

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO



Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Prototipo recolector de agua atmosférica a partir de un sistema de Atrapanieblas en el sector Camellón Las Lajas-Tenjo, Cundinamarca, con punto de control en la vereda Los Colorados en el municipio de Pasca- Cundinamarca.

Trabajo de grado que se presenta como requisito para obtener título de:

Ingeniero Civil

Estudiantes

JONATHAN BUSTOS AMAYA

JOSE RICARDO GIRALDO BARAHONA

Asesor

CARLOS MARTIN MOLINA

Bogotá, mayo 2021

Resumen

Este trabajo de grado tiene como finalidad dar a conocer una alternativa de captación de agua, la cual ha ido implementando en diversos países, y se han obtenido resultados favorables en cuanto a la recolección de agua en lugares donde hay escases de este recurso, o donde la acometida domiciliaria no cuenta con la suficiente demanda que necesita una población vulnerable.

Durante esta investigación se compara dos Atrapanieblas que se instalaron en dos lugares geográficos con características meteorológicas diferentes. El principal Atrapaniebla se encuentra en la vereda Camellón las Lajas-Tenjo, siendo una población que presenta frecuentes cortes del servicio de agua que ofrece el acueducto municipal. Por otra parte, se instaló un Atrapaniebla en la vereda Los Colorados- Pasca, este con el fin de tener un punto control comparativo, ya que esta vereda colinda con el páramo de Sumapaz y presenta aspectos positivos para la captación de agua atmosférica.

Un factor de comparación que se tuvo en cuenta, fue la diferencia entre dos tipos de malla Raschel, una de 80% y otra de 35% de coeficiente de sombra, durante un mes se evaluó el rendimiento que tuvo cada una de estas dos mallas, con el fin de dar a conocer que polisombra es la más adecuada en atrapar la neblina que pasa por esta y formar la molécula de agua que es capaz de precipitarse y almacenarse, además de también considerar las condiciones ambientales que nos ofreció el IDEAM para realizar un análisis meteorológico los cuales fueron: humedad relativa máxima y mínima diaria, dirección del viento máxima diaria, nubosidad diaria, temperatura máxima y mínima diaria.

Durante el proyecto se realizó un manual de construcción de un Atrapanieblas bidimensional, donde se expone los materiales más eficientes y asequibles a la comunidad para que puedan implementar y generar su propio sistema de Atrapaniebla, el cual se genera otro ingreso de agua donde se puede utilizar para diversos fines como: riego de plantas caseras, limpieza de pisos o descargas sanitarias.

Palabras claves. Atrapaniebla, Malla Raschel, Agua atmosférica, Precipitación, Meteorología, Acometida.

Abstract

The purpose of this degree work is to present a new alternative for water collection, which has been implemented in various countries, and favorable results have been obtained in terms of water collection in places where there is a shortage of this resource, or where the household connection does not have the sufficient demand that a vulnerable population needs.

During this investigation, two Fog Catchers will be compared to be installed in different places, they are found in different types of environment. The main Fog Catcher is located in the Camellón las Lajas-Tenjo village, being a population that has frequent cuts in the water service offered by the municipal aqueduct. On the other hand, a Fog Catcher was installed in the Los Colorados-Pasca village. This in order to have a comparative control point, since this village adjoins the Sumapaz paramo, it presents positive aspects for the capture of atmospheric water.

Another comparison factor that was taken into account was the difference between two types of Raschel mesh, one of 80% and the other of 35% porosity, during a month we evaluated the yield that each of these two meshes had, in order to make known that raschel meshes has is the most appropriate in trapping the mist that passes through it and forming the water molecule that is capable of precipitating and being stored. We considered the environmental conditions that IDEAM offered us to carry out a meteorological analysis, which were: daily maximum and minimum relative humidity, maximum daily wind direction, daily cloud cover, maximum and minimum temperature.

Throughout the project, a construction manual for a two-dimensional fog catcher was made, where the most efficient and accessible materials are exposed to the community so that it can implement this practice and generate its own fog catcher system, and generate another water

intake where It can be used for various purposes such as: watering home plants, cleaning floors or sanitary discharge.

Keywords. Fog Catcher, Raschel Mesh, Atmospheric Water, Precipitation, Meteorology,
Rush.

Tabla de contenido

1.	Introducción	1
2.	Marco conceptual	3
2.1.	Ubicación	3
2.2.	Ambiente	5
2.2.1.	Ciclo del agua	5
2.3.	El Clima	6
2.4.	Principios básicos	10
2.5.	Diseños básicos	11
2.5.1.	Atrapanieblas	11
3.	Estado del arte	18
4.	Formulación y planteamiento del problema	21
5.	Objetivos	24
5.1.	Objetivo general	24
5.2.	Objetivos específicos	24
6.	Metodología	25
6.1.	Investigación sobre la viabilidad del proyecto	25
6.2.	Elaboración del proyecto	26
6.3.	Construcción del filtro	30
6.4.	Manual de construcción de un atrapaniebla	31
7.	Resultados	32
7.1.	Organización de los datos obtenidos en campo.	33
7.2.	Graficas de captación de agua para los dos atrapanieblas.	35
7.3.	Promedio de captación de agua diaria para Tenjo	36
7.4.	Promedio de captación de agua diaria para Pasca	37
7.5.	Rendimiento por metro cuadrado en el atrapaniebla de Tenjo.	38

7.6. Rendimiento por metro cuadrado en el atrapaniebla de Pasca.	40
8. Discusión de resultados.....	41
8.1. Comparación del rendimiento de los Atrapanieblas ubicados en Tenjo y Pasca.....	41
8.2. Comparación del rendimiento de los dos tipos de malla Raschel.	42
8.3. Comparación de rendimiento con otras fuentes de investigación.....	42
8.3.1. IDEAM.....	42
8.4. Socialización del manual atrapaniebla con la población de la vereda Camellón las Lajas-Tenjo.	46
9. Conclusiones	48
10. Contribuciones.....	50
11. Recomendaciones	51
12. Referencias bibliográficas.....	52
13. Anexos	55

Lista de figuras.

Figura 1. A ubicación del municipio de Tenjo, B ubicación del municipio de Pasca.	4
Figura 2. Variables ambientales.	4
Figura 3. Balance hídrico	5
Figura 4. Temperatura por hora para cada mes del año.	8
Figura 5. Humedad relativa mensual máxima y mínima.....	8
Figura 6. Dirección del viento promedio mensual.	9
Figura 7. Precipitación de lluvia mensual.	9
Figura 8. Velocidad del viento promedio mensual.....	10
Figura 9. Variables. Principios Básicos.	10
Figura 10. Sistema de captación de agua de niebla (SCAN).....	12
Figura 11. Análisis estructural del modelo bidimensional de un atrapanieblas.	14
Figura 12. Filtro de carbón activado.	16
Figura 13. Síntesis de las variables de estudio que afectan directamente al Atrapanieblas.	17
Figura 14. <i>Metodología.</i>	25
Figura 15. Sistemas de Atrapanieblas.	27
Figura 16. Cartera de campo.	28
Figura 17. Toma de datos en la vereda Los colorados- Pasca.....	29
Figura 18. Datos para la solución de la estructura del atrapanieblas	29
Figura 19. filtro de carbón activado.	31
Figura 20. Recipientes medidores de agua obtenida.	32
Figura 21. Captación de agua de neblina del mes de marzo del año2021, Camellón las Lajas-Tenjo.....	35
Figura 22. Captación de agua de niebla del mes de marzo del año 2021, vereda Los Colorados-Pasca.	36
Figura 23. <i>Comparación datos de humedad relativa, IDEAM vs datos obtenidos en campo.</i>	43
Figura 24. <i>Comparación datos de temperatura, IDEAM vs datos obtenidos en campo.</i> .	43
Figura 25. Video conferencia con la comunidad Camellón las Lajas.	47

Lista de tablas.

Tabla 1. <i>Temas de estudio.....</i>	3
Tabla 2 <i>Síntesis de las variables de estudio que afectan directamente en la captación....</i>	17
Tabla 3. <i>Listado de datos de volumen de agua obtenidos en la vereda Camellón las Lajas-Tenjo durante el mes de marzo de año 2021.</i>	33
Tabla 4. <i>Listado de datos de volumen de agua obtenidos en la vereda Los Colorados-Pasca durante el mes de marzo de año 2021.</i>	34
Tabla 5. <i>Captación de agua de niebla promedio diario para el mes de marzo 2021 en la vereda Los Colorados.</i>	38
Tabla 6. <i>Rendimiento de cada malla por metro cuadrado de captación de agua de niebla, para el mes de marzo del año 2021, en la vereda Camellón Las Lajas.....</i>	39
Tabla 7. <i>Rendimiento de cada malla por metro cuadrado de captación de agua de niebla, para el mes de marzo del año 2021, en la vereda Los Colorados.</i>	40

1. Introducción

Actualmente el uso del atrapanieblas en el país de Colombia ha ido aumentando, debido a que el recurso hídrico está disminuyendo por causas de la contaminación ambiental como lo describe Huertas y Molina (2016). El fundamento principal del atrapanieblas es el capturar agua de la neblina por condensación simple, haciendo uso de mallas y diferentes tipos de estructuras. Chile es el mayor pionero en su aplicación y en el avance investigativo, a pesar de que también ha sido acogido en otros países.

En este trabajo de grado se propone desarrollar un atrapaniebla que es un sistema de captación de agua, gracias a la presencia de humedad que se encuentra suspendida en la atmosfera (neblina), de acuerdo con esto se generará una fuente alterna para la obtención de este recurso natural.

En esta investigación se construyeron dos atrapanieblas, uno en la vereda camellón las lajas, donde se presenta la falta del servicio de agua potable, y otro en la vereda los Colorados, que está ubicada en el municipio de Pasca-Cundinamarca, esto con el fin de tener un punto control y comparativo de dos ambientes diferentes, al ser Pasca un municipio que se encuentra en el páramo de Sumapaz posee cualidades para que el atrapaniebla capte más agua que otra zona del país.

Durante la investigación se ha ido registrando en una cartera de campo los cambios más relevantes, como lo son: almacenamiento de agua atmosférica y cambios en la estructura del atrapaniebla.

En la actualidad los atrapanieblas son un camino potencialmente bueno en lugares con relieves de alta montaña donde la nubosidad está presente, lo cual se ha implementado

de manera industrializada en gran tamaño o pequeña escala como se planea en este documento, individualmente en cada hogar, para lo cual se propone un manual elaborado como otro producto de esta investigación y dirigido a los habitantes de la zona rural del Camellón las Lajas-Tenjo y a la vereda Los Colorados-Pasca, ambas veredas pertenecen al departamento de Cundinamarca, es pensado en ser viable económicamente y entendible para implementarlo; El manual está totalmente desarrollado bajos los criterios experimentales en esta investigación.

En la realización de esta investigación se presentaron diversos impedimentos debido a la situación de emergencia sanitaria Covid 19, lo que genero limitaciones, como el impedimento para la toma completa de los datos de los dos puntos donde se encuentran los atrapanieblas, con esto dejando vacíos en los registros de información de captación de agua atmosférica. Por otro lado, fue viable el ingreso al laboratorio de Ambiental en el momento que se tuvo las muestras de agua para su análisis de calidad, pero debido a las medidas de restricción decretadas por las autoridades locales al momento de ingresar al laboratorio no fue posible el ingreso.

2. Marco conceptual

En la vereda Camellón las Lajas se consideran los siguientes aspectos de estudio directos al diseño del prototipo, los cuales nos dictaminan las variables que afectan de forma directa e indirecta la eficiencia del prototipo, como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1. *Temas de estudio.*

Fuente: Elaboración propia

PROYECTO	VARIABLE
	Ubicación
	Ambiente
Atrapanieblas (vereda	Principios básicos
Camellon las LajasTtenjo	Diseños básicos
Cundinamarca)	Potabilización

Para mayor control de las variables se estudia cada tema de manera independiente y al final se implementa un sistema donde cada una de las variables interactúan entre sí a favor del prototipo.

2.1. Ubicación

Tenjo, Cundinamarca

- Coordenada Este: 590037.00m E
- Coordenada Norte: 532843.00m

Pasca, Cundinamarca

- Coordenada Este: 583626.16 m E
- Coordenada Norte: 483072.22 m N

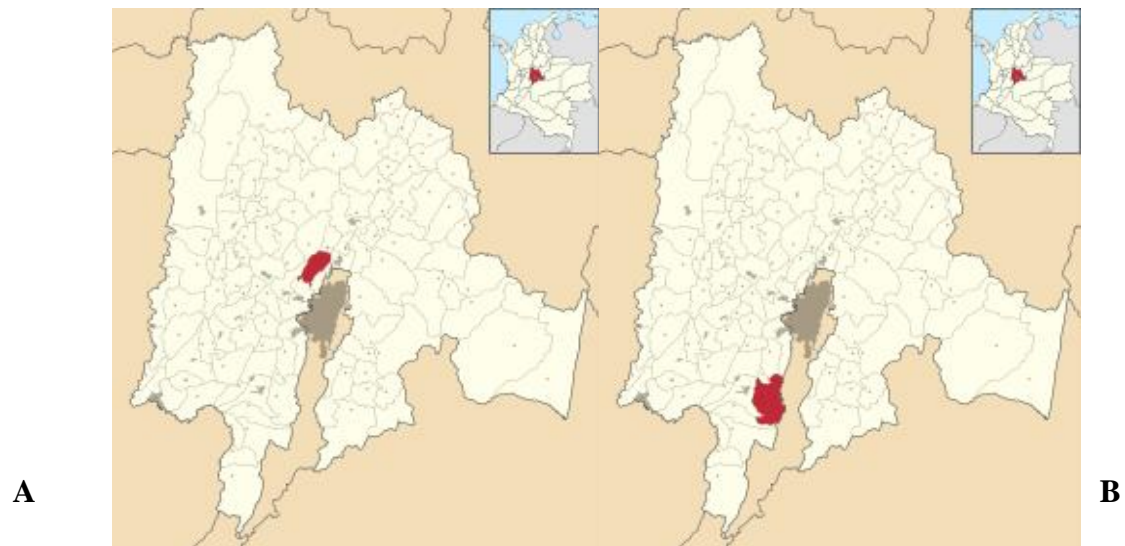


Figura 1. A ubicación del municipio de Tenjo, B ubicación del municipio de Pasca.

