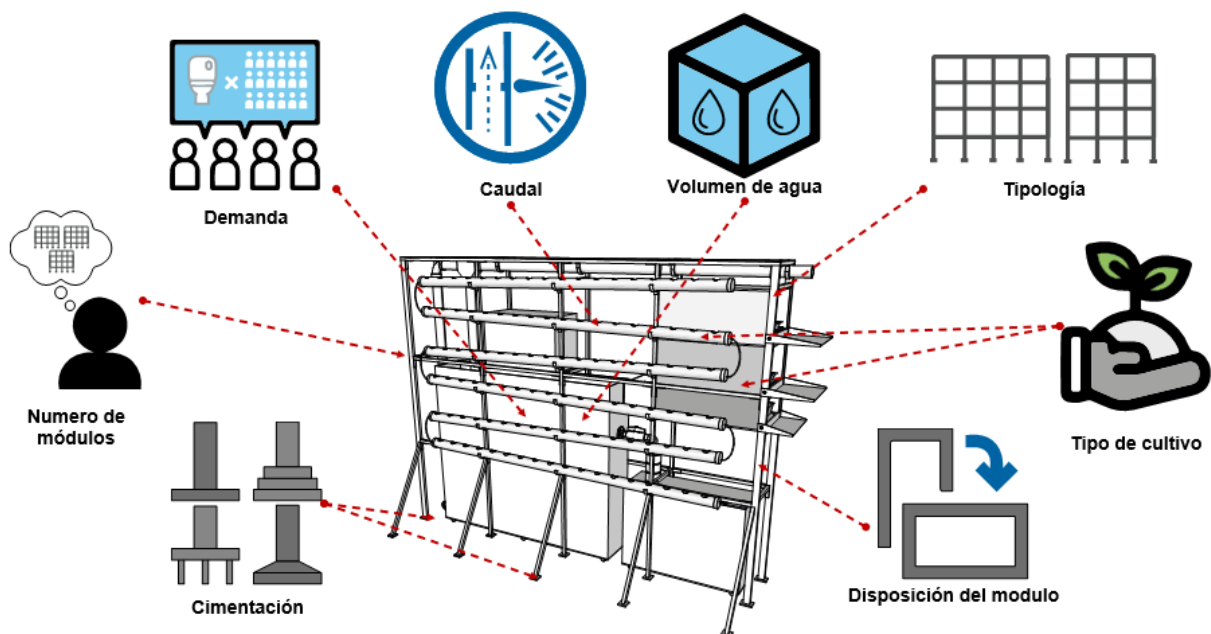


Figura 24. Variables de funcionamiento del sistema RAIN-WALL  
Elaboración propia.

## 9. Caso de aplicación del sistema RAIN-WALL

### 9.1. Caso de estudio

El diseño del sistema se generó a partir de un lugar de estudio, ya que cada institución va a requerir unas condiciones distintas, en este caso, el espacio de implantación cuenta con niños de preescolar (5-7 años de edad) por lo que los acabados del sistema deben estar dirigidos a la seguridad de ellos, y a la interacción con la población.

#### 9.1.1. Ubicación

El lugar de aplicación es el Colegio Técnico Jaime Pardo Leal, con dirección Carrera 10 #3 - 63 sur, en la ciudad de Bogotá, barrio Policarpa, localidad Antonio Nariño. El colegio consta de dos sedes, sede preescolar y Primaria/Secundaria (*figura 25 y 26*).

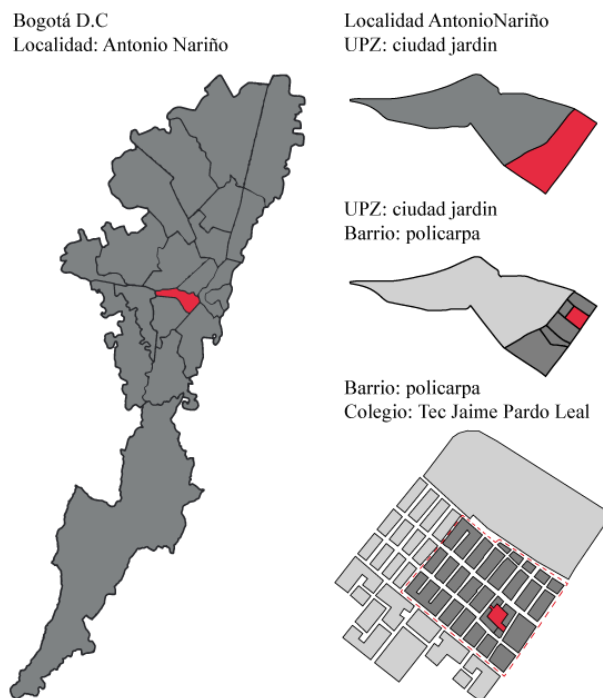


Figura 25. Ubicación del caso de estudio.  
Elaboración propia.



*Figura 26.* Colegio Técnico Jaime Pardo Leal. Leal  
Sede preescolar costado derecho de la imagen.  
Elaboración propia.

Para aplicar el prototipo se va a usar la sede de Preescolar, que cuenta con un muro libre, ubicado en un espacio aislado y lejano de zonas deportivas y áreas de juegos. En la *figura 26* se muestra la ubicación del edificio.

