



DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4161

Prototipo funcional IOT para determinar la viabilidad de instalación del modelo atrapanieblas tipo chileno en el municipio de Chiquinquirá Boyacá

Héctor Felipe Cortés Rojas

hcortes@unisangil.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-2664-1776>

Ingeniero Telecomunicaciones, Licenciado en Electrónica,
Especialista en Gerencia de Proyectos,
Magister en Tecnología Educativa y Competencias Digitales,
candidato a Doctor en Educación, docente investigador

Edisson Caicedo Rojas

ercaicedo@unisangil.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-9702-0144>

Ingeniero de Sistemas,
Magister en Ingeniería del Software y Sistemas Informáticos,
docente investigador UNISANGIL

Chiquinquirá – Boyacá

Correspondencia: hcortes@unisangil.edu.co

Artículo recibido 29 noviembre 2022 Aceptado para publicación: 29 diciembre 2022

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Cortés Rojas, H. F., & Caicedo Rojas, E. (2022). Prototipo funcional IOT para determinar la viabilidad de instalación del modelo atrapanieblas tipo chileno en el municipio de Chiquinquirá Boyacá . Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(6), 10720-10738. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4161

RESUMEN

Se presenta el proceso para llegar a la implementación de un prototipo funcional IoT que determine la viabilidad de instalación de un atrapanieblas tipo chileno en el municipio de Chiquinquirá del departamento de Boyacá, partiendo de la planificación del proyecto de investigación con el uso de la metodología del marco lógico, que permitió establecer las actividades necesarias para cumplir con el objetivo general, de igual manera, se detalla el proceso de diseño y construcción del sistema empleando software y hardware libre como arduino, blender, raspberry, raspbian, linux y node-red, además del uso de protocolos de comunicación como MQTT y Mosquitto que permiten la comunicación efectiva de información entre los sensores y el dashboard del sistema, así mismo, se realiza el diseño de la planta física en 3d y se observa la integración de los sensores con la misma, se logró de forma efectiva el montaje del sistema y la captura de datos que determinan si en determinado sitio es viable la instalación, guardando los valores obtenidos en una base de datos en node-red de la captación de agua, teniendo en cuenta las variables como la dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, estos valores también están respaldados en una cuenta de ubidots que permite ver en tiempo real y de forma remota los datos de cada sensor. Se concluye que el prototipo cumple con la finalidad de determinar si es viable o no la instalación de un atrapanieblas tipo chileno en un determinado sitio, esto permite definir si se realiza o no una inversión a gran escala.

Palabras claves: *internet de las cosas (IoT); protocolo de comunicación; atrapanieblas; monitoreo; prototipo funcional.*

IOT functional prototype to determine the feasibility of installing the Chilean type fog catcher model in the municipality of Chiquinquirá Boyacá

ABSTRACT

The process is presented to arrive at the implementation of a functional IoT prototype that determines the feasibility of installing a Chilean-type fog catcher in the municipality of Chiquinquirá in the department of Boyacá, starting from the planning of the research project with the use of the methodology of the logical framework, which allowed establishing the necessary activities to meet the general objective, in the same way, the process of design and construction of the system is detailed using free software and hardware such as arduino, blender, raspberry, raspbian, linux and node-red, In addition to the use of communication protocols such as MQTT and Mosquitto that allow the effective communication of information between the sensors and the system dashboard, likewise, the design of the physical plant is carried out in 3d and the integration of the sensors with the itself, the assembly of the system and the capture of data that determine if the installation is viable in a certain site was effectively achieved. installation, saving the values obtained in a node-network database of the water catchment, taking into account variables such as wind direction and speed, temperature, relative humidity and atmospheric pressure, these values are also backed up in an account of ubidots that allows to see in real time and remotely the data of each sensor. It is concluded that the prototype meets the purpose of determining whether or not it is feasible to install a Chilean-type fog catcher in a given site, this allows defining whether or not a large-scale investment is made.

Keywords: *internet of things (IoT); communication protocol; fog catcher; monitoring; functional prototype.*

INTRODUCCIÓN

El agua es parte esencial para toda la vida, es decir, de ella depende el bienestar de plantas, animales y seres humanos. El planeta, al transcurrir del tiempo ha presentado cambios extremos, donde la tecnología aporta grandes beneficios para la sociedad y en especial al medio ambiente, que día a día resiste el deterioro producido por la misma humanidad. Un ejemplo de esta situación es la limitación de agua dulce y potable en diferentes sitios, puesto que resulta difícil de obtener cuando no se cuenta con un sistema de acueducto, el lugar está alejado de una fuente hídrica natural o está dentro de un ecosistema desértico, en el cual las sequías pueden ser intensas.

Sin embargo, el uso de nuevas herramientas tecnológicas como NODE-RED, que por su facilidad de conectividad entre el hardware, APIs, servicios en línea y el Internet de las cosas con sus siglas IoT por su nombre en inglés Internet of Things, que brinda gran versatilidad e interacción con todos los dispositivos instalados, permiten el desarrollo de sistemas de monitoreo, así mismo, su tipo de desarrollo es open source o código abierto, y se basa en nodos empleando programación visual (Pick data, 2020). De igual manera, Arduino tanto en software como en hardware permite el desarrollo de proyectos donde se requiera adquirir datos análogos o digitales a partir de sensores, siendo una plataforma de carácter libre para la creación de proyectos electrónicos interactivos, este instrumento tecnológico permite la integración de los diferentes sensores (humedad, dirección y velocidad del viento, temperatura, presión atmosférica y otros) y actuadores (motores, leds, relés, válvulas, relevadores y otros) (Fernández, 2020).