Fuente: Google Earth pro

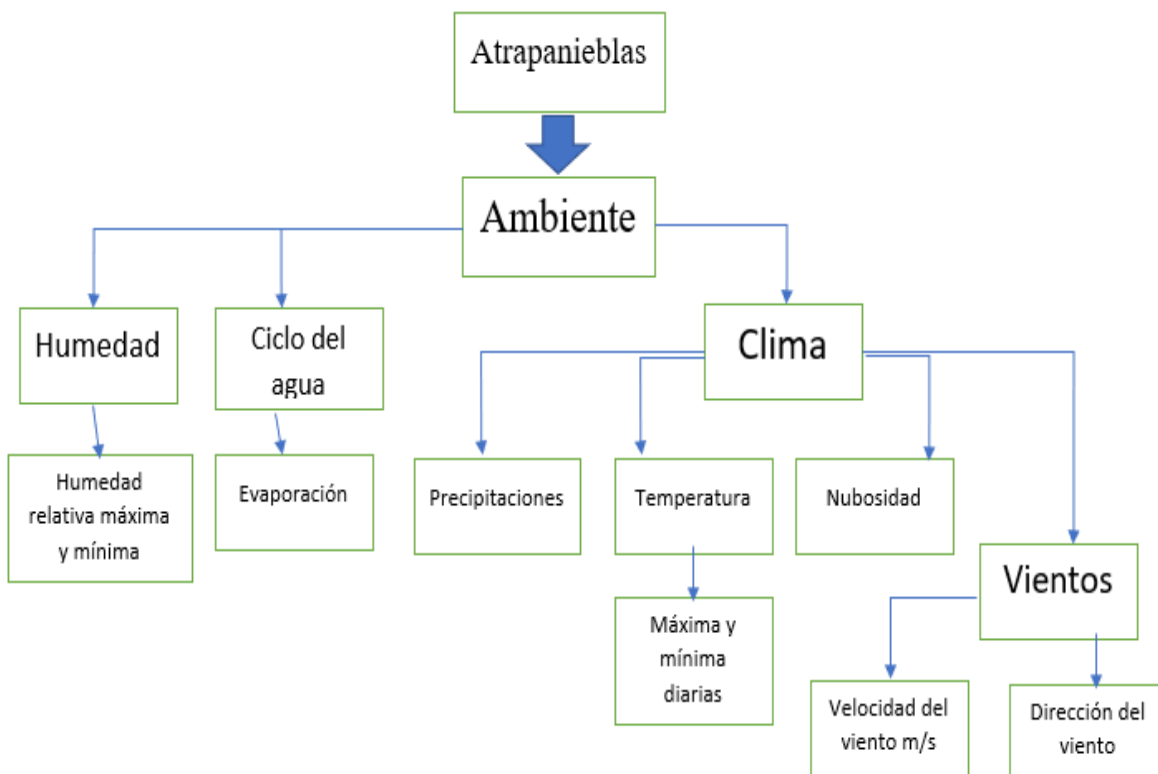


Figura 2. Variables ambientales.

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Ambiente

2.2.1. Ciclo del agua

El agua siendo tan importante no solo para la vida si no también para el desarrollo humano y socioeconómico resulta de muy alta importancia el abastecimiento del agua sin hacer una sobre explotación del mismo. según De Miguel et al., (2010) plantean que el agua sobre la Tierra existe de muchas formas solido (hielo), liquido o gaseoso (humedad) y que la distribución del agua resulta ser muy variada como en la figura 4.



Figura 3. Balance hídrico

Fuente: (Camillón & Vera, 2013).

Según Camillón & Vera (2013) existen lugares con abundancia de agua, pero en otros lugares el agua es muy escasa en los tres estados físicos dando lugar a suplir esta necesidad con soluciones innovadoras.

Teniendo en cuenta la distribución del agua en cada uno de los elementos que implica el ciclo hidrológico se puede comprender el impacto que tiene en el desarrollo humano como también poder planificar el uso eficiente y racional del agua como lo describe De Miguel et al., (2010) con el fin de que el recurso no llegue a agotarse. (Guerrero, 2010).

2.3. El Clima

Como lo especifica el instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (2014), el clima es la agrupación fluctuante de los diferentes aspectos atmosféricos que se caracteriza por estados del tiempo y evoluciones del tiempo, las cuales se dan entre un periodo de tiempo y lugar establecidos y controlado por los dominantes factores forzantes y la interacción entre los componentes de la atmósfera. El clima está directamente relacionado con el ciclo del agua siendo un factor importante a tener en cuenta.

La temperatura es un factor que afecta de manera directa y por ello la importancia de tener en cuenta los cambios que son más representativos en el proyecto, la temperatura o las variaciones de temperatura según especifica Huertas & Molina (2016), se dan básicamente por la rotación de la Tierra y la posición cambiante de las masas continentales y oceánicas las cuales tienen la capacidad de absorber la radiación solar calentando por medio de la reflexión la masas de aire, provocando diferentes cambios de temperatura.

La nubosidad o neblina es la formación de partículas de agua suspendidas en el aire, estas gotas son tan pequeñas que el viento las transporta de un lugar a otro debido a que no tienen el peso suficiente para precipitar de acuerdo con lo dicho por Huertas & Molina (2016). Esta formación se da cuando se evapora la humedad del suelo, ascendiendo y luego enfriándose dando lugar a condensaciones de algunas gotas formando las nubes.

Las precipitaciones se pueden definir como el conjunto de partículas de agua que proviene de las nubes y llegan a tocar el suelo, esta agua puede incluir nieve, granizo y lloviznas (Sánchez, 2016). Para que el agua precipite tienen que condensarse las gotas de agua para formar gotas de diámetro mayor a 0.2 mm y puedan caer por su propio peso.

Es importante tener en cuenta que en todo momento el aire presenta una humedad dependiendo de la cantidad de agua que contenga según Tejada (2018), estando presente en forma de vapor de agua dando así los componentes básicos de la atmósfera.

La capacidad de recibir vapor de agua está relacionada con los términos humedad absoluta y humedad relativa las cuales representan la cantidad de agua por unidad de volumen de aire y la razón entre la humedad absoluta y la mayor cantidad de agua por unidad de volumen de aire (Meruane & Garreaud, 2015). De esta manera la importancia de tenerlos en cuenta para el desarrollo del atrapanieblas.

El viento es el movimiento de masas de aire las cuales están directamente relacionados con la temperatura y la densidad, el aire caliente pierde densidad lo cual se eleva y el aire frío baja produciendo así el viento (Huertas & Molina, 2016). el viento es afectado por diferentes factores los cuales determinan las características más relevantes en este estudio, como la dirección del viento y su velocidad.

Teniendo en cuenta la ubicación de estudio para nuestro proyecto se ha buscado información importante del instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la cual sería lo más confiable para datos hidrometeorológicos en la vereda Camellón las Lajas en el municipio de Tenjo y la vereda Los Colorados en el municipio de Pasca. A continuación, se observará las figuras 4, 5, 6, 7 y 8 las cuales son de interés para determinar y entender de manera más eficiente las variables del lugar de Tenjo-Cundinamarca de la estación climática Provincia Granja [21205980], ya que afectan en la eficiencia del proyecto de manera directa e indirecta.

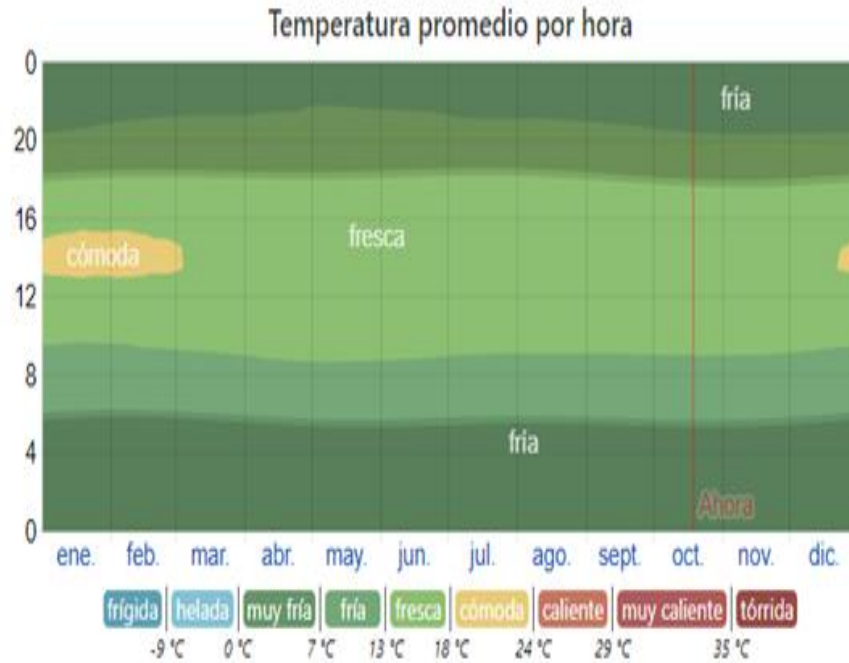


Figura 4. Temperatura por hora para cada mes del año.

Fuente:(López, 2014)

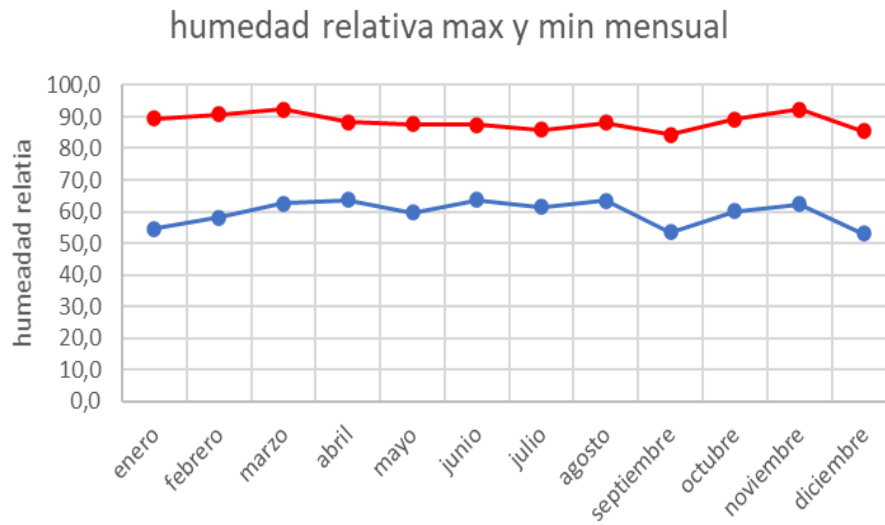


Figura 5. Humedad relativa mensual máxima y mínima.

Fuente: (IDEAM 2020).

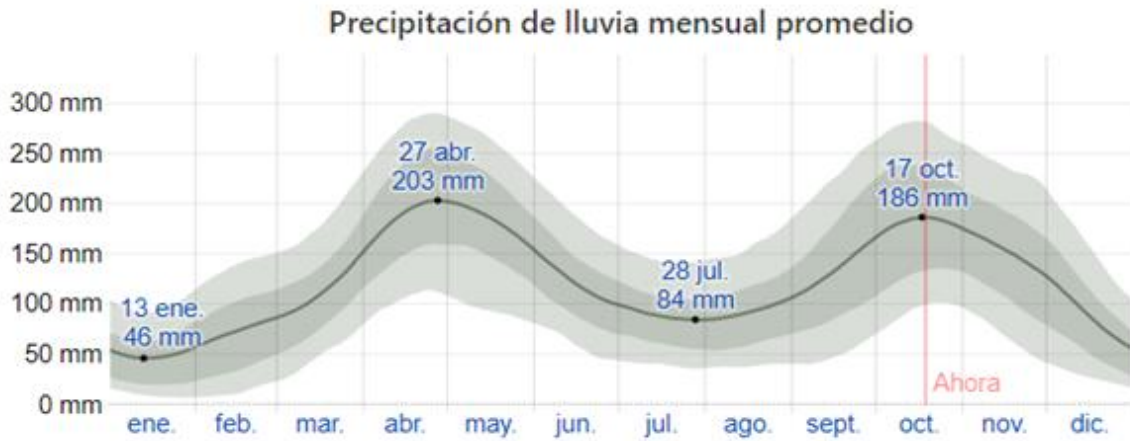


Figura 6. Dirección del viento promedio mensual.