## **9.2. Condiciones ambientales**

### *9.2.1. Precipitaciones*

Bogotá cuenta con un promedio de 84.4mm de precipitación, contando con abril (18 días), mayo (16 días), octubre (18 días) y noviembre (18 días) como los meses con más lluvia y enero (8 días), junio (17 días), julio (16 días) y agosto (15 días), como los meses en los que menos llueve a pesar de que no tienen la menor cantidad de días con lluvia, como lo indica la *figura 27*,

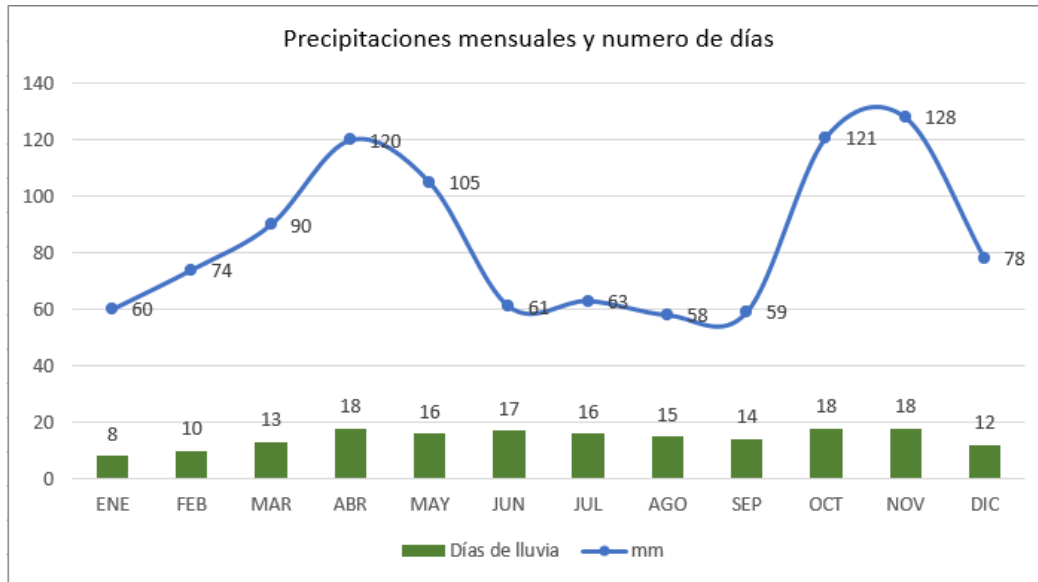


Figura 27. Precipitaciones, mes (mm) y número de días con precipitación estación (San Diego). Tomado de: IDEAM (s.f), promedio mensual y anual de precipitación / promedios mensual y anual del número de días con lluvia. Recuperado de: <https://bit.ly/2WB0Pnt>

### 9.2.2. Temperatura

La temperatura promedio de Bogotá oscila entre los 13,2 °C y los 14°C, ósea que estamos en un clima frio, las temperaturas máximas no superan los 20°C los meses más cálidos coinciden con el primer y último trimestre del año como lo muestra la figura 28, por otra parte, las temperaturas mínimas no superan los 7,2°C y las más bajas se registraron en el primer trimestre del año.

Temperatura max (°C)	19,2	19,4	19,3	18,8	18,4	17,8	17,8	17,8	18,2	18,2	18,4	18,8
Temperatura media (°C)	13,2	13,5	13,9	14	13,8	13,4	13,1	13,1	13,2	13,3	13,5	13,4
Temperatura min (°C)	7,2	7,6	8,6	9,2	9,3	9,1	8,7	8,5	8,2	8,5	8,6	8,0
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

Figura 28. Temperatura de Bogotá promedio histórico.

Tomado de: Climate-Data.org (s.f). Datos: 1982 – 2012, máximo, media, mínimo. Recuperado de: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/bogota/bogota-5115/>

### 9.3. Levantamiento arquitectónico



Figura 29. Planta Cubiertas.  
Elaboración propia

La sede preescolar tiene construcciones aledañas en los costados Norte y Occidente, en la fachada Sur hay una zona de juegos para los niños de preescolar y en la fachada Oriente se encuentra el patio central del colegio.

La sede de preescolar cuenta con una cubierta de 148m<sup>2</sup> de área de captación (ver figura 29) y una inclinación de 10°, en este espacio se encuentran los salones y el baño, y éstos junto con la zona de juegos y aseo son los sitios de alcance del proyecto.

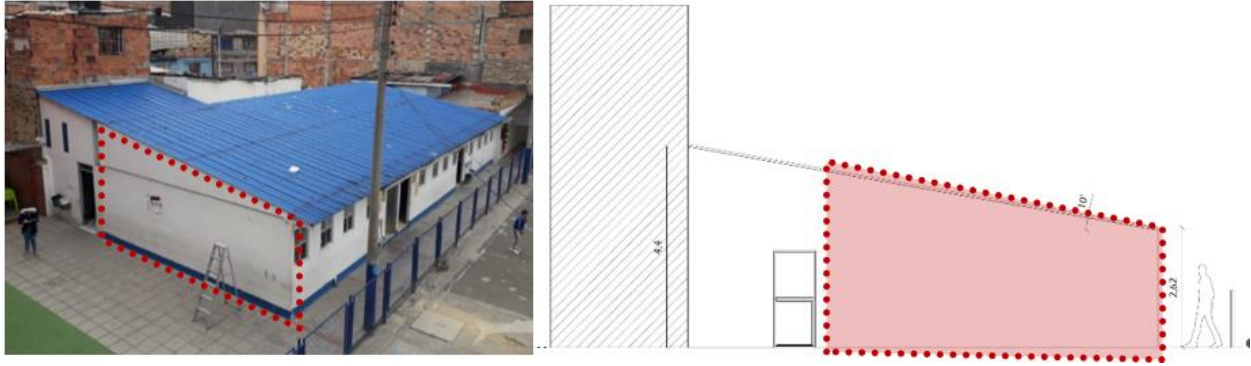


Figura 30. Sede preescolar Fachada sur / Muro de aplicación.  
Elaboración propia.

En la Fachada Sur se va a desarrollar el prototipo, ya que cuenta con una superficie aprovechable de  $18.5\text{m}^2$  (ver *figura 30*), y al lado izquierdo se encuentran los baños. EL recorrido del agua lluvia se da por la canal que se encuentra en el costado oriente, la cual redirecciona el agua hasta el módulo como se muestra en la *figura 31*.