Por tal motivo, la investigación aplicada permite la integración de diferentes métodos y tecnologías con el fin de resolver una problemática identificada, existen estudios previos que actúan como antecedentes, de relevancia los siguientes: Espinoza Peñalosa, Jesus & Cabrera Cadena, Ever & Peralta, Ernesto & Peralta, Rubén. (2018) en el estudio titulado “Implementación de un neblinómetro automático para la estimación de la oferta de agua de niebla en la Cumbre de La Paz, Bolivia” [9], Mendoza Palacios, Blanca & Castañeda Alvarez, Fredy. (2014) en el estudio titulado “criterios metodológicos para la definición de sistemas de captación de aguas con base en lluvia horizontal”, Huertas Rodriguez, Jennifer & Molina Torres, Paula (2016) en la publicación titulada “Estudio de Prefactibilidad Para la Posible Implementación de Atrapanielas en el Municipio de Ráquira” [17], entre otros, que dentro del marco referencial del proyecto, demuestran

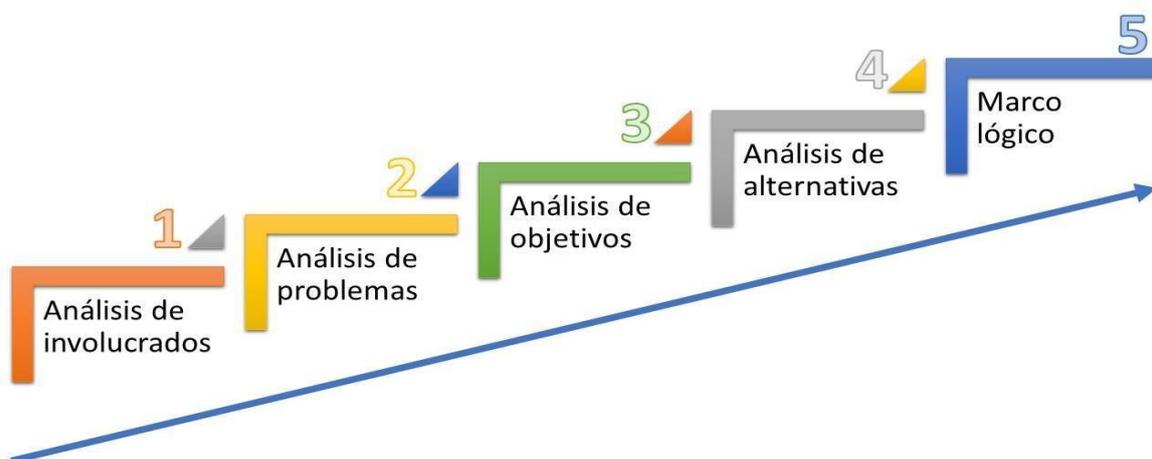
que la implementación de un atrapanieblas, permite la consecución de agua dulce a un bajo costo y de fácil control y administración, de modo que este proyecto tiene objetivos alcanzables y permitirá que comunidades enteras tengan la oportunidad de abastecer su hogares y cultivos con agua captada de la niebla, favoreciendo el desarrollo sostenible de la sociedad.

En el artículo se evidencia la metodología del marco lógico empleada en la planificación del proyecto para evaluar la viabilidad, los métodos y procesos empleados en la fase de diseño y construcción del sistema, en los cuales se evidencia el desarrollo de cada actividad planificada y su medio de verificación, de igual manera, se muestran los resultados y discusión de cada una de las actividades, describiendo el software y hardware del sistema, resaltando el uso de herramientas libres empleadas como Node-Red, Arduino y raspberry, finalizando con las conclusiones y recomendaciones determinadas al implementar el sistema.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo eficiente del proyecto de investigación, se definió implementar la metodología del marco lógico en la etapa de planificación, pues se considera que permite establecer resultados alcanzables, viables y necesarios, siguiendo una línea de tiempo diseñada teniendo en cuenta los recursos humanos y el tiempo disponible para el desarrollo de cada actividad. Esta metodología se rige por una secuencia de pasos o etapas que se deben desarrollar en un orden específico para obtener el resultado esperado, por lo que cada proceso le presta información necesaria al siguiente, en la Figura 1 se evidencia la metodología junto con sus procesos predecesores.

Figura 1. Metodología del marco lógico



Nota. Procesos realizados en la metodología de marco lógico, indicando la secuencia, tareas predecesoras y posteriores.