Fuente: (López, 2014)

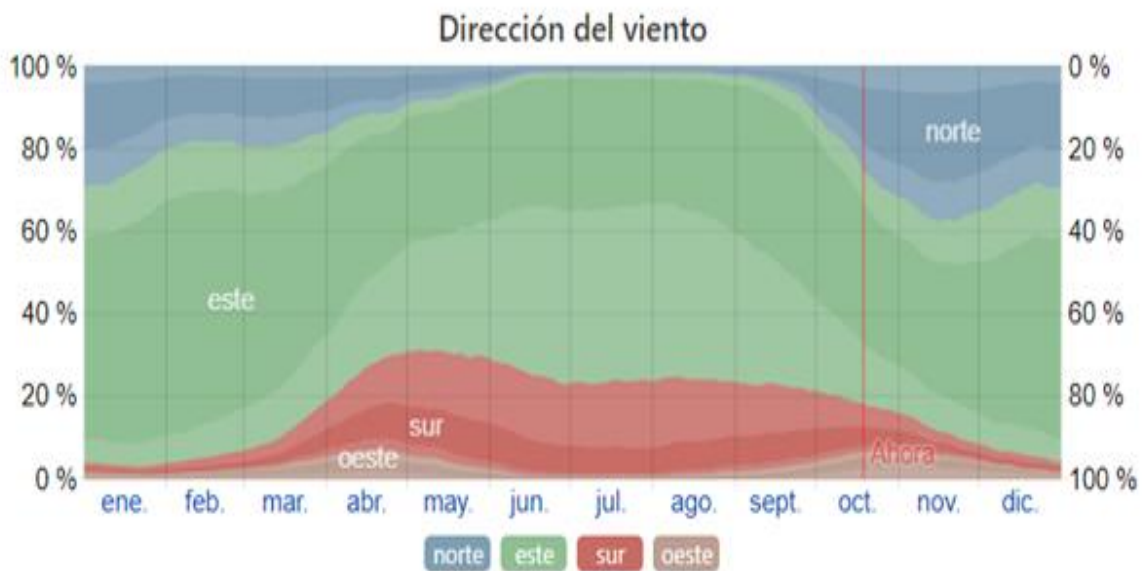


Figura 7. Precipitación de lluvia mensual.

Fuente: (López, 2014)

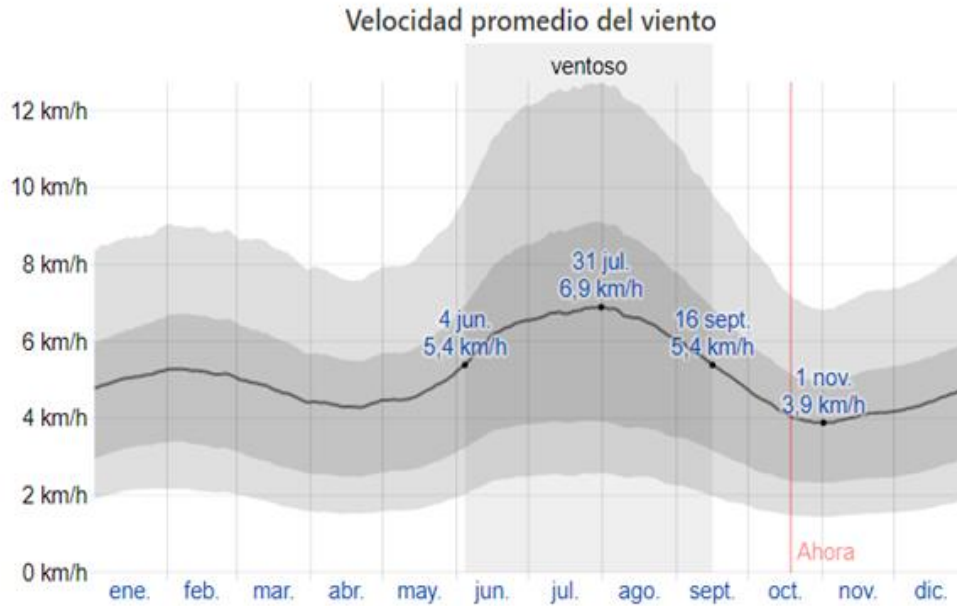


Figura 8. Velocidad del viento promedio mensual.

Fuente: (López, 2014)

2.4. Principios básicos

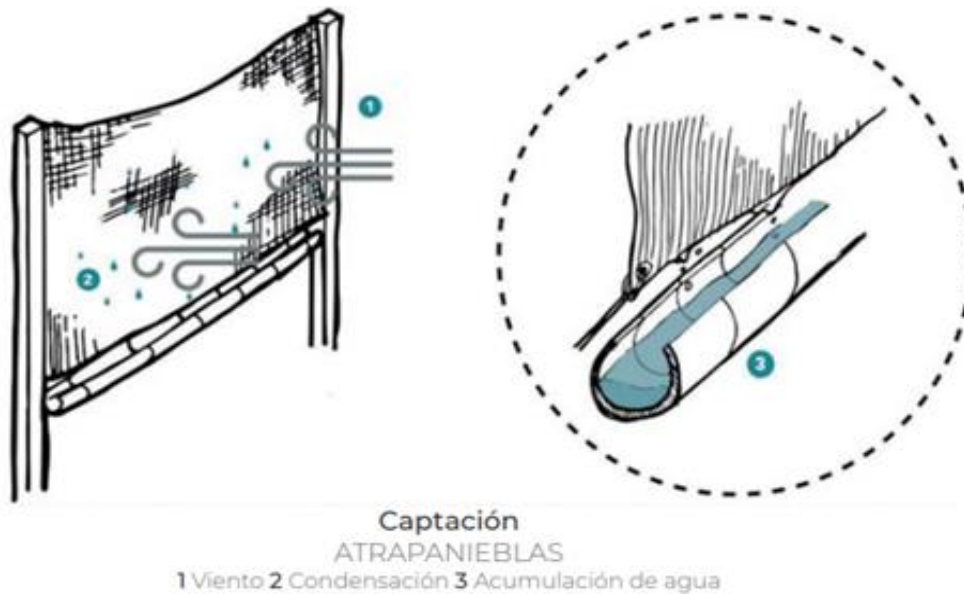


Figura 9. Variables. Principios Básicos.

Fuente:

http://oa.upm.es/57683/3/TFM_Urbano_Peris_EduardoJde_paneles%20resumen.pdf

Para comprender en principio este proyecto, se entenderá por condensación simple el cambio del estado del agua transformándose de gaseoso a líquido mediante el enfriamiento (Ordoñez & Juan, 2011). Para explicar en principio lo que sucede físicamente con la condensación se tendrá en cuenta un factor importante el cual es la temperatura de rocío, la cual es medible, pero depende de la humedad relativa.

Según Entomofílico (2012), en términos simples la condensación por punto de rocío no es más que la temperatura a la que una masa de aire húmedo empieza a condensarse.

Este fenómeno sucede con mucha frecuencia de muchas maneras y una de las que queremos representar en este proyecto es la que sucede con las plantas, lo que plantea Tejada (2018), esta manera de condensación sucede cuando la superficie de las plantas está a una temperatura inferior a la temperatura del aire y la del rocío, esto se debe a la pérdida de calor que sucede en las noches, el rocío empieza a condensarse en la parte superficial de la planta.

2.5. Diseños básicos

2.5.1. Atrapanieblas

Es una forma de captación de agua en la que la niebla pasa por una malla de ciertas características condensándose y posteriormente cayendo por gravedad por una canaleta la cual se dirige a un lugar de almacenamiento donde posteriormente se tratara y distribuye al consumidor. (Quintanilla et al., 2009), afirma que la estructura del atrapanieblas se compone básicamente de unos postes que mantienen la malla extendida de manera vertical para que la niebla pase más efectivamente y el agua pueda llegar al lugar de almacenamiento.

El Atrapanieblas puede ser tridimensional y bidimensional dependiendo de las características de la zona y el espacio donde se va a instalar el atrapanieblas.

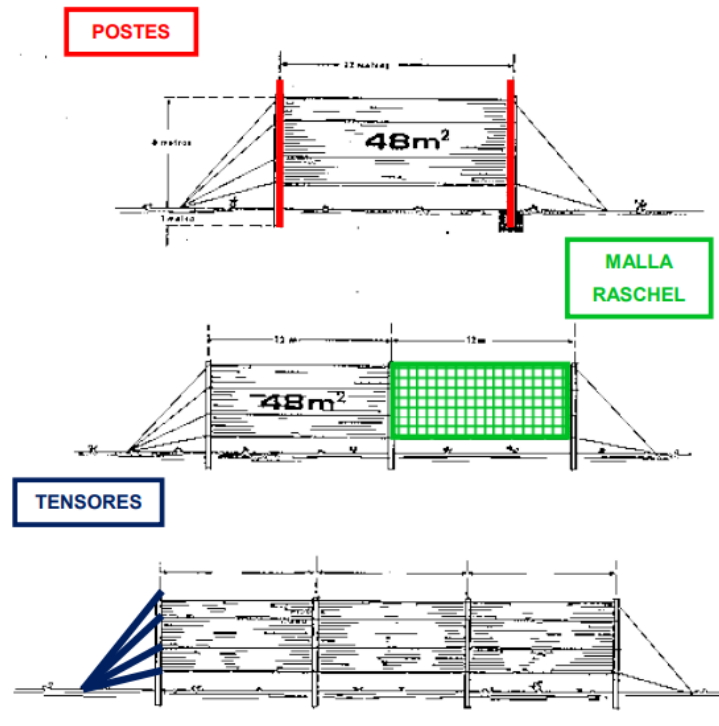


Figura 10. Sistema de captación de agua de niebla (SCAN).

Fuente: (Quintanilla et al., 2009)

El principio de operación lo que queremos resaltar es la importancia en la que influye el tipo de malla a utilizar, lo que especifica Quintanilla et al., (2014), son las características más relevantes en las mallas como el material, el área de adhesión para las gotas de agua y el área de los orificios, estas características son importantes para entender la eficiencia de colección y eficiencia aerodinámica.

La eficiencia de colección es la cantidad de agua que contenía la niebla y que ahora llega al estanque de almacenamiento, y la eficiencia aerodinámica hace referencia a un conjunto de variables, las cuales son la fracción de agua de la niebla que pasa por la malla dependiendo de la permeabilidad de la malla, el coeficiente de sombra, la forma del tejido y la presión del viento

sobre la malla (Leiva et al., 2014). Para la mayor optimización de la eficiencia aerodinámica se tienen en cuenta también el coeficiente de sombra para diferentes tipos de mallas.

Una parte fundamental del diseño para la selección de mallas es la eficiencia de deposición cuya definición consiste en el óptimo diseño del diámetro y forma de los filamentos de las mallas entre también la resistencia a la fuerza del viento como lo plantea Leiva et al.,(2014). Por ello se tiene en cuenta que entre más delgado sea el filamento mayor será la eficiencia de deposición, esto se debe a que la gotita pasa a una distancia menor al diámetro de la misma gotita haciendo que choque y se condense en el filamento a esto se le llama deposición por intercepción.

Hay dos limitaciones importantes a tener en cuenta para la selección de la malla, la primera es la disminución de la resistencia al viento, entre más delgados los filamentos y un coeficiente de sombra menor, la resistencia mecánica se verá afectada negativamente (Leiva et al., 2014). La segunda limitación es la tensión superficial la cual se produce cuando el diámetro de los filamentos es delgado y a consecuencia la separación entre los filamentos será menor.

Para el análisis estructural de un modelo bidimensional en el diseño más óptimo entre costo beneficio, la resistencia al viento es un factor importante a tener en cuenta (Juliao et al., 2016). En ocasiones la velocidad del viento es muy alta en algunos meses del año, esto puede comprometer la estructura del Atrapanieblas. La presión del viento se puede calcular de la siguiente manera para un modelo bidimensional.

$$\Delta p = F_w / A = S * C_d * 1/2 * \rho * v^2 \quad (1)$$

Donde Δp es la presión relativa que el viento hace sobre la malla, F_w es la fuerza máxima que resiste la malla al viento, A es el área de la malla, S es el coeficiente de sombra, C_d es el coeficiente de arrastre, ρ es la densidad del aire y v es la velocidad del viento (Juliao et al., 2016). A continuación, se presenta el diagrama para el modelo bidimensional.

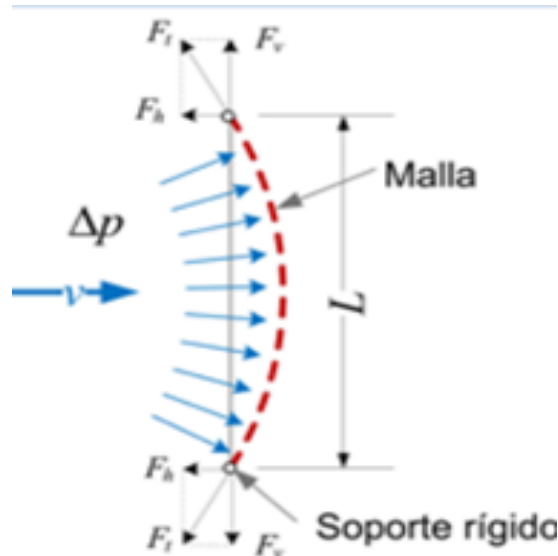


Figura 11. Análisis estructural del modelo bidimensional de un atrapanieblas.

Fuente: (Leiva et al.,2014).

De acuerdo con la ecuación 1 y seleccionando una malla Rachel de 35% de sombra, se pudo derivar la ecuación 1 para obtener la velocidad máxima a la que la malla comienza a romperse.

$$v_{max} = \frac{167}{\sqrt{L}} \quad (2)$$

Donde:

L es la distancia entre los barrotes o los postes (Leiva et al., 2014).