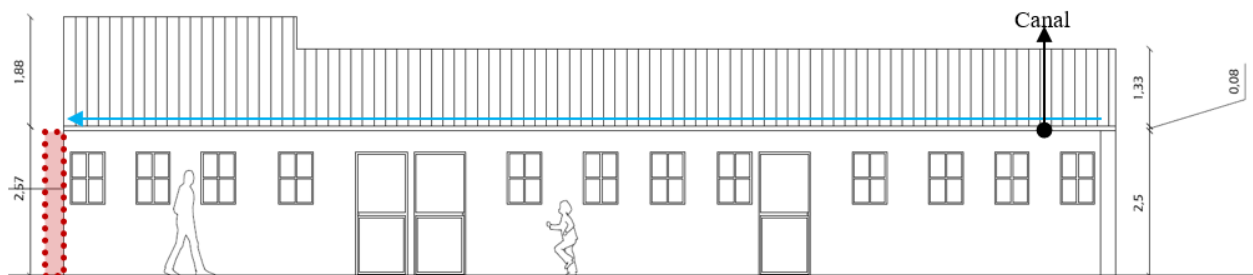


Figura 31. Fachada oriente sede preescolar  
Elaboración propia.

9.3.1. Consumo de agua

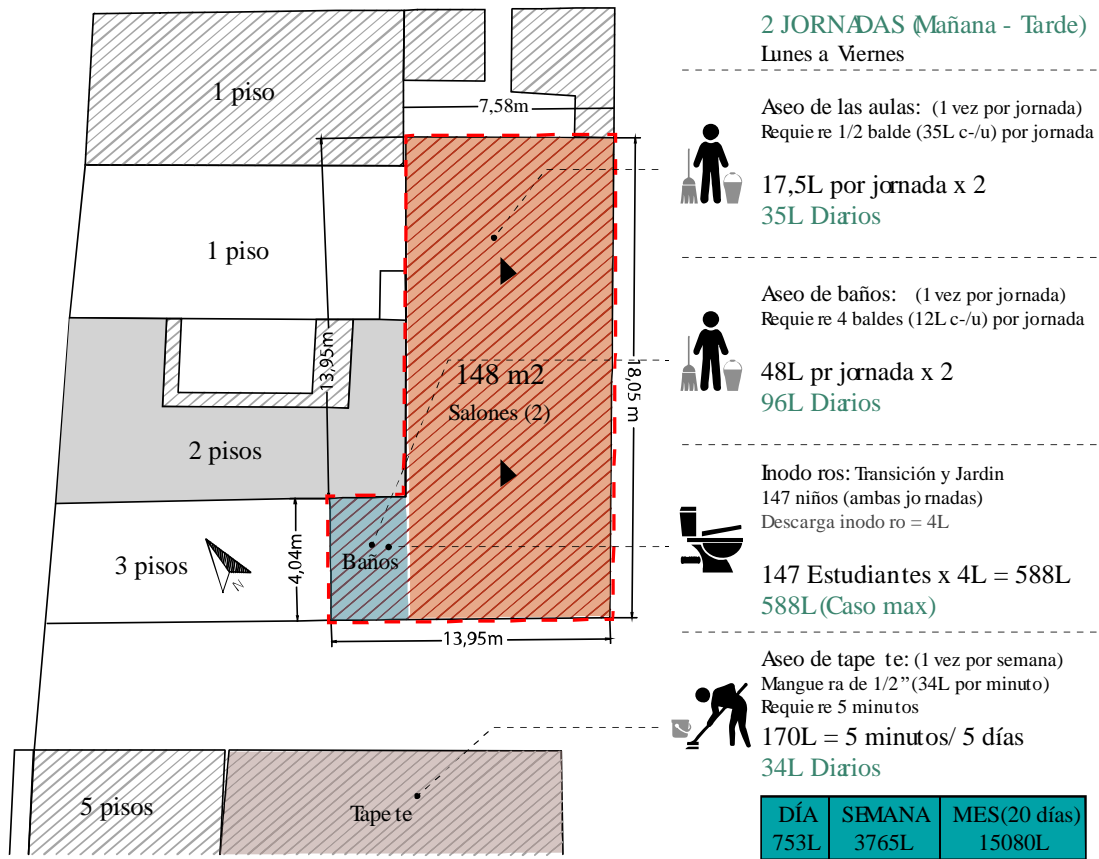


Figura 32. Consumo de agua por actividades

Se tiene en cuenta el cálculo mensual con un mes académico promedio. Elaboración propia

La demanda de agua de la Sede Preescolar se compone de 4 actividades (ver figura 32) de consumo no potable, los cuales generan un volumen total de 753L diarios, 3736L semanales como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

*Cálculo del consumo de agua diario y semanal de la sede preescolar.*

<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Gasto</b>	<b>Consumo día</b>	<b>Total (l) Dia</b>	<b>Total (l) Semana</b>
Aseo de aulas	1 vez por jornada (Mañana – Tarde)	½ balde (35L c/u)	35L		
Aseo de baños	1 vez por jornada (Mañana - Tarde)	4 baldes (12L c/u)	96L		
Uso de baños (Mixtos)	1 vez mínimo cada estudiante (consumo máximo) 147 estudiantes ambas jornadas	4Lx descarga	588L	753L	3736,5L
Limpieza del tapete	1 vez por semana (manguera ½” – 34Lxmin) 5 minutos para limpiar	170L (14.4L x Día)	34L		

*Nota:* El consumo se mide de lunes a viernes. Adaptado de: Datos del Colegio Jaime Pardo Leal. (2019).

#### **9.4. Selección de cultivo – caso de estudio**

Para el caso de estudio se va a cultivar acelga y lechuga morada, ya que cuentan con un ciclo de 60 días desde la germinación hasta la cosecha (corto), además, el clima de este fruto esta entre 10 y 15°C y Bogotá cuenta con un promedio de 14°C, es decir, las condiciones climáticas son adecuadas para su correcto desarrollo.