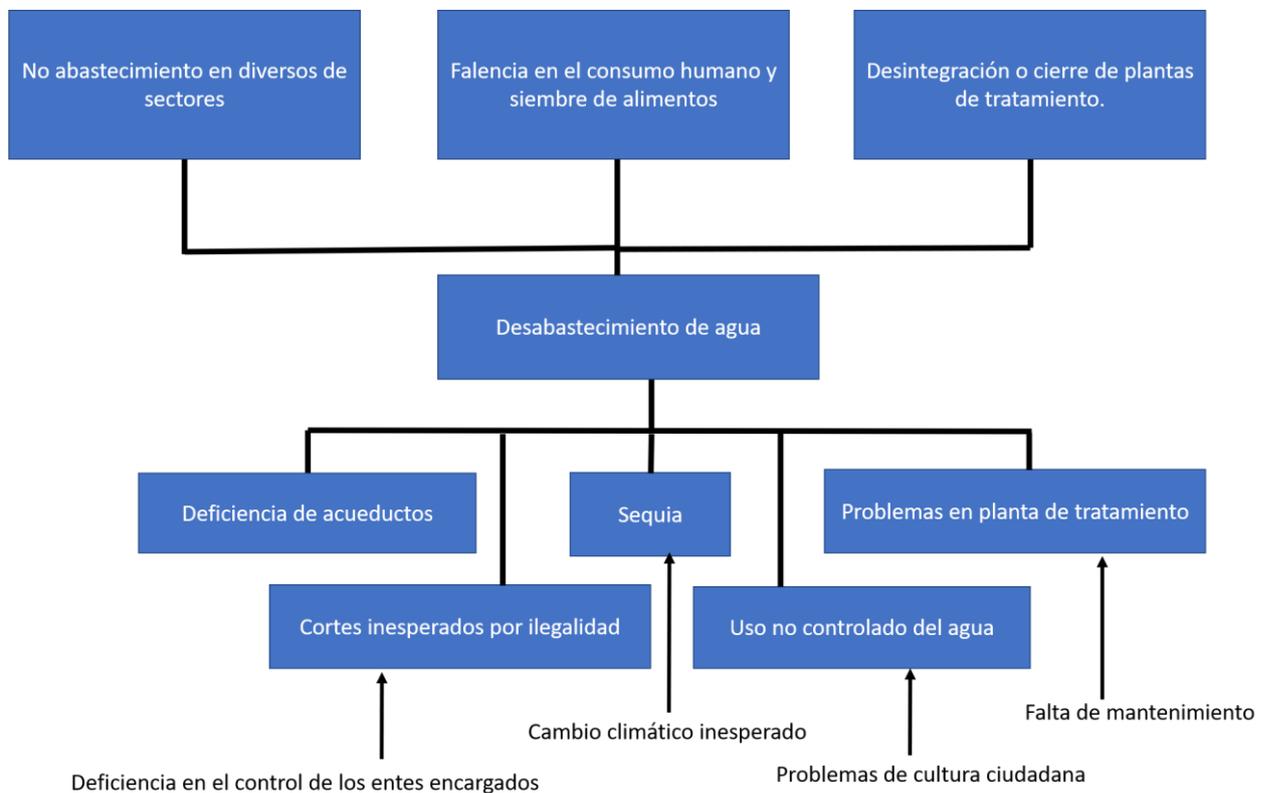
Análisis de involucrados

En esta etapa se analizó el público de interés, de este modo, se logra determinar a personas, comunidades, instituciones, organizaciones, etc. que están interesados por encontrar otro medio de captación para el recurso hídrico, teniendo en cuenta el contexto de desarrollo del proyecto, en este caso, el municipio de Chiquinquirá ha presentado temporadas de sequía y problemas de ingreso del recurso hídrico, no solo en el casco urbano, de igual manera en las veredas. Para este diagnóstico se emplearon instrumentos de recolección de información como entrevistas y encuestas, además de realizar un análisis documental en los planes de desarrollo municipal, donde se evidencian las necesidades del municipio.

Análisis de problemas

Teniendo en cuenta la información y los datos proporcionados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y los resultados de la etapa anterior (análisis de involucrados), se diseña una valoración del problema central derivando sus causas y efectos, esta se realiza por medio del árbol de problemas como herramienta de diagnóstico y se puede observar en la Figura 2.

Figura 2. Árbol de problemas

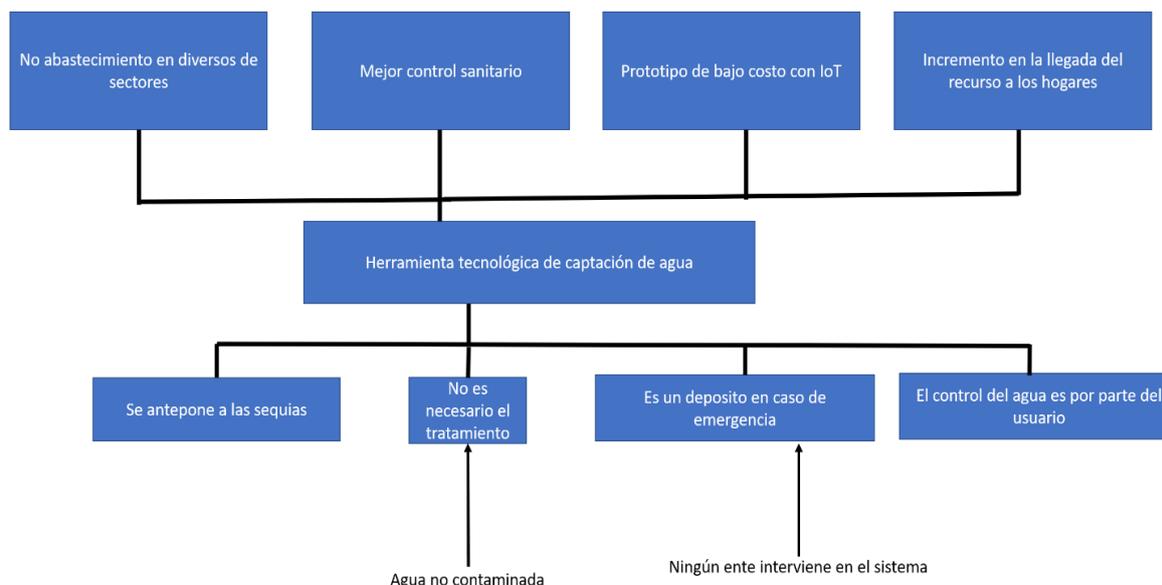


Nota. Se describen las causas y efectos del problema central.