1.5.2. Potabilización

Toda agua que se capta de las diferentes fuentes, siempre debe de pasar por un tratamiento con el fin de que el agua presente las características de calidad adecuadas para el consumo humano, por eso se tiene en cuenta la normatividad de Colombia para el suministro de agua potable, se siguen las siguientes resoluciones y decretos que ha establecido el gobierno para garantizar la calidad en la prestación de servicio de acueducto:

- Agua Potable Constitución Nacional de Colombia 1991 Artículo 78, por el cual se reglamenta el Derecho colectivo a un ambiente sano.
- Decreto 2811 de 1974 Presidencia de la República Código de Recursos naturales Renovables y protección al Medio Ambiente.
- Ley 99 de 1993 Presidencia de la República Por la cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental – SINA.
- Resolución MAVDT 2115 de 2007 Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
- Decreto 1575 de 2007 Ministerio de Protección Social Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano

(Ávila & Moreno, 2016).

Un método eficiente para la potabilización de agua es el filtro de carbón activado, con varias capas de arenas y gravas de diferentes diámetros se logra disminuir contaminantes

presentes en el agua sin dañar su composición molecular (Ávila & Moreno, 2016). Más utilizado para eliminar sustancias no polares como los aceites minerales los poli-hidrocarburos, aromáticos y derivados de sustancias halógenas, también es reconocido por eliminar materia orgánica causante de malos olores y sabores y aun manteniendo las propiedades minerológicas del agua.



Figura 12. *Filtro de carbón activado.*

Fuente: <https://www.ecologiaverde.com/como-hacer-un-filtro-de-agua-casero-para-beber-1123.html>.

A continuación, se presenta de manera resumida las variables que afectan directa e indirectamente el desarrollo de la investigación, la figura 14 muestra los aspectos de estudio y la tabla 2 muestra las unidades en las que están dadas las variables más representativas.

Atrapanieblas Camellón las Lajas	Ubicación	Departamento
		Municipio
	Potabilización	Filtros
		Desinfección
	Diseños básicos	Diseño estructural
		Selección de mallas
	Principios básicos	Condensación simple
		Que es un atrapanieblas
	Ambiente	Clima
		Datos hidrometeorológicos

Figura 13. Síntesis de las variables de estudio que afectan directamente al Atrapanieblas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2 Síntesis de las variables de estudio que afectan directamente en la captación.

Fuente: Elaboración propia.

Variable	Unidad	Variable	Unidad
Humedad relativa	%	Temperatura	°C
Punto de rocío	°C	Precipitación	Mm
Velocidad del viento	m/s	Dirección del viento	Dirección magnética de la tierra
Caudal captado	.ml/día/m ²	Coefficiente de sombra	%
Coefficiente de arrastre	adimensional	Presión del viento	N/m ²
Fuerza del viento	N	Densidad del aire	g/cm ³
Área de la malla	m ²	Abertura entre postes	m

3. Estado del arte

Para la elaboración del proyecto de grado se realizó un rastreo de todas las investigaciones que hay desde el 2016 hasta la fecha, donde se adopte el uso del Atrapaniebla y sistema de purificación del agua a nivel nacional e internacional. Para ello se buscó en fuentes confiables como los repositorios de diversas universidades de Colombia. Dando así un sustento teórico a este nuevo sistema de captación de agua.

Evaluación de la eficiencia de cinco materiales de malla para el sistema de Atrapaniebla en el Municipio de Siachoque- Departamento de Boyacá, este proyecto fue realizado por Poveda Lancheros, Julián & Sanabria Infante, Juan Carlos, en el año 2017 de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. El propósito de esta investigación fue poner a prueba 5 tipos de mallas de diferentes materiales los cuales fueron: tela quirúrgica, guata, costal de fique, velo y polisombra. Durante 4 meses se llevó a cabo una serie de observaciones y toma de muestras, cada tercer día se reunían para analizar la evolución de cada tela y su eficiencia para la condensación de agua atmosférica, hubo un total de 42 mediciones. las cuales dieron significativos registros de obtención de agua, dando así en primer lugar la polisombra Raschel como el sistema mas convencional y mas apropiado para este sistema de captación de agua niebla.

Análisis de viabilidad para la implementación de mallas Atrapanieblas en la vereda San Antonio bajo en el municipio de Arbeláez –Cundinamarca. de Mora Alarcón Kevin, su enfoque fue analizar las condiciones favorables que le puede generar el sistema Atrapaniebla ya que el sitio de estudio presenta fallas en el sistema de captación, donde se producen varios cortes temporales del servicio de agua potable. Para llevar a cabo su investigación, comparó 2 tipos de diseños de Atrapanieblas, el cual fue el bidimensional y cilíndrico donde durante un mes recolecto datos, como humedad relativa, temperatura, dirección del viento. El cual como

resultado obtuvo que la estructura bidimensional es la más óptima para recolectar agua de la neblina.

Tratamiento de agua de neblina usando filtros cerámicos con fines de consumo humano en el asentamiento humano Leandra Ortega, Callao. donde el autor, Merino Andrea Lucia pone a prueba el uso del filtro cerámico. donde primero evaluaron cuanto volumen de agua captaban durante 3 meses con los neblinometro. el mes de junio presento el mayor registro obteniendo 1.4L/m²/día. Otro criterio evaluativo de la investigación fue presentar una toma del pH y temperatura que se obtiene del agua captada, para la obtención de los datos usaron la herramienta pH metro. Posteriormente se llevaron al laboratorio para identificar parámetros de turbiedad, conductividad eléctrica, coliformes fecales, color.

Como resultado de todos los análisis que se llevaron a cabo en el laboratorio el único parámetro que cumplió con la norma DIGESA “reglamento de calidad de agua para consumo humano” fue la toma del pH con un valor de 6.5 considerándolo neutro y adecuado para el consumo humano. Con respecto a los otros parámetros excedieron los límites permisibles estipulados por la norma. Estos problemas son a raíz de la exposición de la malla en el ambiente, la retención de polvo, para este caso heces de aves, afectaron y contaminaron la estructura de captación.

Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima. para iniciar el proceso de investigación los autores Ávila Iván Ricardo y Moreno Mario Arturo, aplicaron un método de observación a la población, donde evaluaron los sistemas de almacenamiento más comunes de la población. Luego se propuso diversas opciones

de filtros los cuales fueron tres tipos de filtros: la primera opción es filtro de arena y seis capas de grava. Para la segunda opción se utilizó un filtro de arena y tres capas de grava. La última opción es una composición más completa el cual consiste en dos capas de filtros de arena, una capa de carbón activado, una capa de zeolita y una capa de grava.

Para esta investigación la opción que presento mayor eficiencia es la tercera, ya que los análisis del laboratorio mostro la remoción total de microorganismos, de acuerdo a la resolución 2115 de 2007 se observa que, de los 23 parámetros necesarios para obtener una buena calidad de agua, cumple 20 ítems lo cual paso de un riesgo alto a un riesgo medio de acuerdo al IRCA.

4. Formulación y planteamiento del problema

En la actualidad la situación en el mundo sobre el abastecimiento de agua potable es un problema de gran magnitud considerando que es un recurso limitado, de tal forma que solamente el 3% del agua en la tierra es dulce y apta para el consumo humano, dando así la vital importancia para el desarrollo de la vida terrestre. Como el 70% del agua no está disponible para el consumo humano porque se encuentra congelado en bancos de hielo; la cantidad de agua dulce disponible para el consumo en estado líquido es de solamente el 1% del total presente en el planeta (Cortes, 2019). Esto reduce el aprovechamiento de utilidad que se le da a este recurso natural.

Teniendo en cuenta que el planeta ha sido afectado por el cambio climático, como el posible incremento de las inundaciones y sequías, la reducción de la superficie agrícola y una posible pérdida de terrenos ubicados en zonas de baja altitud (Casma, 2015). Debemos mejorar la forma en que aprovechamos nuestros recursos dando así un paso para la invención de nuevas metodologías y formas de ahorrar. Por ello se debe encontrar un proceso en el cual facilite la reutilización y darle una segunda forma de utilidad del servicio.

Mediante la clasificación obtenida del consumo accesible para la humanidad, entramos a evaluar las circunstancias en que se encuentra América latina, donde cuenta con la cobertura más alta de agua potable de las regiones en desarrollo (94 por ciento) (Casma, 2015). Por tal motivo cada país define la cobertura que tendrá cada población tanto rural o urbana, dando así un sistema de acueducto capaz que proporcione dicho servicio.

Colombia se postula por ser un país con más agua en el mundo ya que conecta con dos mares, terrenos montañosos (cordilleras), grandes zonas boscosas y gran biodiversidad. En el año

2015 la Universidad Nacional de Colombia realizó un análisis sobre la calidad y la asequibilidad del agua. Lo cual determina que la demanda de agua que proporciona un acueducto no es suficiente para todos sus pobladores. Alrededor de 6.2 millones de personas reciben en su vivienda agua de alto riesgo para la salud y 368.000 de ellos reciben agua expuesta cada vez más altas a concentraciones de bacterias fecales, virus y elementos químicos inviables para el consumo humano (Fernández & Suarez, 2016). Exponiendo a la población a contraer una enfermedad en su sistema digestivo.

Este proyecto surge por una necesidad y un problema que ha venido presentando en la comunidad Camellón las lajas- Tenjo, Cundinamarca. Según el informe de Camacho (2017)” Debido a que las redes del municipio en su mayoría son antiguas, se presentan constantemente daños y rupturas en las redes”. Este informe presentado por la empresa encargada de los servicios públicos de Tenjo, se desea suplir esta necesidad buscando una nueva forma de obtener agua.

En el municipio de Tenjo la prestadora del servicio de acueducto y alcantarillado está en representación de Emsertejo S.A. E.S.P el cual en su diagnóstico inicial demuestra que el acueducto presenta fallas muy propias, como en años pasados eran las interrupciones frecuentes del servicio, debido a conexiones inestables con el servicio eléctrico, constantes daños debido a la edad de las redes instaladas. también se encontraron tanques sin impermeabilizar debido a esto las pérdidas de agua potable son grandes y sumando que no se ha instalado el suministro de agua por parte del acueducto de Bogotá debido a la falta de cumplimientos de requisitos exigidos (Bulla, 2017). Lo que ha generado una problemática social a la zona rural del municipio.

Presentado los diversos problemas que contiene el marco operacional de la empresa a cargo de la distribución del agua mediante su acueducto, nos preguntamos ¿Qué cantidad de agua

puede generar la implementación de un atrapaniebla para garantizar una alternativa para la recolección de agua en el Camellón las Lajas, Tenjo y vereda Los Colorados, Pasca - Cundinamarca?, dando así una nueva alternativa de mejora y suplemento a la necesidad que es el constante abastecimiento hídrico.

Teniendo en cuenta la gran importancia que ha tenido el desarrollo de sistemas de acueducto y alcantarillado para el desarrollo de las poblaciones, aún se encuentran un gran número de personas que no cuentan con un servicio digno y eficiente, de tal forma que debemos mejorar en todos los aspectos las diversas formas en que recolectamos el agua. Para ello se debe evaluar el crecimiento poblacional para así determinar la demanda suficiente que requiere la población. En segundo lugar, evaluar los afluentes hídricos y la conectividad que hay entre cuerpos de agua y la comunidad, ya para finalizar se entra a cuestionar los tipos de captación y distribución, para que el servicio llegue a cada uno de sus habitantes.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Construir un prototipo de un sistema Atrapaniebla y evaluar su potencial de captura de agua, como medida alternativa para la recolección de agua atmosférica para las comunidades Camellón las Lajas-Tenjo, y vereda los Colorados-Pasca, Cundinamarca.

5.2. Objetivos específicos

- Elaborar dos atrapanieblas bidimensionales cada uno de ellos con dos tipos de malla Raschel, una de 80% y una de 35% de porosidad, ubicados en dos lugares geográficos y con características meteorológicas diferentes del departamento de Cundinamarca.
- Comparar la toma de datos entre los dos Atrapanieblas construidos y determinar en que varían las condiciones ambientales de ambos lugares.
- Elaborar un manual de construcción didáctico de un atrapaniebla dirigido a la población rural interesada en aplicar este método de captación de agua atmosférica.

6. Metodología

Este proyecto está basado en cuatro fases: investigación sobre la viabilidad del proyecto, construcción del atrapaniebla, construcción del filtro y manual de construcción.

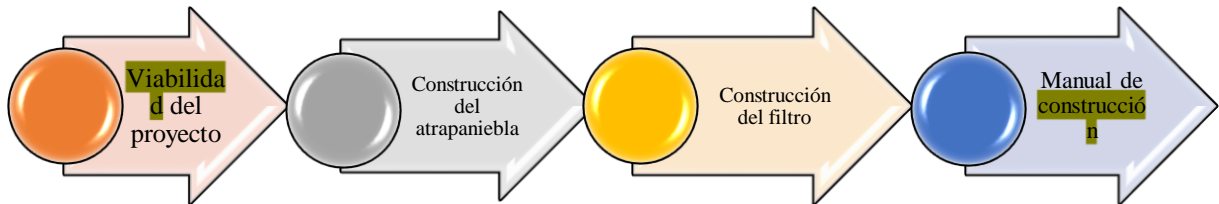


Figura 14. Metodología.

Fuente: Elaboración propia.