### 9.5. Anclaje con chazos expansivos (tipo de anclaje)

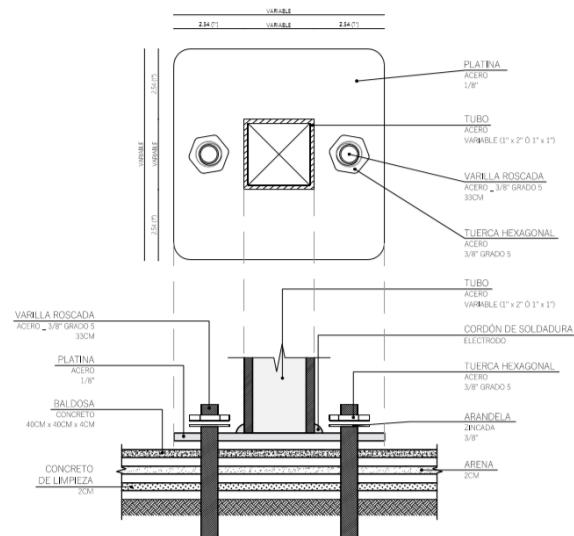


Figura 33. Plano detalle del anclaje con chazos metálicos.  
Elaboración propia.

Para el caso de estudio el anclaje del sistema se hizo con chazos expansivos como se muestra en la *figura 33* (chazos metálicos 3/8x1 7/8), ver anexo 3 (Book de planos) se usó este sistema debido a que el suelo consiste en laminas (baldosas) de tráfico pesado en concreto de 4cm de grosor, lo que permite el correcto anclaje de estos chazos, es un sistema de fácil colocación y de alta garantía de seguridad.

## 9.6. Viabilidad del sistema RAIN-WALL

Tabla 6.

*Análisis detallado del aprovechamiento del recurso hídrico y la cobertura en el caso de estudio*

Análisis detallado del aprovechamiento del recurso hídrico y la cobertura en el caso de estudio									
colegio técnico Jaime Pardo Leal									
Mes	mm	Días de lluvia	Pluviometría diaria (mm/d)	Días académicos (da)	Demanda diaria del colegio (dd)	Demanda mensual (da *dd)	Oferta hídrica días óptimos (do)	Cobertura(L) mm/d*ac*do	% Cobertura
ENE	60	8	7,5	0	0	0	0	0	0
FEB	74	10	7,4	20	753	15060	9	9856,8	65,45
MAR	90	13	6,7	23	753	17319	12	11899,2	68,71
ABR	120	18	6,66	20	753	15060	16	15770,9	104,72
MAY	105	16	6,56	23	753	17319	15	14563,2	84,09
JUN	61	17	3,58	12	753	9036	10	5298,4	58,64
JUL	63	16	3,93	16	753	12048	9	5234,8	43,45
AGO	58	15	3,86	23	753	17319	11	6284,1	36,28
SEP	59	14	4,21	21	753	15813	11	6853,9	43,34
OCT	121	18	6,72	22	753	16566	14	13923,8	84,05
NOV	128	18	7,11	22	753	16566	14	14731,9	88,93
DIC	78	12	6,5	0	0	0	0	0	0
Total	1017	175	1017	202	0	160590	121	104417,0	
Promedio	84,75	14	84,75						67,77

ac: Área de captación (148 m<sup>2</sup>). Los porcentajes de cobertura son sobre el volumen de agua y no por número de días.

*Nota:* La tabla representa un resumen del análisis realizado en el caso de estudio del Colegio técnico Jaime Pardo Leal para el aprovechamiento del recurso hídrico

La tabla 6, muestra la pluviometría diaria, la demanda mensual y la cobertura de agua en Litros y porcentajes, por ejemplo: para el mes de abril hay una pluviometría diaria de 6.66mm resultado de la división entre la pluviometría promedio mensual (120mm) sobre los días de lluvia (18); hay una demanda de 15060L mensuales, producto de la demanda diaria del colegio (753L) por los días académicos (20días); éstos datos arrojan una cobertura de 15770,9L que resulta de la pluviometría diaria (6.66mm), el área de captación (148m<sup>2</sup>) y los días óptimos (16 días), que son aquellos en los que hay cobertura directa (llovió días académicos) o cobertura indirecta (cuando

llovió un domingo, y el agua se va a usar el lunes). Esta se interpreta en porcentajes en todos los meses para obtener un promedio de cobertura del proyecto de 67,77%.

Este porcentaje está por encima de la base de ahorro que establece el consejo colombiano de construcciones sostenible (CCCS) que es del 50%. Los meses con mayor cobertura son abril con más del 100% de cobertura, mayo, noviembre y octubre con más del 80%, y los de menor cobertura son julio y septiembre con menos del 50%.