Análisis de objetivos

Con la problemática identificada y caracterizada, relacionada con el abastecimiento del recurso hídrico que aqueja a la comunidad en el municipio de Chiquinquirá, se identifican la finalidad y medios para resolver la problemática central, empleando el árbol de objetivos como medio, se puede observar su desarrollo en la Figura 3.

Figura 3. Árbol de objetivos



Nota. Se describen los medios y finalidades del objetivo central, partiendo del árbol de problemas de la Figura 2.

Análisis de alternativas

Al tener los medios y finalidades identificados se plantean alternativas que permitan solucionar la necesidad empleando la tecnología como recurso esencial, teniendo en cuenta las capacidades, habilidades y cualidades de los recursos humanos.

Como primera alternativa, se consideró la recolección de agua lluvia, es más óptima, pues no es tan tóxica como la de pozos profundos, de igual manera, el desarrollo de esta es de bajo costo, así mismo, se consideró el desvío de ríos, lagos y embalses, esta es una alternativa muy usada, pues varios sectores veredales y urbanos, hacen uso de fuentes hídricas como estas, por medio de plantas de tratamiento se puede llegar a obtener un buen recurso hídrico, no obstante, entraría inmediatamente a actuar intermediarios, y se repetirán problemas como la falta de control, el desvío ilegal de las mismas, y además en temporadas de sequía no se lograría entregar el recurso hídrico a la población.

Teniendo en cuenta las alternativas, se opta por la captación de agua sin desvío de fuentes hídricas, se propone actuar con un sistema que no necesite de más intermediarios que los propios usuarios el sistema, se considera que un sistema de captación de niebla (atrapanieblas) es adecuado, pues en casos de sequía se adapta idóneamente, en términos de intermediarios, solo intervienen aquellos usuarios o propietarios del sistema.

Marco lógico

Al definir la forma para solucionar la necesidad, se diseña el objetivo general, objetivos específicos, y actividades que permiten dar solución al problema, donde cada una de estas debe contemplar indicadores, medios de verificación, hipótesis, cronograma y asignación de recursos, se emplea la matriz de marco lógico con el fin de tener un proceso detallado para el desarrollo del proyecto, asegurando que sea eficiente y realizable, en la Tabla 1 se observan las actividades planificadas junto con el medio de verificación.

Tabla 1. *Matriz de marco lógico*

OBJETIVO GENERAL		
Establecer una base de criterios técnicos y metodológicos que permitan la evaluación de los espacios funcionales y áreas de captación de la lluvia horizontal, como alternativa de abastecimiento de agua para diferentes usos rurales con un enfoque de sostenibilidad ambiental.		
OBJETIVO ESPECÍFICO 1		
Identificar referentes bibliográficos nacionales e internacionales sobre los métodos de captación de lluvia horizontal como base de análisis.		
<i>Actividad</i>	<i>Medio de verificación</i>	<i>Supuesto</i>
<i>Búsqueda en fuentes bibliográficas confiables (repositorios de tesis, revistas científicas, libros, etc)</i>	<i>Fichas bibliograficas</i>	<i>Se consultan elementos relevantes que permiten establecer el marco referencial del proyecto</i>
<i>Realizar filtrado de información pertinente</i>	<i>Tabla resumen con artículos relevantes.</i>	<i>Se determinan los artículos relevantes para el marco referencial.</i>
<i>Direccionar cada artículo o fuente filtrada a la categoría establecida.</i>	<i>Tabla de categorías relacionadas con artículos filtrados</i>	<i>Se establecen los artículos adecuados para cada categoría definida.</i>

OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Determinar parámetros de diseño y materiales a partir de la evaluación de los procesos tecnológicos indagados.

<i>Actividad</i>	<i>Medio de verificación</i>	<i>Supuesto</i>
<i>Establecer el diseño del sistema</i>	<i>Diseño del sistema (arquitectura del sistema)</i>	<i>Se define de forma efectiva el sistema de entradas y salidas (sensores y actuadores)</i>
<i>Definir los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema</i>	<i>Formato de requerimientos funcionales y no funcionales.</i>	<i>Se establecen los requerimientos funcionales y no funcionales necesarios.</i>
<i>Determinar y adquirir los elementos necesarios para las pruebas de cada módulo o fase (entradas y salidas del sistema)</i>	<i>Listado de elementos requeridos</i>	<i>Se determinan y adquieren los elementos necesarios para la implementación del proyecto</i>
<i>Definir el software que se va a utilizar para cada etapa</i>	<i>Informe donde se indique la justificación de la elección del software.</i>	<i>Se define el software libre adecuado para la codificación y simulación del sistema.</i>
<i>Codificación y simulación de módulos o fases por variable de entrada</i>	<i>Código fuente, diagrama de nodos, arquitecturas, fotografías de procesos, etc.</i>	<i>Se realiza la codificación y simulación de cada etapa del proyecto, logrando captar los datos de cada sensor y visualizarlos en un dashboard</i>
<i>Diseño de parte física del prototipo</i>	<i>Modelos en 3d</i>	<i>Se diseña el prototipo teniendo en cuenta la documentación analizada y parámetros definidos.</i>

OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Construir una matriz de priorización de criterios relacionados con las características especiales requeridas en la implementación de la tecnología.