6.1. Investigación sobre la viabilidad del proyecto

Se realiza un rastreo de la literatura en donde se identificó cómo a partir del Atrapaniebla se crea una nueva forma de captación y aprovechamiento de agua por medio de la neblina. En esta fase se establece los países que han implementado esta metodología, en donde se encontró que materiales son los acordes a este proyecto. Gracias a estos autores se observó la viabilidad del proyecto el cual demuestran que es un sistema alternativo de obtener agua.

Por otro lado, se evaluó dos ambientes diferentes el cual se pudiera comparar las condiciones meteorológicas y como contribuyen en la función del sistema atrapaniebla. Al elegir Tenjo pensamos en la problemática que presenta el acueducto de dicho municipio, donde se quiere presentar otra forma de obtener agua. El otro municipio que se comparó fue Pasca, este con el propósito hacer un punto control de obtención de agua, por lo que esta zona está ubicada en el páramo de Sumapaz.

6.2. Elaboración del proyecto

- a) **Materiales:** Para esta fase iniciamos buscando los materiales adecuados que contribuyan al medio ambiente y a la facilidad de obtención a la población de Tenjo y Pasca-Cundinamarca. Los materiales que se utilizaron fueron: I) Bambú, este material tiene como principal cualidad la permeabilidad y es un elemento dúctil que resiste grandes exposiciones de fuerza externas. II) Malla Raschel, esta malla es la más recomendada para este tipo de proyectos ya que presenta un tejido capaz de concentrar y recolectar toda el agua que pasa a través de ella; para nuestro proyecto elegimos poner a prueba dos tipos de abertura de 80% y 35%. III) Tubo PVC, este material fue una segunda opción para el sistema de conducción del agua, como primera tuvimos un palo de guadua, pero presentó una falla al momento de dirigir el agua hacia el tanque de almacenamiento, porque al ser cortado este palo por la mitad causó que se estancara el agua y no se dirigiera al tanque de almacenamiento, es por esto que la mejor opción fue utilizar un tubo de PVC debido a que su superficie es más lisa el cual facilita el transporte del agua. IV) Nylon, este elemento fue de vital importancia ya que nos permitió unir la malla al palo de bambú, sin que la estructura del palo se agrietara porque al perforar suele abrirse a la mitad. V) Tanques de almacenamiento, es donde se almacena toda el agua captada por el sistema de atrapaniebla. En la figura 15 se puede observar los dos sistemas diseñados, para la sección A se evidencia el atrapaniebla instalado en la vereda Camellón Las Lajas-Tenjo y en la sección B el atrapaniebla construido en la vereda Los Colorados-Pasca.

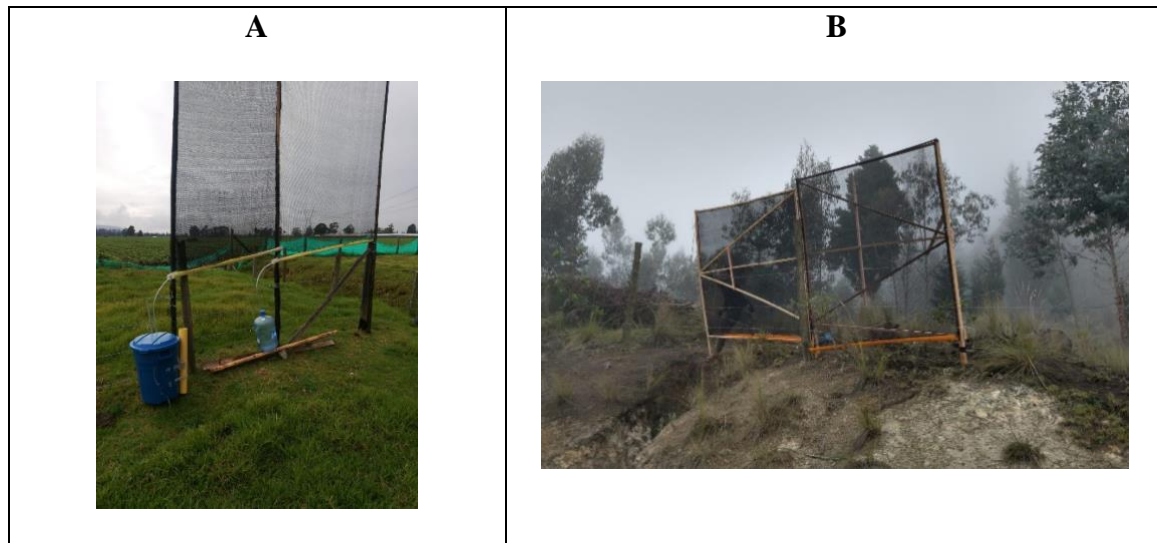


Figura 15. *Sistemas de Atrapanieblas.*

Fuente: Elaboración propia.

b) Tipo de estructura: Se realizó dos métodos de construcción del Atrapaniebla, esta se basó en una estructura de tipo bidimensional, ya que es la más utilizada para este tipo de investigación, el cual planteamos construir un prototipo de grandes dimensiones para así atrapar más agua atmosférica, entre más área tenga la malla se obtendrá mayor volumen de agua captada. Para dar firmeza a la estructura nos apoyamos en la cerca que delimita la finca, permitiendo una mayor resistencia a los palos de bambú.

c) Toma de datos

Vereda Camellón las Lajas: Para obtención de los datos se diseñó una cartera de campo donde se iban registrando la información que se iba generando durante la investigación, esto con el fin de obtener datos cualitativos y cuantitativos. Como podemos observar en la figura 16, se observa una pequeña descripción donde se evidencia los cambios físicos que se han generado en el sistema de recolección, para los datos cuantitativos se iba registrando los datos de humedad y temperatura, para finalizar se presentan evidencias fotográficas con un rotulo del día en que fue tomada la foto.

DIARIO DE CAMPO						
MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO RECOLECTOR Y PURIFICADOR DE AGUA ATMOSFERICA A PARTIR DE UN SISTEMA ATRAPANIEBLAS EN EL SECTOR CAMELLON LAS LAJAS, TENJO-CUNDINAMARCA						
Jonathan Bustos Amaya						
NOMBRE:						
LUGAR:	camellon las lajas- Tenjo	TEMPERATURA:	MAX 15,3°	MIN 13,2°	MOM 13,2°	
FECHA:	D 24	M 03	A 2021	HUMEDAD:	MAX 87%	MIN 66%
HORA:	6:09 a. m.					
DESCRIPCIÓN DE LO OBSERVADO:			EVIDENCIAS:			
<p>Se observó que la malla de 80% de porosidad sufrió una rotura en uno de sus costados, ya que principalmente la malla fue instalada al lado de la cerca que divide la finca ya que ofrecían mayor estabilidad, la malla tuvo un contacto con el soporte de la cerca y se rompió. Ambas mallas ya están presentando diversos cortes.</p>						
ANÁLISIS DE LO OBSERVADO:						
<p>El último registro que se tomó al tanque de almacenamiento que recolectaba el agua de las dos mallas fue de 8 onzas, se modificó el Atrapaniebla para que cada malla tuviera un tanque de almacenamiento independiente, para la muestra de la malla de 35% de porosidad se llegó a recolectar durante el transcurso de 6 días una cantidad de 350ml. por otro lado la malla de 80% de porosidad se evidencio que tuvo un cambio muy repentino sobrepasando todas las muestras antes recolectadas, superando el litro, la medida aún no se conoce ya que necesitamos equiparnos con un sistema que pueda medir en litros.</p>						

Figura 16. Cartera de campo.

Fuente: elaboración propia.

- d) Vereda Los colorados:** La forma como se tomaron los datos de los volúmenes de agua captado fue la siguiente: cada malla mide 2 metros de largo por 2 metros de ancho, de 80% y 35% de sombra respectivamente, el almacenamiento del agua captada es independiente cada una, en el tanque de almacenamiento se midieron de manera visual y técnica el volumen de agua con un instrumento casero muy preciso como se muestra en la figura 17.



Figura 17. Toma de datos en la vereda Los colorados- Pasca.

Fuente: Elaboración propia.

- e) **Calculo estructural del Atrapanieblas para un modelo bidimensional.** Para calcular la fuerza que ejerce el viento a la malla y así a los postes de soporte rígido se desarrolla el diagrama de cuerpo libre, ver figura 11 y ecuación 1. Mediante los datos obtenidos por el fabricante de la malla como el coeficiente de sombra y coeficiente de arrastre, serán necesarios para la solución de la ecuación, datos como la velocidad del viento y densidad del aire serán también muy necesarios, obtenidos de la información dada por el IDEAM. ver figura 18.

malla raschel de 35%		
Dato	Valor	unidad
coeficiente de sombra	0,35	adimensional
coeficiente de arrastre	0,82	adimensional
densidad del aire	1,29	kg/m ³
velocidad promedio del viento	5,89	m/s

Figura 18. Datos para la solución de la estructura del atrapanieblas

Fuente: elaboración propia.

$$\frac{Fw}{A} = S * Cd * \frac{p * V^2}{2} = 0,35 * 0,82 * \frac{1,29 * 5,89^2}{2} = 6,422 N/m^2$$

$$\frac{Fw}{A} = 6,422 \frac{N}{m^2} \quad \text{entonces } Fw = 6,422 N/m^2 * A$$

$$A = 2m \text{ de largo por } 2m \text{ de alto} = 4m^2$$

$$Fw = \frac{6,422 N}{m^2} * 4m^2 = 25,68 N$$

Durante el proceso de viabilidad del proyecto se diseñó una estructura tridimensional, el cual iba ser instalada en la vereda Los Colorados, donde se quería demostrar cual geometría iba a tener mayor rendimiento en la obtención de agua. Por cuestiones de las condiciones del terreno, Se terminó cambiando la forma de la estructura tridimensional a una bidimensional, así generando una mayor estabilidad y durabilidad de la estructura, después se entró a comparar el rendimiento en ambos lugares de estudio.

6.3. Construcción del filtro

En el cumplimiento del Decreto 1575 de 2007 Ministerio de Protección Social Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, para la potabilización de agua cruda, el filtro de carbón activado con diferentes granulometrías de gravas y arenas suele ser utilizado en agua cruda con bajo índice de contaminación, como es el agua obtenida de la niebla.

Para el desarrollo del filtro de carbón activado se siguieron los pasos estipulados por (Gaitan Nieto , 2019, pág. 29), en su tesis de potabilización de agua potable con buenos resultados. Se compró un recipiente de 2 litros de capacidad con forma cilíndrica con el fin de colocar diferentes capas filtrantes, la primera capa es algodón con un espesor de 2

cm de altura, la siguiente capa es un filtro de gravas gruesas con un espesor de 5 cm, la siguiente capa es un filtro de gravas finas de 5 cm, la siguiente capa es un filtro de arena gruesa de 5 cm, la siguiente capa es el filtro de carbón activado de 5cm, y la última capa es un filtro de arenas finas de 5 cm.



Figura 19. *filtro de carbón activado.*

Fuente: Elaboración propia.

6.4. Manual de construcción de un atrapaniebla.

El manual de construcción se basó en materiales que sean asequible para la comunidad en general y que aporten estabilidad y durabilidad. durante el manual se da a conocer la forma correcta de instalación y la forma en que se debe de acomodar cada elemento que compone el atrapaniebla. Este manual está diseñado de una forma didáctica visual, el cual podemos encontrar imágenes del paso a paso de la construcción, al final se da una recomendación básica de manejo y de control, esto inculcando la limpieza de cada elemento, ya que abunda diversos patógenos que pueden alterar el agua captada por el atrapaniebla. El manual mencionando y la socialización con la comunidad se puede ver en los anexos.

7. Resultados

Durante el desarrollo de la investigación se estuvo midiendo la cantidad de agua que recolectaron los Atrapanieblas ubicados en la vereda Camellón las Lajas- Tenjo y en la vereda Los Colorados- Pasca. Se utilizó en esta práctica diversos recipientes, lo que facilitó la medición del volumen de agua recolectado, se trasvaso el agua almacenada en los tanques con ayuda de un embudo, con el fin de direccionar el agua al recipiente y no generar un margen de pérdidas. Ver figura 20. El cual en la foto A se observa cómo se marca el volumen obtenido y la fecha correspondiente en la vereda Camellón las Lajas, en la foto B se observa cómo se usa el embudo para depositar toda el agua recolectada por los tanques de almacenamiento, y en la figura C, se observa el medir de volumen de agua que se usó la vereda Los Colorados.