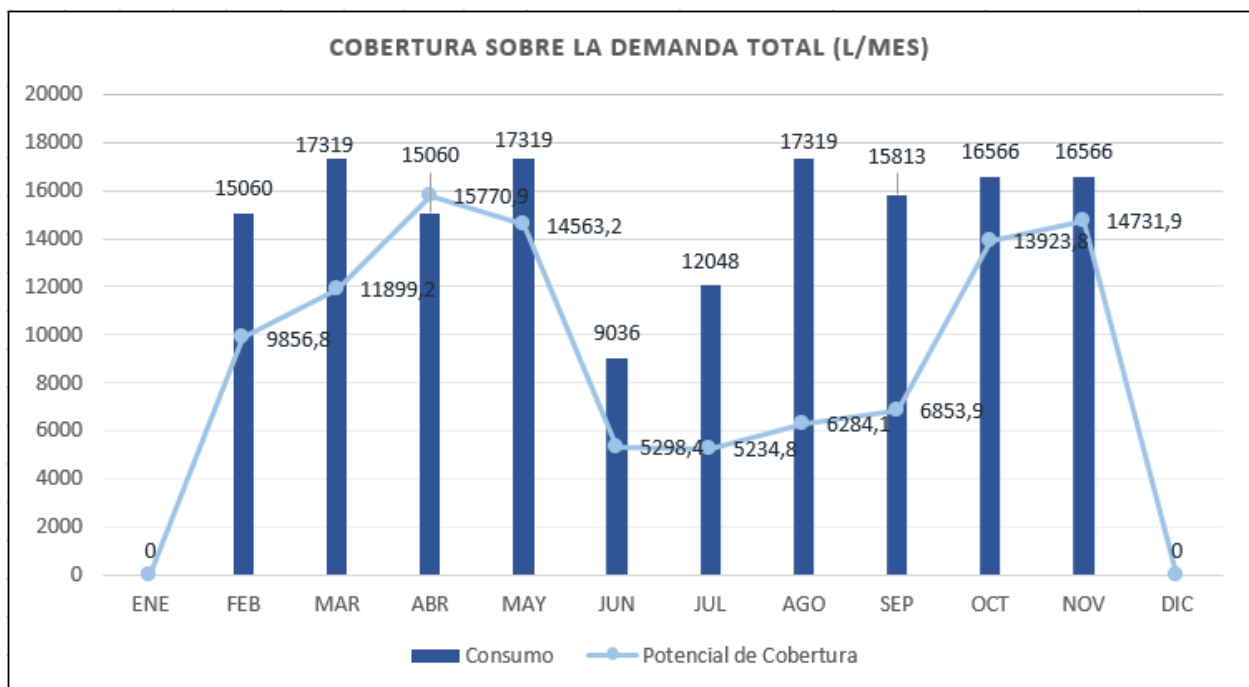
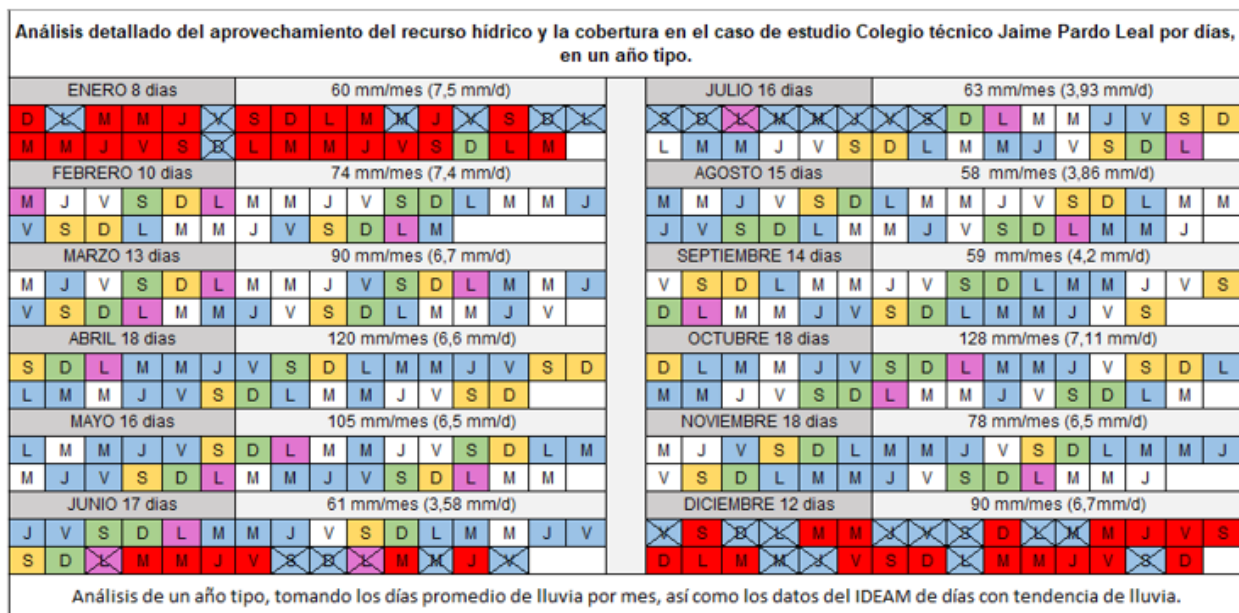


Figura 34. Cobertura sobre la demanda total (L/Mes)  
Elaboración propia

En cuanto a la dinámica de la cobertura se tiene un pico en el primer trimestre académico febrero, marzo y abril (9856.8, 11899.2 y 15770.9) respectivamente; después de mayo hay valle trimestral de junio, julio y agosto con una baja cobertura (ver figura 34). El último bimestre académico tiene un pico de cobertura ascendente, solo hay un punto que supera la demanda de agua en Abril (15770.9L) uno de los meses más lluviosos con 120mm promedio.



**LEYENDA - Tipo de día.**

	Día de vacaciones o receso estudiantil.
	Día no académico, con precipitación.
	Día académico con precipitación (revisar dato de precipitación para ver porcentaje exacto de cobertura diaria).
	Día con precipitación o cobertura con agua almacenada, por fuera de horario académico. (receso).
	Día académico con cobertura (indirecta), sin precipitación.
	Día académico sin precipitación, ni cobertura (indirecta).
	Día no académico sin precipitación.

Figura 35. Análisis detallado por días de la cobertura en un año. Elaboración propia.

En la figura 35 se muestra el análisis detallado por días de la cobertura real del consumo en un año tipo, teniendo en cuenta las semanas académicas, así como los días en que el agua no se cubriría por una precipitación directa, sino indirectamente, es decir, por el almacenamiento de un volumen de agua en un día previo, en su mayoría fuera de los días académicos, en la figura 36, se muestra el resumen de días académicos con y sin cobertura del sistema.

Se tiene un total de 121 días de cobertura y 81 días académicos sin cobertura, hay un potencial desaprovechado de 75 días entre los días no académicos con cobertura y los días de precipitación fuera del calendario académico.