<i>Actividad</i>	<i>Medio de verificación</i>	<i>Supuesto</i>
<i>Construir parte física del prototipo</i>	<i>Fotografías</i>	<i>Se obtiene la parte física del prototipo con los requerimientos diseñados con anterioridad.</i>
<i>Integración de la parte física y los sensores</i>	<i>Fotografías</i>	<i>Los sensores se adaptan de forma correcta a la parte física.</i>
<i>Prueba de conectividad (protocolos de comunicación)</i>	<i>Capturas de pantalla de las interfaces de monitoreo</i>	<i>El prototipo se conecta de forma exitosa con los protocolos de comunicaciones establecidos.</i>
<i>Prueba de envío de información de sensores (monitoreo, versión 1 del prototipo)</i>	<i>Fotografías, capturas de pantalla, vídeos.</i>	<i>La integración de las fases del prototipo son exitosas, así mismo, el monitoreo se realiza según lo planificado y diseñado.</i>
<i>Realizar pruebas de eficiencia</i>	<i>Formatos diligenciados de pruebas de eficiencia teniendo en cuenta los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.</i>	<i>Se realizan pruebas de eficiencia que determinan las posibles contingencias en cada fase, posterior a esto se define la forma de la corrección del parámetro y se establece la versión final del prototipo.</i>

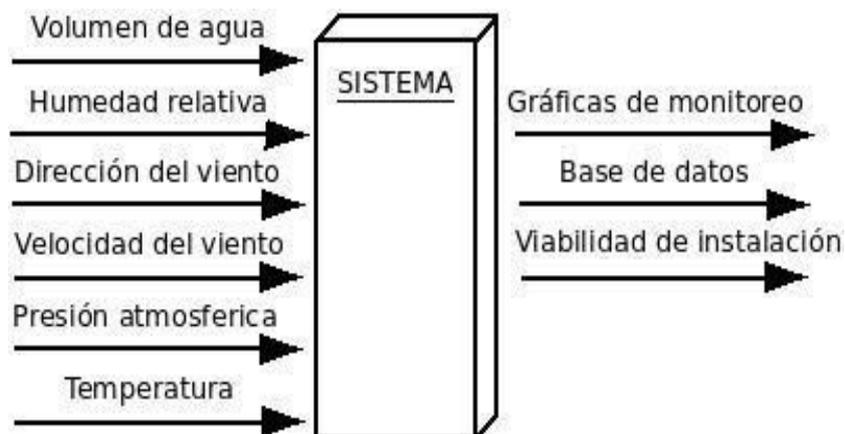
Nota. Matriz de marco lógico, estableciendo actividades necesarias para el desarrollo de cada fase u objetivo del proyecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realiza el análisis de la situación identificando las entradas y salidas del sistema como se observa en la Figura 4, de igual manera se realiza la selección de los sensores y elementos necesarios para el prototipo, donde se busco una relación calidad precio, determinando cuales tienen mejor precisión pero se mantenían en un bajo costo, de igual

forma con las tarjetas de desarrollo y procesamiento de información junto con sus periféricos, en la Tabla 2 se observan los elementos necesarios para el prototipo y en la Figura 5 se identifica la arquitectura del sistema que contiene los sensores y forma de visualización del monitoreo.

Figura 4. Sistema de entradas y salidas



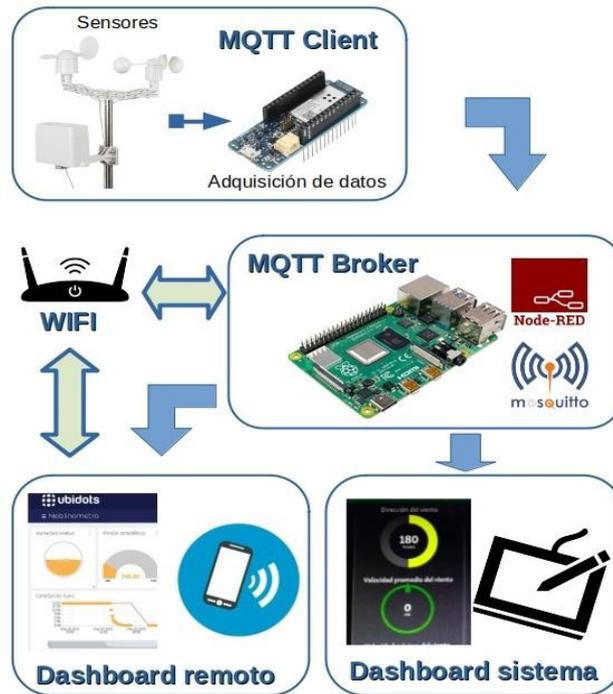
Nota. Diagrama explicativo que aborda el sistema de entrada y salida de la información en el prototipo diseñado.

Tabla 2. Elementos del sistema

Arduino MKR1000 WIFI (adquisición de datos - MQTT)
Raspberry Pi 4 con periféricos y accesorios de manejo (pantalla, teclado, cargador, etc)
pluviómetro (sensor cantidad de agua recolectada)
anemómetro (sensor velocidad del viento)
Veleta de viento (sensor dirección del viento)
Sensor de temperatura
Sensor de humedad relativa
Sensor de presión atmosférica
Tarjeta de adquisición de datos para sensores (shield de clima)
Acces Point con internet o módulo GPS 4G con sim card de datos
Planta física (atrapanieblas tipo chileno para neblinometro)

Nota. Se mencionan los elementos necesarios para la construcción del prototipo.