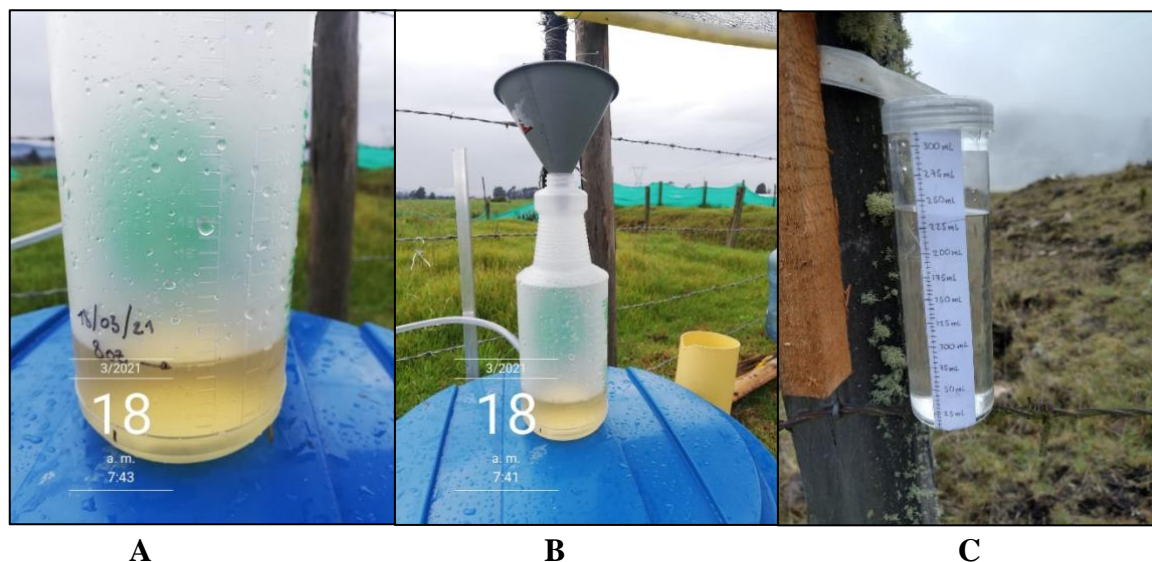


Figura 20. Recipientes medidores de agua obtenida.

Fuente: Elaboración propia.

7.1. Organización de los datos obtenidos en campo.

Todos los datos que se registraron durante el experimento se organizaron en un Excel, dando una mejor visualización y organización a los datos. En la tabla 3 se observa los registros de volumen de agua obtenidos en la vereda Camellón las Lajas-Tenjo, y en la tabla 4 los datos obtenidos en la vereda Los Colorados-Pasca.

Tabla 3. Listado de datos de volumen de agua obtenidos en la vereda Camellón las Lajas- Tenjo durante el mes de marzo de año 2021.

Fuente: Elaboración propia.

Día del mes de marzo		2	4	10	12	16
Volumen de agua (ml)						
tipo de malla	Malla 80%	350	200	550	250	900
	Malla 35%	150	100	300	250	310

Día del mes de marzo		18	24	26	29	31	total (ml)
Volumen de agua (ml)							
tipo de malla	Malla 80%	1400	1500	3250	2000	2100	12500
	Malla 35%	1250	600	450	2500	1250	7160

Tabla 4. Listado de datos de volumen de agua obtenidos en la vereda Los Colorados-Pasca durante el mes de marzo de año 2021.

Fuente: Elaboración propia.

día del mes de marzo	Tipo de malla		día del mes de marzo	Tipo de malla	
	mall 80%	mall 35%		mall 80%	mall 35%
	Vol. De agua (ml)			Vol. De agua (ml)	
1	700	500	16	700	600
2	200	175	17	800	700
3	600	350	18	500	500
4	400	250	19	500	200
5	400	380	20	400	300
6	500	470	21	500	200
7	500	400	22	600	500
8	200	250	23	600	600
9	700	650	24	500	400
10	600	500	25	800	700
11	700	600	26	900	700
12	700	600	27	600	500
13	600	500	28	500	300
14	500	400	29	100	100
15	600	500	30	300	200
			31	300	200

Los datos de la tabla 3 corresponden a la recolección de la información dos días por semana, hace el análisis de la cantidad de agua obtenida, en cada proceso de medición se fue almacenando el agua que se adquiría, dejar limpia la caneca de almacenamiento para empezar de cero la siguiente medida.

En la tabla 4, se tomaron datos del volumen de agua captado cada 12 horas durante el mes de marzo, desde las 7 am y 7 pm respectivamente.

Se llegó a tomar las 31 muestras en el Atrapaniebla de la vereda Los Colorados por que se logró llegar a un acuerdo con un habitante de la zona, se le indico el procedimiento adecuado de como registrar los volúmenes de agua obtenidos, el cual fue registrado en una cartera de campo diseñada para la toma de datos.

Respecto al registro de los datos de la vereda Camellón las Lajas, no fue posible conseguir un apoyo que facilitara el registro diario, de ahí que se procede a destinar dos días a la semana para realizar el proceso de la toma de datos.

7.2. Graficas de captación de agua para los dos atrapanieblas.

Se realizan graficas el cual describen el comportamiento que ha tenido la medición del agua en los dos lugares de investigación, donde se compara el rendimiento de las dos mallas Raschel. “figura 21 y figura 22”.

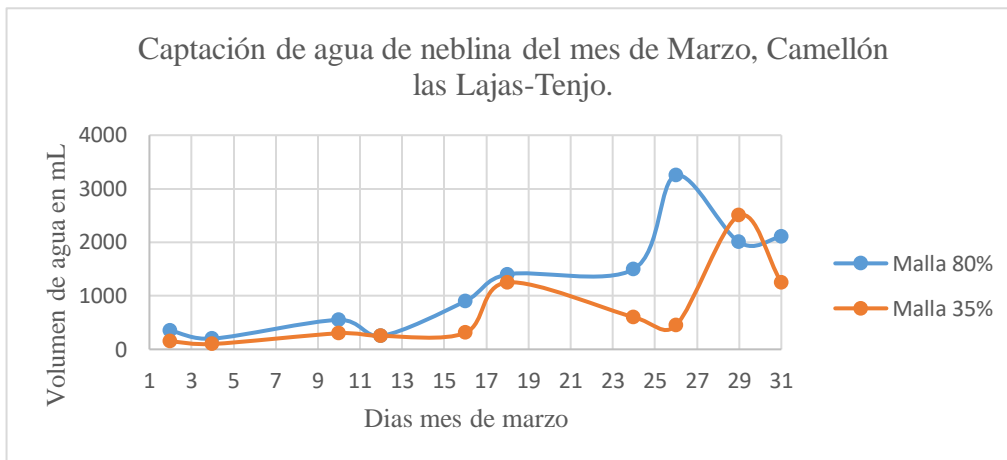


Figura 21. Captación de agua de neblina del mes de marzo del año 2021, Camellón las Lajas-Tenjo.

Fuente: Elaboración propia.

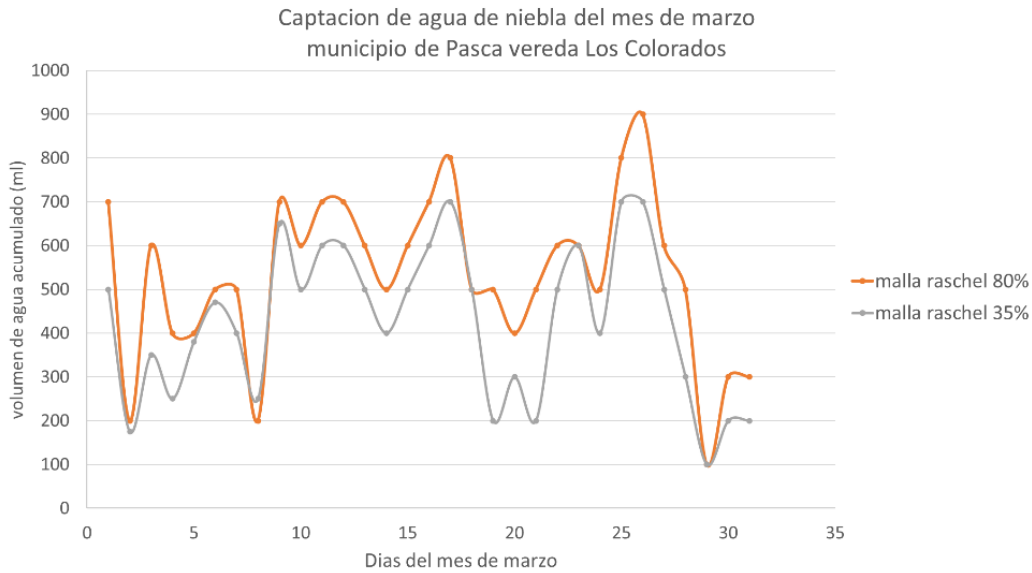


Figura 22. Captación de agua de niebla del mes de marzo del año 2021, vereda Los Colorados-Pasca.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 21 y la figura 22, se observa que la malla que tuvo más rendimiento en la captación de agua fue la malla Raschel de 80% de coeficiente de sombra, comparada con la malla Raschel de 35%, la cual también tuvo un gran rendimiento de captación.

7.3. Promedio de captación de agua diaria para Tenjo

Para establecer un rendimiento de cada malla se procede a realizar la sumatoria del volumen total que se obtuvo durante el mes de marzo, después se hace un promedio del total de días para identificar un valor aproximado de cuánta agua de obtiene en un día.

$$pd = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

pd: Promedio diario.

Σ : Sumatoria de los datos obtenidos en campo.

n : total de los días del mes de prueba.

En cada malla se calculó su respectivo promedio, el cual permitió identificar el rendimiento diario de cada malla.

$$pd_{(malla\ 80\%)}: \frac{350ml + 200ml + 550ml + 250ml + 900ml + 1400ml + 1500ml + 3250ml + 2000ml + 2100ml}{31\ dias}$$
$$= 403.22\ mL * dia$$

$$pd_{(malla\ 35\%)}: \frac{150ml + 100ml + 300ml + 250ml + 310ml + 1250ml + 600ml + 450ml + 2500ml + 1250ml}{31\ dias}$$
$$= 230.97\ ml * dia$$

Para el caso del promedio de rendimiento de las mallas ubicadas en el Camellón las Lajas, el denominador será 31, ya que se debe evaluar cuánta agua en promedio se recoge en un mes, esto con el fin de obtener un valor aproximado de cuanto se puede llegar a recolectar en un solo día.

7.4. Promedio de captación de agua diaria para Pasca.

Para obtener el promedio diario en la vereda Los Colorados, se realizó un promedio diario, el cual se sumó todos datos obtenidos. Para mostrar una forma más resumida de los cálculos obtenidos del promedio se realizó la tabla 5, el cual define el promedio de agua captada en un día.

Tabla 5. Captación de agua de niebla promedio diario para el mes de marzo 2021 en la vereda Los Colorados.

Fuente: Elaboración propia

Tipo de malla	Volumen de agua	Variable	Area de la malla
Raschel 80%	533.25 ml	Rendimiento de captacion diaria	2m de largo *2m de ancho
Raschel 35%	432.25 ml	Rendimiento de captacion diaria	2m de largo *2m de ancho

7.5. Rendimiento por metro cuadrado en el atrapaniebla de Tenjo.

Para conocer el rendimiento por metro cuadrado, se calcula el área total del atrapaniebla, de esta forma se evidencia que entre más grande el área de contacto tiene la malla con la neblina, más agua atmosférica se puede llegar a condensar. Para hallar el área de contacto del atrapaniebla únicamente se toma en cuenta las longitudes de la malla y no de la estructura total del atrapaniebla.

$$A = l * l$$

Donde:

A: Área de la malla.

l: Lados de la malla.

A cada malla se le realizo su respectiva medición en los lados, el cual determina el área total de contacto.

$$A_{(malla\ 80\%)} = 3m * 2m = 6m^2$$

$$A_{(malla\ 35\%)} = 3m * 2m = 6m^2$$

Ya calculado el área de la malla se procede a definir cuánta agua recolectada genera un metro cuadrado de cada malla.

$$Rm = \frac{pd}{A}$$

Donde:

Rm: rendimiento por día por metro cuadrado.

pd: promedio diario.

A: área de la malla

El dimensionamiento del atrapaniebla de la vereda Camellón las Lajas presenta una gran cualidad y es que al tener un tamaño de gran magnitud abarca grandes cantidades de agua atmosférica. El rendimiento por metro cuadrado que se obtuvo es el siguiente.

$$Rm_{(malla\ 80\%)} = \frac{403.22\ mL * dia}{6m^2} = 67.20 \frac{ml * dia}{m^2}$$

$$Rm_{(malla\ 35\%)} = \frac{230.97\ mL * dia}{6m^2} = 38.5 \frac{ml * dia}{m^2}$$

Tabla 6. *Rendimiento de cada malla por metro cuadrado de captación de agua de niebla, para el mes de marzo del año 2021, en la vereda Camellón Las Lajas.*

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de malla	Rendimiento por día por metro cuadrado
Malla Raschel 80%	67.20 ml/m ² /día
Malla Raschel 35%	38.5 ml/m ² /día

7.6. Rendimiento por metro cuadrado en el atrapaniebla de Pasca.

Para obtener el rendimiento por metro cuadrado del atrapaniebla ubicado en la vereda Los Colorados- Pasca, se obtuvo que el área total de las mallas es de 4 metros cuadrados, dando una forma cuadrada el cual ayudo para darle mayor estabilidad al atrapaniebla. En la tabla 6 se presentan los datos obtenidos del rendimiento por metro cuadrado de las dos mallas.

Tabla 7. *Rendimiento de cada malla por metro cuadrado de captación de agua de niebla, para el mes de marzo del año 2021, en la vereda Los Colorados.*

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de malla	Rendimiento por día por metro cuadrado
Malla Raschel 80%	133.06 ml/m ² /día
Malla Raschel 35%	108.06 ml/m ² /día

Como se puede observar en la tabla 7 la malla con mayor rendimiento por metro cuadrado fue la malla Raschel de 80%, al ser más compacto el tejido se llega a retener más agua que se encuentra suspendida en la atmosfera.

8. Discusión de resultados

De acuerdo con los resultados de la investigación, se ha creado diversos aspectos donde se expone los resultados más relevantes que han surgido durante la investigación.