Resumen general de días por tipo de día (año tipo).													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
	23	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	19	48
	1	4	4	3	4	4	2	5	4	6	5	0	42
	0	6	9	15	12	9	7	10	10	12	13	0	103
	7	0	0	0	0	6	8	0	0	0	0	12	33
	0	3	3	1	3	1	2	1	1	2	1	0	18
	0	11	11	4	8	2	7	12	10	8	8	0	81
	0	4	4	7	4	2	5	3	5	3	3	0	40
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365

Cobertura y demanda en días y % de cobertura del sistema RAIN-WALL por mes (año académico)													
Cobertura Rain-Wall	0	9	12	16	15	10	9	11	11	14	14	0	121
Demanda	0	20	23	20	23	12	16	23	21	22	22	0	202
% Cobertura	0	45%	52%	80%	65%	83%	56%	47%	52%	63%	63%	0	60%
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO

Figura 36. Resumen general de días por tipo de día /cobertura y demanda en días y porcentaje. Elaboración propia.

En cuanto al porcentaje de cobertura (ver figura 37) se puede suplir un 60% de la demanda, los meses que tuvieron mayor cobertura fueron abril (80%), mayo (65%) y junio (83%). Por otra parte, los meses de menor cobertura fueron febrero y agosto con 45% y 47% respectivamente.

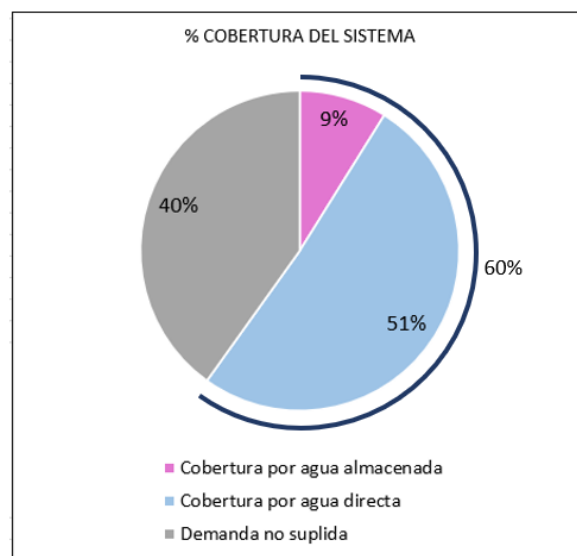
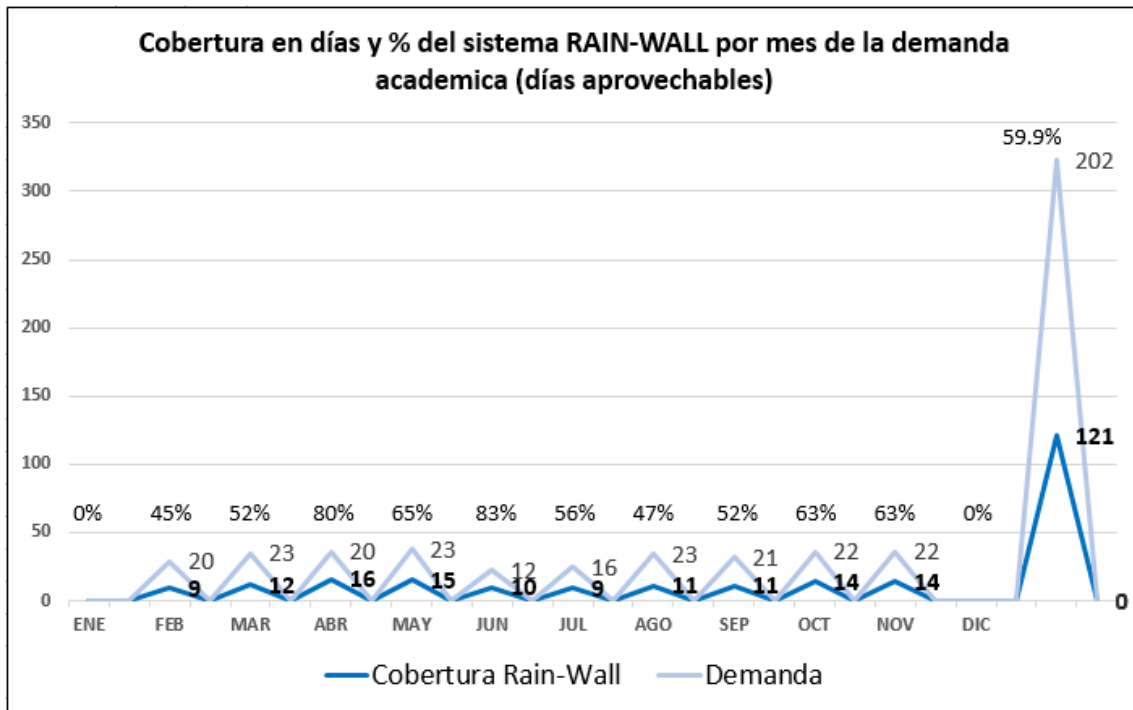


Figura 37. Porcentaje de cobertura por tipo de día. Elaboración propia.

Se tiene un 60% de cobertura en días (ver *figura 38*), el cual corresponde a un 9% de días donde el agua fue almacenada previamente en un día fuera del calendario académico, y un 51% de días con precipitación y aprovechamiento directo, se tiene un 40% de demanda no suplida.



*Figura 38.* Cobertura en días y % del sistema Rain-Wall por mes de la demanda académica (días aprovechables)  
Elaboración propia.

El sistema RAIN-WALL aplicado en este caso de estudio con un solo modulo tiene una cobertura óptima de 67% en volumen de agua, equivalente a 121 días, lo que indica que es un sistema viable en términos de recolección de agua lluvia.

### 9.7. Diseños complementarios para la aplicación del prototipo

La aplicación del módulo del Sistema Rain Wall debe tener en cuenta las siguientes determinantes del lugar:

Contexto inmediato: Determina el tipo de adecuación física necesaria para generar una relación espacial-funcional entre el sistema y su entorno.