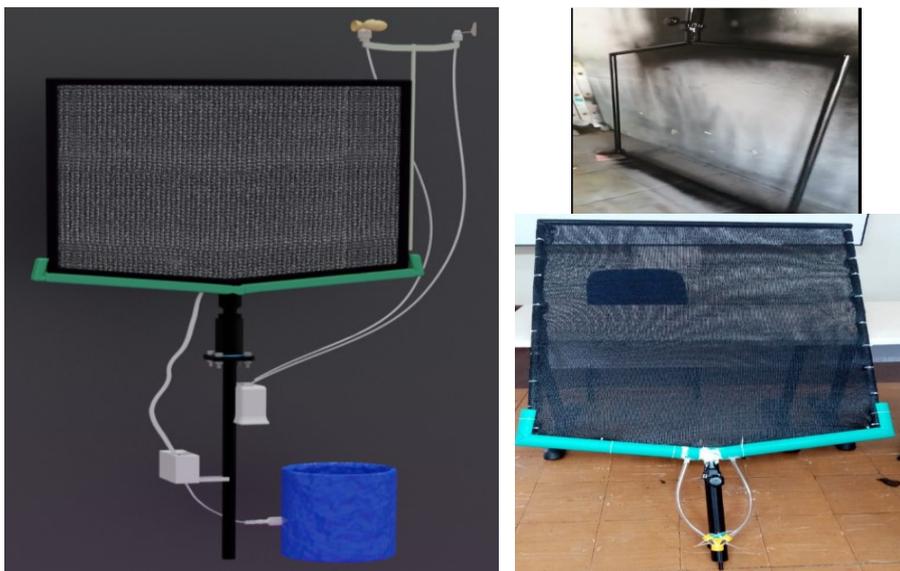
Figura 5. *Arquitectura del sistema*



Nota. Descripción gráfica de la arquitectura del prototipo funcional.

El diseño de la planta física se realizó en el software libre blender, donde se toma como base el diseño del atrapanieblas tipo chileno y los sensores previamente seleccionados, en la Figura 6 se puede observar el diseño elaborado en tres dimensiones con la instalación de los sensores y la planta física elaborada en tubo galvanizado con un recubrimiento bi capa de pintura y anticorrosivo

Figura 6. *Diseño del sistema en 3 dimensiones y su construcción*



Nota. Diseño en tres dimensiones del neblinómetro tipo chileno con sensores adaptados y su construcción en tubo galvanizado.

La implementación del prototipo se realizó en la azotea de la Fundación Universitaria de San Gil UNISANGIL sede Chiquinquirá, con el fin de verificar que el prototipo recolecta la información adecuada y esta se pudiera observar de forma remota para determinar si son viables las condiciones climáticas para la recolección de agua por medio del atrapanieblas tipo chileno, se realiza anclando el mástil al suelo y también reforzando la estabilidad de la estructura con templetes de alambre fijados al piso con chazos metálicos, esto dio estabilidad y seguridad para que la fuerza del viento no derribe el prototipo, de igual manera se verifican las conexiones de los sensores, comunicación de protocolos MQTT y Mosquitto, toma de datos en el dashboard de node-red y lectura de información en Ubidots de forma remota, en la Figura 7 se puede observar el montaje descrito.

Figura 7.

Implementación del prototipo



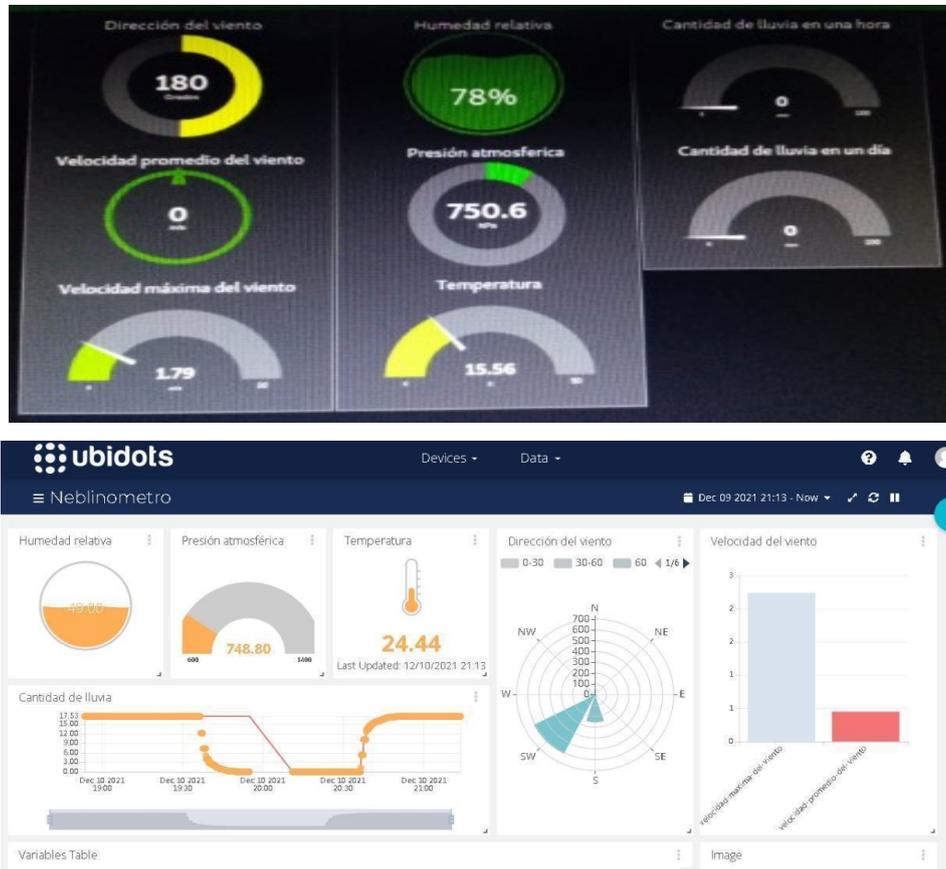
Nota. Instalación de la estructura y equipos que conforman el sistema.