8.1. Comparación del rendimiento de los Atrapanieblas ubicados en Tenjo y Pasca.

Para entrar a comparar el rendimiento de los dos atrapanieblas se procede a evaluar las condiciones que más impactaron durante el mes de análisis, los criterios evaluativos se fueron desglosando durante estudios cualitativos y cuantitativos. Para la parte cualitativa se describen los cambios físicos que ha tenido la estructura del atrapaniebla.

Para el caso del atrapaniebla ubicado en la vereda Camellón las Lajas, entre los cambios más relevantes está el cambio repentino del dimensionamiento que se plasmó desde su instalación, el suelo donde se colocaron las bases no generó la suficiente firmeza provocando socavación en los palos de bambú que se encontraban enterrados, lo cual perjudicó indirectamente los resultados del rendimiento por metro cuadrado. Los cambios de dimensión que se evidenciaron durante el periodo de investigación no son tan perjudiciales, ya que alteren los datos, pero es posible que se genere un margen de error al pasar el tiempo.

En el caso del comportamiento más relevante que tuvo el atrapaniebla ubicado en la vereda Los Colorados-Pasca, los cambios cualitativos de la estructura se vieron perjudicados por la acción de fuertes vientos, la estructura sufrió en varias ocasiones el desajuste de uno de los principales parales que tenían la malla Raschel. En cuanto a la toma de datos cuantitativos no se vio afectado, ya que se pudo solucionar de forma oportuna y no se vio impedido la toma y el registro de datos volumétricos de agua.

8.2. Comparación del rendimiento de los dos tipos de malla Raschel.

Como se pudo observar en las figuras 20 y 21 la malla que predomina la captación de agua atmosférica de la malla Raschel de 80%. Para ambos sitios de investigación esta malla presento las condiciones más adecuadas y eficientes al momento de condensar el agua que se encuentra suspendida en el ambiente. Por otro lado, la malla de 35% de sombra, también logro captar un porcentaje muy cercano a la malla Raschel de 80%, ya que debido al diseño del filamento se genera la molécula de agua más rápido, el cual permite atrapar y condensar grandes partes de la neblina que pasa por ella.

8.3. Comparación de rendimiento con otras fuentes de investigación

8.3.1. IDEAM

De acuerdo con la medición de temperaturas y humedad que se fueron registrando en cada proceso de esta investigación, se desea comparar los datos obtenidos con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), al ser esta la página oficial encargada del registro de los metadatos ambientales, Se desea comparar y evaluar qué relación se encuentran con los datos obtenidos en esta investigación. A continuación, se podrá evidenciar mediante una gráfica las líneas de tendencia de temperatura y humedad. Ver figura 23 y figura 24. Con ayuda del termohigrometro digital, fue posible obtener los datos de humedad relativa y temperatura el cual hace un registro máximo y mínimo, se fue registrando estos parámetros en la cartera de campo.

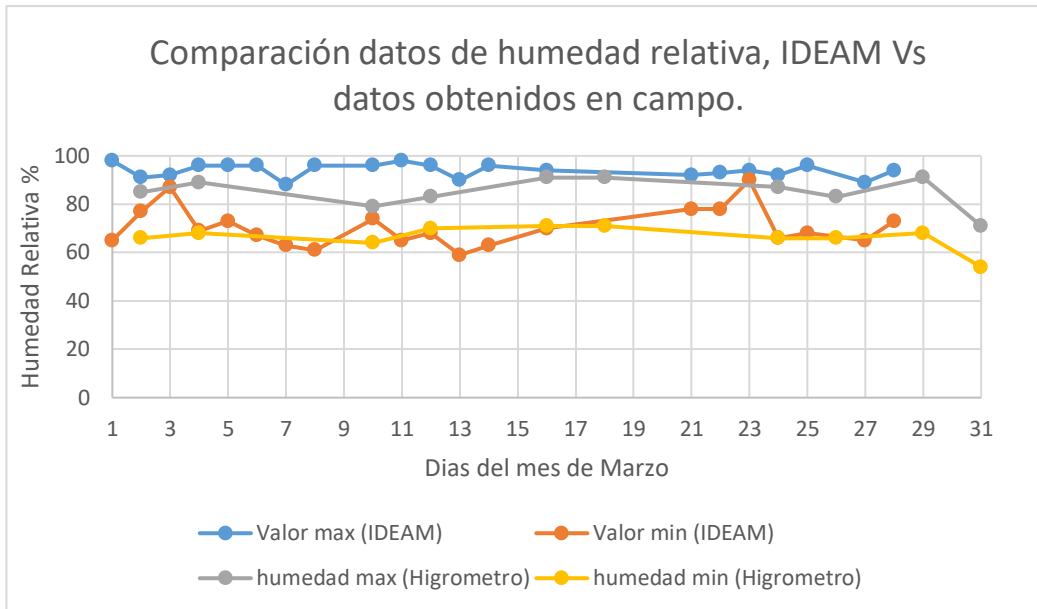


Figura 23. Comparación datos de humedad relativa, IDEAM vs datos obtenidos en campo.

Fuente: Elaboración propia.

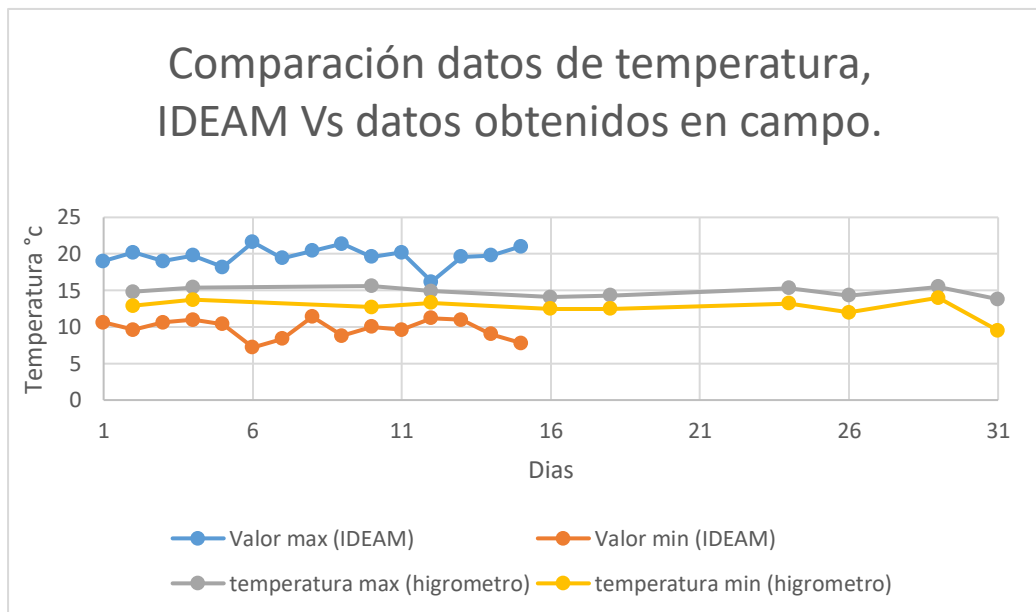


Figura 24. Comparación datos de temperatura, IDEAM vs datos obtenidos en campo.

Fuente: elaboración propia.

Para obtener los datos de humedad relativa y temperatura se solicitó mediante un correo al IDEAM la información que se registra en las estaciones más cercanas a los puntos de investigación, ya que ingresamos varias veces a la página oficial y no fue posible la descarga de los datos que se obtienen en las estaciones. La institución adjunto un correo con los datos que le fueron requeridos mediante un Excel, allí se evidencio todo el registro en años que se le ha dado a cada categoría.

Para entrar a comparar los datos más requeridos para llevar a cabo la investigación del atrapaniebla, se inspecciona los datos que ofrece la estación Providencia Granja de la categoría climática ordinaria, donde nos ofrece la humedad relativa máxima y mínima diaria.

Se observó que los datos de humedad relativa se empezaron a registrar desde el año 2015 hasta el 30 de noviembre del 2019, en donde no se sigue presentando un registro de este parámetro. Esto hizo que la investigación fuera afectada, ya que se necesita comparar el comportamiento de la humedad que se presentó en el mes de marzo del año 2021.

Por otro lado, el registro de temperaturas se inició el primero de enero del año 2015 hasta la fecha, el IDEAM nos hizo llegar el correo el día 15 de marzo del año 2021, por lo cual afecto el análisis de todo el mes de investigación. Se deseó actualizar los datos mediante la página, pero nos fue imposible volver a contar con esta base de datos, lo que restringió la información solo 15 días de toma y registro de estos datos.

En relación con los resultados de humedad relativa, vamos a remitirnos a la figura 23, donde se puede observar que en Tenjo está en un rango de 60% a 99%, esto favorece a la constante presencia de agua que se encuentra suspendida en la atmosfera, volviendo viable la captación de agua niebla en esta zona.

Con respecto a la temperatura de Tenjo, hay que tener en cuenta la hora en que se tomó el registro de este parámetro. Las estaciones del IDEAM tienen un formato de 24 horas en su registro, lo cual cada 10 minutos se toma la temperatura. En parte a la toma de los datos de la investigación en campo siempre se registraban a las 6:00 am dos veces por semana por parte del investigador. En la figura 24, podemos analizar que los datos obtenidos por el IDEAM presentan menor temperatura, esto indicando que a las 0:00 horas se presentan las temperaturas más bajas.

Un aspecto importante es el rendimiento que obtuvieron las mallas como se observa en la figura 16 de los resultados, para la de una malla de 35% coeficiente de sombra se obtuvo un rendimiento de 108 ml día por metro cuadrado, muy bajo comparado con el proyecto de Cabeza & Castillo (2016), en el cual obtuvieron rendimientos para el mismo tipo de malla de 35% sombra, 2.66 litros día por metro cuadrado en la localidad de Chapinero, esto se da por las condiciones ambientales de cada lugar, está se ubica en los cerros orientales de la ciudad de Bogotá, estos cerros están más cerca del agua que viene del pacífico por medio de las nubes las cuales vienen más cargadas de agua según Cabeza & Castillo (2016). Mientras el rendimiento bajo obtenido de la vereda Los Colorados, se dio quizás por una mala ubicación con respecto a la neblina que se dirige hacia el atrapanieblas, ya que las condiciones ambientales no son tan diferentes a las de Chapinero, pero sí el contenido de agua en las nubes es menor, puesto que se han venido descargando a lo largo de la cordillera.

De igual manera, para el rendimiento de la vereda de Camellón las Lajas, fueron aún más bajos que la de la vereda Los Colorados, ya que las condiciones ambientales son representativamente diferentes en cuanto a la neblina que llega al lugar, de ello se evidencio que en horas de la 5 am a 8 am se presenta la neblina captable, lo cual disminuye drásticamente el rendimiento de las dos mallas.

Según para Pascual et al., (2014) las experiencias recolectadas a lo largo de todo el mundo en el rendimiento de obtención de agua de niebla para Colombia son de 1.4 litros día por metro cuadrado para el desierto de la Guajira, comparando este rendimiento con el obtenido del proyecto, sigue siendo bajo dadas las condiciones ambientales de la Guajira, son más negativas que en la vereda Los Colorados que es una zona decretada paramo.

8.4. Socialización del manual atrapaniebla con la población de la vereda Camellón las Lajas-Tenjo.

De acuerdo a nuestros objetivos específicos se quería dar a conocer un manual de construcción de un atrapanieblas, el cual describiera el paso a paso de cómo hacerlo e instalarlo en la vereda Camellón las Lajas. Gracias a esta interacción con la comunidad se generó un foro donde indicaron las problemáticas más concurrentes de la falla del servicio de agua. La principal falta es la baja presión con la que llega. También manifestaron que entendieron el manual de construcción, ya que se presenta en su mayoría imágenes didácticas, lo cual facilita su lectura y comprensión.

Se generó un gusto por este nuevo método de captación de agua por parte de la comunidad, al ser práctico y económico, ya que sus elementos fueron pensados desde un principio en generar un costo-beneficio. En la figura 25, se observa la evidencia de la presentación realizada, donde se da una breve introducción del proyecto y se explica el manual. La socialización se llevó a cabo por medio de la plataforma ZOOM, esto debido a las restricciones de cuarentena no fue posible presentar el manual en físico a la comunidad.



Figura 25. Video conferencia con la comunidad Camellón las Lajas.

Fuente: Elaboración propia.

9. Conclusiones

- Se elaboró dos atrapanieblas con dos tipos de mallas diferentes para cada uno de los dos municipios propuestos, logrando así captar agua de la neblina.
- Los resultados de los neblinómetros permiten resaltar que la ubicación con respecto al viento es importante para el rendimiento del atrapanieblas, ya que, si este es paralelo a la dirección del viento, la neblina no atravesaría la malla.
- Dadas las manifestaciones de la comunidad Camellón las Lajas se puede concluir que la población logró entender de manera didáctica el manual de construcción de un atrapanieblas.
- De acuerdo con los datos obtenidos del modelo bidimensional ubicado en la vereda Camellón las Lajas, los días con más agua captada fue cuando la precipitación aumentó, ya que en el mes de marzo se presentaron fuertes lluvias en la sabana de Bogotá.
- De acuerdo con las condiciones ambientales y topográficas de la sabana de Bogotá, se pudo afirmar que, en zonas a más de 3200 metros sobre el nivel del mar como los páramos de Pasca, es más eficiente el recolectar agua de neblina, ya que esta neblina se presenta mayormente en estas alturas con humedades relativas superiores al 80%.
- Dadas las condiciones topográficas de la vereda Camellón las Lajas no resultó bastante óptimo captar agua de neblina, debido a que la vereda se encuentra en una planicie donde la neblina se presenta solo en horas de la mañana.
- Los fuertes vientos que se presentan en las zonas de estudio produjeron daños leves en la estructura del atrapanieblas, por lo cual se concluyó que es importante

calcular la fuerza del viento que puede soportar la malla y también la estructura con el fin de establecer refuerzos necesarios.