Figura 39. Zona de juegos, adecuación al lugar.  
Elaboración propia

Para el caso de la Sede Preescolar del Colegio Jaime Pardo Leal, se diseñó un espacio que conecte la zona de juegos con el módulo (área interactiva) teniendo en cuenta que la población estudiantil inmediata no supera los 7 años (ver *figura 39*).

## 10. Taller de aplicación

### 10.1. Workshop-sesión teórica

El taller se realizó con los estudiantes de grado 11 (programa de Arquitectura) los días 19 de febrero, 2020 (Teórico) y el 04 de marzo, 2020 (Práctico). Ver Anexo 1. Workshop en el Colegio Técnico Jaime Pardo Leal.

Inicialmente se hizo una introducción acerca de la problemática general en cuanto al uso del agua y la agricultura urbana (ver *figura 40*), luego se les habló a los estudiantes sobre las soluciones alternativas como el cultivo hidropónico y la recolección de aguas lluvias.



*Figura 40.* Workshop, sesión teórica  
Elaboración propia.

### 10.2. Workshop-sesión practica

Para la realización del taller práctico se elaboraron unos modelos de Manual (ver Anexo 1, sesión practica) con el fin de recibir recomendaciones por parte de los estudiantes al desarrollar el ensamblaje.



Además, se separó el grupo en 4 equipos: 1. Ensamblaje de la estructura general; 2. ensamblaje de la estructura del tanque de recolección (ver *figura 41*); 3. ensamblaje de la estructura del tanque hidropónico y 4. Ensamblaje del filtro de segundas aguas y proceso de germinación como lo muestra la *figura 42*.



*Figura 41.* a: Equipo 1, estructura general, b: Equipo 2, Tanque de recolección  
Elaboración propia



*Figura 42.* a: Equipo 3, Tanque de cultivo, b: Equipo 4, Filtro y germinación  
Elaboración propia





En general los estudiantes pudieron ensamblar rápidamente los elementos, teniendo en cuenta que el equipo 4 acabó en 1 hora y el equipo 1 alcanzó a completar el 60% de su parte en 2 horas y 15 minutos, según lo que se tenía planeado (para mayores detalles, ver Anexo 1), al final se socializo los resultados adquiridos y se hizo un registro fotográfico de los productos y el equipo de trabajo (ver *figura 44*).

### 10.3. Manual de aplicación



*Figura 45.* Manual de aplicación y replicación sistema RAIN-WALL.  
Elaboración propia.

El manual es el producto tanto de las conclusiones del workshop, como del proceso de diseño del sistema y el análisis del caso de estudio, consta de 5 capítulos, el primero introduce al usuario en los conceptos generales en torno a este sistema, así como las variables de una forma sencilla y dinámica (ilustraciones), el segundo guía al usuario en temas como la selección del lugar y la tipología más adecuada para su caso particular, el tercero es la guía de ensamblaje del

sistema que consiste en un paso a paso ilustrado como se ve en la *figura 45*. El capítulo 4 explica al usuario el funcionamiento del sistema, de las dos zonas (recolección aguas e hidroponía), y finalmente el capítulo 5 muestra todo lo relacionado al mantenimiento y algunas recomendaciones generales, (ver anexo 2 Manual de aplicación y construcción).

## **11. Conclusiones y recomendaciones**

### **11.1. Conclusiones**

La implementación del sistema Rain-Wall es una alternativa viable para la producción de alimentos a baja y mediana escala lo cual puede traer beneficios económicos, sociales y ambientales, a zonas urbanas y periurbanas, esto se puede ver reflejado en los resultados de la aplicación en el colegio técnico Jaime Pardo Leal, lo cual a nivel institucional, puede promover la cultura del uso racional del agua y de los potenciales en términos de precipitaciones, incentivando el uso alternativo del agua lluvia para usos no potables; el sistema también puede acercar a las comunidades a la práctica de la agricultura urbana que es flexible a todo tipo de usuarios, espacios y fines. El sistema demuestra que la unión de estas técnicas no solo es posible, sino abre la puerta a estrategias y dinámicas comerciales, académicas y culturales.

Finalmente es importante rescatar que el fusionar técnicas y estrategias de todo tipo que vayan en pro del desarrollo sostenible de las ciudades, aporta al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por la ONU, que son importantes para la supervivencia del hombre y sus sociedades, frente al cambio climático y los efectos de la mala administración y aprovechamiento de los recursos.

### 11.2. Recomendaciones

- Para los tanques se recomienda su fabricación en el mismo material usado para los tanques convencionales (polipropileno).
- La Estructura metálica en acero inoxidable (preferiblemente), si se va a dejar el modelo a la intemperie, o cubrir completamente con pintura anticorrosiva o aislar de la lluvia la estructura con (plástico, madera, entre otros).
- La malla del filtro de primeras aguas preferiblemente en acero inoxidable, otro material puede ser plástico, el material no puede oxidarse o ni generar algún material dañino para las plantas.
- El desarrollo de las otras dos tipologías, así como implementación masiva pueden ser tema para proyectos de grado, así como cualquier componente que mejore el rendimiento o comportamiento del sistema.
- El necesario tapar con lona, plástico o algún material resistente a la intemperie la zona anterior del modelo ya que por esta zona pueden entrar las amenazas del grupo dos (naranja).