En el dashboard de Node-Red se puede evidenciar los datos recolectados de cada sensor, además de podemos hacer una prueba previa de que los sensores están tomando sus debidos datos correctamente, posterior a esto se verifica el muestreo en Ubidots de

forma remota, donde se verifica que la información es correcta y que se está guardando en la base de datos, en la Figura 8 se pueden observar los paneles de monitoreo.

Figura 8.

Dashboard de node-red y Ubidots



Nota. Panel de monitoreo de variables, primero el de node-red y segundo el de ubidots.

Con los datos obtenidos de una de las pruebas realizadas el 10 de diciembre de 2021, donde se configuró el muestreo cada 5 minutos de 6:00 pm a 11:00 pm, se determina el funcionamiento efectivo del prototipo, puesto que se relacionan las variables de temperatura, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento con la captación de agua, en la Tabla 3 se observa la ficha de análisis donde se determina que es un clima frío pero despejado, solo existen dos momentos relevantes en la captación de agua, uno entre las 07:00 pm y las 07:30 pm donde se observa una captación fuerte de 17.53 mm/h y otro entre las 08:30 pm a 09:00 pm donde muestra de 17.53 mm/h, este comportamiento tuvo una duración aproximada de una hora ya que a las 10:00 pm continúa con una precipitación de niebla débil debido a que la intensidad es menor a 2 mm/h, este análisis se puede determinar al verificar los datos de la Figura 9.

Tabla 2. Ficha de análisis de datos

Fecha: 10 de diciembre de 2022

Periodo: 6:00 pm a 11:00 pm

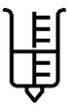
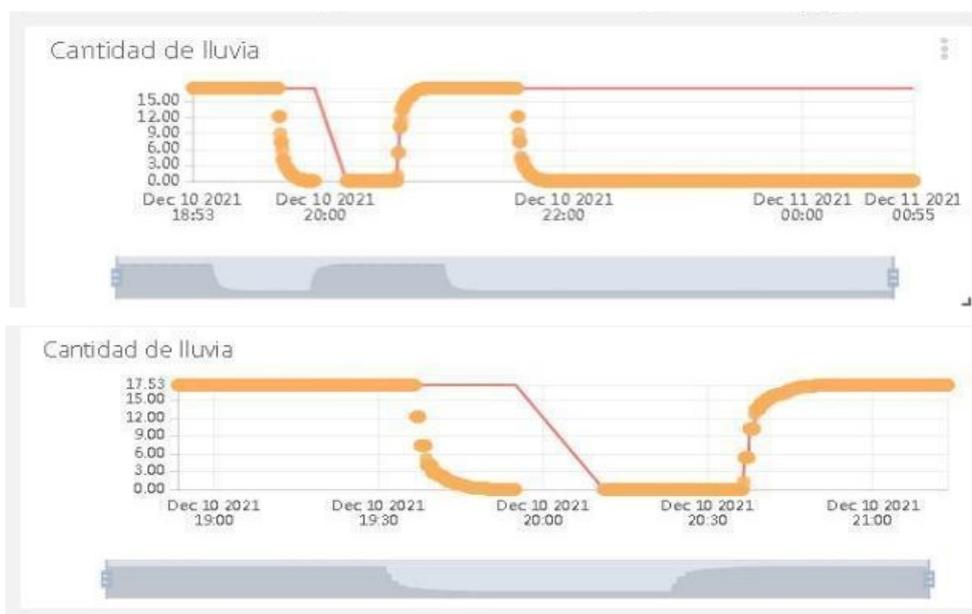
	Sensor	Lectura
	Temperatura	°C
	Humedad relativa	%
	Presión atmosférica	hPa
	Veleta de viento	Sureste
	Anemómetro	Km/h
	Pluviómetro	<17.53 mm/h

Figura 9. Análisis de cantidad de agua captada



Nota. En la primera gráfica se observa la hora y fecha de cada muestra respecto a los mm/h de agua captados por el pluviómetro, en la segunda gráfica se realiza una ampliación de la parte analizada (de 7:00 pm a 9:00 pm)

CONCLUSIONES

- La metodología de marco lógico permitió planificar de forma correcta y efectiva el proyecto, se logró al emplear herramientas de identificación y diagnóstico como el árbol de problemas y objetivos, logrando definir el contexto de la situación problema y los objetivos alcanzables por medio de procesos definidos, de igual manera, se obtuvo la viabilidad en términos de gestión del tiempo, recursos humanos, económicos y disponibilidad de equipos teniendo en cuenta la pandemia ocasionada por la enfermedad COVID-19.
- Se debe identificar el funcionamiento de cada sensor, con el fin de realizar una caracterización que permita que la tarjeta de adquisición de datos pueda procesarla de forma correcta y se entreguen datos confiables, algunas de las variables se compararon con otros sensores e instrumentos de medición con el fin de verificar las lecturas y lograr calibrar los sensores.
- El protocolo de comunicación MQTT se definió en el proyecto puesto que es el indicado para aplicaciones IoT, se logró establecer un “topic” para cada variable definida (humedad, temperatura, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica y medición de cantidad de agua captada), permitiendo que el sistema de información fuera óptimo y se implementará con sencillez, además de que se puede implementar en dispositivos de baja potencia permitiendo el desarrollo del prototipo de bajo costo en términos de menos consumo de energía, ya que este debe estar activo en un periodo de tiempo largo para obtener las mediciones correctas.
- Se utilizó el broker mosquitto como gestor de información, ya que es de código abierto, no requiere de grandes recursos en los dispositivos de procesamiento, para el caso la raspberry pi 4 con su sistema operativo raspbian, de igual manera, al utilizar node-red se logró realizar la captura de información por topics y su posterior visualización en su dashboard de forma local y por medio de ubidots se logró ver de forma remota.
- El uso de software y hardware libre es de vital importancia cuando se realiza un prototipo de bajo costo, así mismo, al determinar estrategias, protocolos y métodos que impliquen un bajo consumo de procesamiento y energía eléctrica, se logra consolidar un sistema eficiente y de fácil acceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Algunos ejemplos de referencias a considerar:

- R. G. Gallager, Principles of Digital Communication. New York: Cambridge University Press, 2008.
- C. Obando, "Influencia del agua en el desempeño de los pavimentos: lluvia acida," Investigación e Innovación en Ingenierías, vol. 5, no. 2, pp. 190 - 207, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.5.2.2761>
- J. Areito Bertolín y A. Areito Bertolín. (2009, abr). Test de penetración y gestión de vulnerabilidad, estrategia clave para evaluar la seguridad. Revista Española de Electrónica [En línea]. (653), 1. Disponible en: http://www.redeweb.com/txt/653/abril_2009.pdf
- H. Wells, "Transportación cuántica," presentado en 2ª Conferencia Internacional de Física cuántica aplicada, Boston, USA, febrero, 1954.
- S. Ortega, "Descubrimientos en crimen electrónico," presentado en Conferencia internacional para la investigación del crimen 2007. [En línea]. Marzo, 2001. Disponible: <http://www.iconocast.com/S00008/G6/News1.htm>
- J. O. Williams, "Narrow-band analyzer," Tesis Ph.D., Dept. Ing. Eléc., Univ. Harvard, Cambridge, MA, 1993
- Aranguiz, G., & Morales, F. (2009). Aplicación sistema de atrapanieblas en el norte de Chile. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Antara Hinostroza, J. P., & Marquez Bravo, E. B. (2020). Evaluación de la eficiencia de la tecnología de atrapanieblas de tipo Raschell al 50% y 80% de porosidad en el cerro las Tunas para el riego de las áreas verdes de la Universidad Peruana Unión.
- Espinoza Peñaloza, J. R., Cabrera Cadena, E. E., Selaya Peralta, E., & Selaya Peralta, R. G (2018). Implementación de un neblinómetro automático para la estimación de la oferta de agua de niebla en la Cumbre de La Paz, Bolivia.
- IDEAM & Programa de Meteorología Aeronáutica. (s. f.). CLASIFICACIÓN DE LAS NIEBLAS. IDEAM.GOV.CO. Recuperado 25 de septiembre de 2021, de <http://bart.ideam.gov.co/infgen/claniebla.htm>
- Iglesia, M. M. (Febrero de 2019). Análisis de la simulación de dispositivos, circuitos y sistemas electrónicos para internet de las cosas (IOT). Obtenido de http://oa.upm.es/54136/1/TFG_MARIO_MARTIN_IGLESIA.pdf

- 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.
- Poveda, J., & Sanabria, J. C. (2017). Evaluación de la eficiencia de cinco materiales de malla para el sistema de atrapanieblas en el Municipio de Siachoque – Departamento de Boyacá. Tunja: UNAD. Obtenido de <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=%2Fbitstream%2F10596%2F13661%2F1%2F74339247.pdf>
- Reyes, P. A., López, D. M., Rubio, L. S., Aguilera, C. A., Rubio, J. O., & Jiménez, J. C. (2016). SISTEMA DE COSECHA DE AGUAS LLUVIAS CON ACUMULACIÓN EN CISTERNAS FLEXIBLES.(PASOS A SEGUIR PARA SU INSTALACIÓN). BOLETÍN INIA-Nº 321, 33.
- Schemenauer, R. S., & Cereceda, P. (1994). A proposed standard fog collector for use in high-elevation regions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 33(11), 1313-1322.
- Vistín, Daniel (2014) Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de agua por medio de dos tipos de neblinómetros en las tres cuencas de la parroquia achupallas, cantón alausi, provincia de Chimborazo. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3595/1/33T0130%20.pdf>
- Huertas Rodriguez Jennifer Paola, Molina Torres Paula Andrea (2016).Estudio De Prefactibilidad Para La Posible Implementación De Atrapanieblas En El Municipio De Ráquira.Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogota D.C. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3976/MolinaTorresPaulaAndrea2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutierrez Segales, J. P. (2019). Implementación De Un Prototipo De Una Red Inalámbrica De Sensores Biomédicos, Para La Adquisición Y Almacenamiento De Datos, Usando Cloud Computing, Para Pacientes En Casa. Obtenido De <Http://Repositorio.Unsa.Edu.Pe/Bitstream/Handle/Unsa/9899/Itgusejp.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y>
- Espinoza Peñaloza, J. R., Cabrera Cadena, E. E., Selaya Peralta, E., & Selaya Peralta, R. G (2018). Implementación de un neblinómetro automático para la estimación de la oferta de agua de niebla en la Cumbre de La Paz, Bolivia.

Carvajal Lopez, O., Ramirez Amaya, A., & Gamboa Riveros, H. M. (2020). Recolección de agua atmosférica para la subestación nueva esperanza de epm en el terreno canoas Minas en la vereda charquito, de soacha Cundinamarca.