- Observando más de cerca el atrapanieblas en el momento justo cuando se condensa el agua, el coeficiente de sombra es la variable importante para que se dé tal fenómeno, y en el momento de escoger que malla resulta más favorable para captar agua, los porcentajes entre los 35% y 80 % resultan ser los más favorables.

10. Contribuciones

- Este proyecto de investigación está enfocado en aplicar un sistema atrapaniebla como una forma de captación de agua, fortaleciendo y mejorando este método. Nuestro propósito más allá de la construcción del atrapaniebla y del cálculo de obtención de agua durante un mes, es dar a conocer esta nueva forma de obtener este recurso. Este método llamo mucho la atención a la población del Camellón las Lajas- Tenjo y para la vereda los Colorados-Pasca. Vieron en el proyecto una forma alterna para adquirir agua, el cual es un servicio que tiene gran demanda en ese lugar, el riego de plantas, el lavado de pisos e incluso la descarga de inodoros son las alternativas que se le puede brindar a esta recolectada.
- Generar un monitoreo de la cantidad de insectos presentes en el ambiente para mantener el agua almacenada en lugares donde no esté expuesto, esto puede generar enfermedades como el dengue. Mantener todos los tanques limpios, reconocer el agua que si sea adecuada para el consumo humano.
- Mantener filtros en las viviendas, como se ha mencionado durante este documento, la red de distribución es muy vieja, los tubos pueden desprender partículas de su composición y alterar el agua que llega a los hogares.

11. Recomendaciones

- El tema de este proyecto requiere de mucha continuidad de investigación para poder determinar los rendimientos de captación de agua para un comportamiento anual, así como para determinar ubicaciones más favorables para un atrapanieblas.
- Se recomienda tomar datos en el momento exacto cuando la neblina logra atravesar el atrapanieblas, con el fin de saber exactamente el rendimiento por tiempo más pequeño, como los segundos o minutos, ya que no todo el día está atravesando la neblina el atrapanieblas.
- Se recomienda potabilizar el agua recolectada antes de ser consumida ya que la misma presenta partículas de arena muy fina y porcentajes microbiológicos importantes.
- Se recomienda hacer un reconocimiento del área de estudio por lo menos un año con la implementación de neblinómetros de un metro cuadrado con el fin de saber el potencial hídrico de la zona.
- Es necesario tener en cuenta la ubicación de compra del material y el transporte al lugar de estudio, ya que esto genera los mayores costos en el momento de la fabricación.

12. Referencias bibliográficas

Angel de Miguel, Lado, J. J., & Martines, V. (2010). *El ciclo hidrológico: experiencias prácticas*.

Avila Bareño, I. R., & Moreno Figueroa , M. A. (2016). *Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima*. Bogotá D.C: Universidad Libre.

Cabeza Gomez, C. G., & Castillo Vargas , Y. K. (2016). *Diseño de un sistema de recolección de agua por rocío y niebla para el abastecimiento de agua en la comunidad del barrio la esperanza, localidad de chapinero*. Bogotá: Universidad la Gran Colombia .

Camillón, I., & Vera, C. (2013). *El ciclo del agua*. Dr. Alberto Kornblihtt (UBA y CONICET).

Casma, J. C. (15 de Mayo de 2015). América Latina: la región con más agua, la más castigada por la sed. *El país* , pág. 1.

Entomofilico. (12 de Marzo de 2012). *agricola, homo*. Obtenido de <http://elhocino-adra.blogspot.com/2012/03/calor-latente-una-de-fantasmas-fisicos.html>

Gaitan Nieto , J. F. (2019). *Potabilización de agua mediante filtración y desinfección química*. Neiva : Universidad Cooperativa de Colombia.

Guerrero Legarreta, M. (2010). *El Agua*. FCE-Fondo De Cultura Economica.

Huertas Rodrigues , J. P., & Molina Torres, P. (2016). *Estudio de prefactibilidad para la posible implementación de atrapanieblas en el municipio de Ráquira*. Bogotá D.C: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.

Instituto de Hidrología, M. y. (10 de Marzo de 2014). *IDEAM*. Obtenido de Clima: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>

Leiva, J., De Dios Rivera, J., Hernández, P., & Cereceda, P. (2014). *"La Niebla una fuente alternativa de recursos hídricos en zonas semiaridas con sistemas de captación altamente eficiente"*. Región de Coquimbo: Impresora La Discusión S. A.

Lerma Arias, D. (2014). *Flujo en tuberías*. Pereira: Daniel Lerma.

Lopez Garcia, J. A. (23 de Noviembre de 2014). *Weather Spark*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/23341/Clima-promedio-en-Tenjo-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=El%20clima%20promedio%20en%20Tenjo,m%C3%A1s%20de%2022%20%C2%B0C>.

Meruane, C., & Garreaud, R. (2015). *Determinación de Humedad en la Atmósfera*.

Mora Alarcon, K. T. (2020). *Análisis de viabilidad para la implementación de mallas atrapanieblas en la vereda San Antonio Bajo en el municipio de Arbeláez - Cundinamarca*.

Bogotá D.C: Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Ordoñez, G., & Juan, J. (2011). *ciclo hidrológico*. Lima: Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-08841.

Pascual, J. A., Naranjo, M. F., Payano, R., & Meldrano, O. (2014). *Tecnología para la recolección de agua de niebla*. Madrid: SIG colaborativo del Patrimonio Hidráulico de la Comunidad de Madrid.

Poveda, J.D., Sanabria, I. J., & Carlos (2017). *Evaluación de la eficiencia de cinco materiales de malla para el sistema de atrapanieblas en el Municipio de Siachoque – Departamento de Boyacá*. Tunja: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

Sanchez San Ramon, J. F. (2016). *precipitaciones*. Universidad de Salamanca España.

Tejada Martínez, A. (2018). *La Humedad en la Atmósfera*. Colima: PRED.

Quintanilla, G., Morales, F., Nieto, M., & Silva, G. (2009). *Diseño Generativo, aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de Chile*. Santiago: Universidad de Chile.

Juliao Vélez, M. P., León Días, J. P., & Polo Elles , R. (2016). *Diseño mediante modelos matematicos de un prototipo para la captación de niebla en la vereda de Leticia, corregimiento de Pasacaballos (Bolívar), como método de recolección de agua.* Cartegena de Indias : Universidad de San Buenaventura Sectorial Cartagena .

13. Anexos

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN
ATRAPANIEBLA

Universidad Antonio Nariño

Jonathan Bustos Amaya

José Ricardo Giraldo Barahona

Abril -2021



INTRODUCCIÓN

En este manual podemos encontrar como se elabora un sistema de recolección de agua atmosférica (neblina) a través de un sistema de atrapaniebla, indicando los materiales y las diferentes formas que se puede instalar de acuerdo al terreno donde se valla a ubicar. Daremos un paso a paso de la construcción haciendo énfasis en los materiales que se sugieren ser utilizados para esta estructura.

¿Qué es el atrapaniebla?

Es un sistema que consiste en condensar la molécula de agua que se encuentra suspendida en el ambiente. La neblina se desplaza por medio de la dirección del viento el cual va atravesando la malla polisombra formando una molécula de agua capaz de precipitarse por acción de la gravedad.

¿Para qué sirve?

Es una nueva alternativa de recolectar agua, se puede implementar este método en diversos tipos de ambiente, como zonas montañosas, altura mínima de 500 msnm y una humedad relativa mínima de 80%.

Palo de bambú

Este elemento es fundamental para la elaboración de atrapaniebla, ya que el palo de bambú ofrece dureza y durabilidad a la estructura. Por otro lado, su precio comercial es muy accesible para cualquier tipo de población, el precio varía dependiendo de las dimensiones que ofrece el palo.



Malla Raschel



Malla Raschel 80%



Malla Raschel 35%

Existen dos tipos de presentación de la malla Raschel 80% y 35% esto nos indica el porcentaje de abertura que tiene cada una. Está compuesta por un tipo de tejido de polietileno de alta densidad; esto favorece a generar sombra para la protección de los rayos UV.



Tubo PVC

Este material está compuesto por cloruro de polivinilo lo que hace que sea un plástico rígido capaz de soportar cambios químicos (corrosión) y esfuerzos que se ejercen sobre él.

Un beneficio de este material es sus diversas dimensiones que se encuentran en el mercado.

Nylon

Es un polímero sintético que ofrece alta resistencia y flexibilidad.



Tanque de almacenamiento



Se utiliza un tanque de almacenamiento (También se puede utilizar canecas, Valdés o recipientes donde se recoge el agua) para recolectar toda el agua que sea captada por el sistema atrapaniebla, se puede utilizar diversos tamaños según la demanda de agua que ofrece el sistema.

Manguera

Se encarga de direccionar el agua obtenida por el tubo de PVC, hacia el tanque de almacenamiento.



1. Dimensionamiento de materiales:

- 3 palos bambú de 5m de largo.
- 1 malla Raschel 35% (2m ancho y 3m de largo).
- 1 malla Raschel 80% (2m ancho y 3m de largo).
- 2 tubos de PVC de 2.5m de largo y un diámetro de 2 pulgadas.
- 2 mangueras de 30cm de largo aproximado.
- Nylon de 90m.





2. Corte de elementos:



- Para realizar el corte de la malla Raschel se puede utilizar elementos como tijeras comunes, ya que estas permiten hacer cortes limpios y no afectan la forma del tejido. Tener en cuenta dejar un espacio aproximado de 10 cm en cada uno de los lados, esto permitiendo hacer un dobléz sobre el palo de bambú.

- Para hacer el corte longitudinal al tubo de PVC se recomienda utilizar herramientas eléctricas como: sierra caladora o pulidora. Esto permite al rendimiento y a la calidad del corte que se desee obtener. También se puede utilizar elementos manuales como la següeta. Se realizan dos cortes paralelos con un espacio de 5cm, esto formando una especie de canal en el tubo.



 <p style="text-align: center;">1</p>	 <p style="text-align: center;">2</p>	 <p style="text-align: center;">3</p>
<p>Se debe tener a la mano un tapón de tubo PVC del mismo diámetro de la canal que ya se ha elaborado.</p>	<p>Perforar con un taladro una esquina del tapón con el mismo diámetro que tiene la manguera, esto permitirá drenar el agua recolectada por la canal hacia el tanque de almacenamiento.</p>	<p>Para unir el tubo de PVC con el tapón se recomienda tener un pegante de tubo, ya que el diámetro de la canal se reduce por el tipo de corte que se realizó.</p>

3. Unión de las mallas a la estructura.



- Para poder unir la malla Raschel al palo de bambú se necesita tener a la mano nylon el cual se genera un cosido por todo el palo, este método se usa para no perforar el palo de bambú el cual puede generar una fisura afectando toda la estructura del palo.

- La unión de las mallas se inicia por el palo que se encuentra en la mitad por que se tiene que sujetar con firmeza y uniformidad las dos telas.

Culminado este proceso, se cose los palos de los extremos templando la malla y obteniendo la separación de 2m.



- Después de ensamblar las mallas a la estructura bidimensional se procede a instalar el sistema, preferible en una superficie plana y en un espacio libre el cual la dirección del viento no sea obstruida por otros elementos. Es importante tener elementos como: picas o palas, para realizar un hueco donde las bases se sujeten y puedan soportar fuerzas externas.



- Con ayuda de alambre vamos a unir la canal que hemos formado con el tubo de PVC a la estructura del Atrapaniebla.



- se genera una inclinación de mínimo 10° en la canal para que el agua pueda fluir por todo el tubo y depositarse en el tanque de almacenamiento.



- Con el nylon vamos a unir la tela a la canal con un tejido en forma de espiral, esto asegura que la molécula de agua ya formada por la malla caiga dentro de la canal.

PROCEDIMIENTO



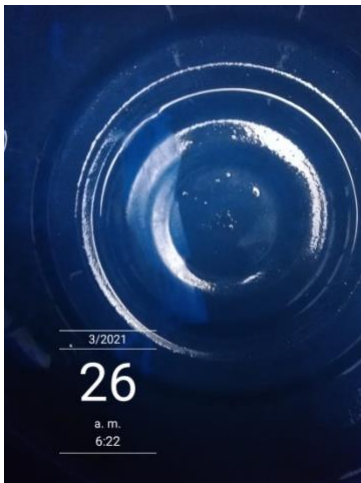
- asegurarse que la malla se encuentre alineada y en la mitad de la canal, con el fin de destinar toda el agua captada hacia la canal.

- Los tanques deben permanecer sellados esto evitara que otras fuentes se depositen en los tanques y alteren la muestra obtenida.





- No recostar o apoyar la malla en otros elementos ya que se puede generar una fisura y dañar el tejido.



- Hacer un constante mantenimiento o limpieza a los tanques y las canales, estas pueden quedar impregnadas de suciedad que se encuentra en el ambiente.



- Antes de usar el agua recolectada se debe pasar por un proceso de filtración y de potabilización. En la malla hay presencia de insectos esto puede causar la proliferación de una especie y de enfermedades. Para evitar estos riesgos mantener sellado y limpio los tanques.