**Lista de Referencias**

- Arboleda, N. (2016). Diagnóstico del sistema de aprovechamiento del agua lluvia en el consejo comunitario de la comunidad negra de los lagos, Buenaventura. *Revista Luna Azul*. 3(43). 30. doi: 10.17151/luaz.2016.43.3
- Arroyave, J., Diaz, J., Vergara, D., y Macias, N. (2011). Evaluación económica de la captación de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. *Determinación de las estrategias de producción más limpia, fuentes alternativas y programas de ahorro y uso eficiente de recurso hídrico en la I.U. Colegio Mayor e Antioquia*. 6(6). 78. Recuperado de <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/105>
- Clavijo, K., Araujo, J., y Ortega, E. (2017). Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema pluvial ecosostenible. (Trabajo de grado). Universidad La Gran Colombia. Bogotá, Colombia.
- Climate-data.org. (S.F). Bogotá clima (Colombia). Recuperado de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/bogota/bogota-5115/>
- Código colombiano de fontanería [NTC-1500], (2004), Colombia. 06-05-2020. Recuperado de: [https://www.academia.edu/28670459/NORMA\\_T%3%89CNICA\\_NTC\\_COLOMBIANA\\_1500\\_C%3%93DIGO\\_COLOMBIANO\\_DE\\_FONTANER%3%8DA](https://www.academia.edu/28670459/NORMA_T%3%89CNICA_NTC_COLOMBIANA_1500_C%3%93DIGO_COLOMBIANO_DE_FONTANER%3%8DA)
- Delgado, p. (5 de septiembre de 2015). Los 10 problemas que le restan capacidad al agro. Recuperado de <https://www.larepublica.co/economia/los-10-problemas-que-le-restan-capacidad-al-agro-2297396>
- Elangreen.com. (9 de mayo de 2019). 10 plantas con propiedades Insecticidas. Recuperado de <https://www.elangreen.com/blog/10-plantas-con-propiedades-insecticidas/>
- FAO, OPS, WFP y UNICEF. (2018). *Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/CA2127ES/ca2127es.pdf>
- Gómez, J. (2014). Agricultura urbana en América Latina y Colombia: Perspectivas y elementos agronómicos diferenciadores. (Trabajo de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Medellín, Colombia.

- IDEAM. (S.F.). Estudio de la Caracterización Climática de Bogotá y Cuenca Alta del Rio Tunjuelo. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21135/CARACTERIZACION+CLIMATIC+A+BOGOTA.pdf/d7e42ed8-a6ef-4a62-b38f-f36f58db29aa>
- IDEAM. (S.F.). Formato Común de Hoja Metodológica de Indicadores Ambientales Precipitación total anual y mensual. Recuperado de [http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125581/26-51\\_HM\\_Precipitaci%C3%B3n\\_total\\_3\\_FI.pdf/615f94b0-9b09-472c-a9ca-31f481be3746](http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125581/26-51_HM_Precipitaci%C3%B3n_total_3_FI.pdf/615f94b0-9b09-472c-a9ca-31f481be3746)
- Klohn, W., y Appelgren, B. (1999) Agua y agricultura. *Revista CIDOB D'afers Internacionals*. 45-46. 120-121. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/39007849.pdf>
- León A., Córdoba J., y Carreño U. (2016). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. *Revista Tecnura*, 20(50), 142 - 146. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a10
- López, A., y Mella, J. (2015). Ciudades sostenibles: análisis y posibles estrategias. *Revista Encuentros Multidisciplinares*. 50. 1. Recuperado de <https://studylib.es/doc/6256232/ciudades-sostenibles--an%C3%A1lisis-y-posibles-estrategias>
- “Memoria desconocida”. (enero, 1992). Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible. Trabajo presentado en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente CIAMA. Dublín, Irlanda
- Méndez M., Ramírez L., y Álzate A. (2005). La práctica de la agricultura urbana como expresión de emergencia de nuevas ruralidades: reflexiones en torno a la evidencia empírica. *Revista Cuadernos de desarrollo rural*. 55. 56.
- Organización de las Naciones Unidas ONU. (2015). Ciudades y Comunidades Sostenibles. 1-2. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Paredes, C., García, V., Cifuentes, R., Ramos, M., y Quixtan, A. (2008). *Hidroponía*. Recuperado de <https://altiplano.uvg.edu.gt/proyectos/cdr/practicas/2008/Hidroponia/Tecnicos/hid%20tec.pdf>



Reyes, M., y Rubio, J. (2014). Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. (Trabajo de grado). Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia.

Wambeke, J. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Recuperado de [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/docs/captacion\\_agua\\_de\\_lluvia.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_lluvia.pdf)

## Anexos

Anexo 1: Workshop en el colegio Técnico Jaime Pardo Leal

- Sesión teórica
- Sesión practica

Anexo 2: Manual de aplicación del Sistema RAIN-WALL

Anexo 3: Book de planos

- L01 Localización general
- L02 Localización especifica
- E01 Estructura general vista superior
- E02 Estructura general vista frontal
- E03 Estructura general vista lateral izquierda
- E04 Estructura general vista lateral derecha
- A01 Vista superior
- A02 Vista frontal
- A03 Lateral derecha
- A04 Lateral izquierda
- C01 Corte A-A
- C02 Corte B-B
- C03 Corte C-C
- C04 Corte D-D
- C05 Corte E-E
- C06 Corte F-F
- C07 Corte G-G

- D01 Detalle de estructura del tanque de recolección de aguas lluvias
- D02 Detalle de estructura del tanque de cultivo hidropónico
- D03 Detalle del tanque de recolección
- D04 Detalle del tanque de cultivo hidropónico
- D05 Detalle del tanque de distribución
- D06 Detalle conexión tanque de agua a tanque hidropónico
- D07 Detalle conexión tanque de agua a rebose y distribución
- D08 Detalle de anclaje al suelo
- D09 Detalle filtro de primeras
- D10 Detalle filtro de segundas aguas
- D11 Detalle conexión de tubos, estructura general
- D12 Detalle riel acanalado y gancho

#### RENDERS

- Corte A – A
- Corte B – B
- Banco de trasplante
- Banco de germinación
- Filtro de segundas aguas
- Conexión de tanque de agua a tanque hidropónico
- Corte E – E
- Corte F – F
- Filtro de primeras aguas
- Rebose

- Tanque de distribución
- Corte G – G
- Proyecto RAIN-WALL implantado en la sede preescolar del colegio

Anexo 4: Tablas de análisis de cobertura RAIN-WALL

Anexo 5:

- PANEL 1
- PANEL 2
- PANEL 3
- PANEL 4