



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

DISEÑO DE UN PICOSATÉLITE PARA EL MONITOREO Y PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE INCENDIOS FORESTALES

*Design of a picosatellite for monitoring and predicting
the behavior of forest fires*

MIGUEL FELIPE CANO BOGOTÁ¹, VALERIA NAVARRO LIZCANO²
Y RICARDO ANDRÉS SANTA QUINTERO³

Recibido: 29 de noviembre de 2022. Aceptado: 15 de enero de 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2023.v10.n19.a133>

RESUMEN

Actualmente, las altas temperaturas, la quema de residuos o el desecho de estos en áreas boscosas e incluso el uso de fuego para la renovación de la vegetación en la agricultura, han aumentado cada vez más la ocurrencia de incendios forestales, por lo que en esta investigación se propone el estudio de diferentes factores ambientales mediante una red descentralizada de CANSATs, debido a que mediante el monitoreo y análisis de los diferentes factores ambientales en tiempo real se puede favorecer a la toma de decisiones frente a situaciones de materialización del riesgo de incendio forestales. Un CANSAT consiste en una plataforma que emula un sistema espacial; en este caso, es un picosatélite que cabe en una lata de refresco, tienden a pesar entre 0,1 kg y 1 kg.

Palabras clave: Incendios Forestales; Predicción; Factores Ambientales; Monitoreo; Picosatélite; Conflagración; Algoritmos.

ABSTRACT

Currently, high temperatures, the burning of waste or waste disposal in forested areas and even the use of fire for the renewal of vegetation in agriculture have increasingly increased the occurrence of forest fires, so this research proposes the study of different environmental factors through a decentralized network of CANSATS, because through the monitoring and analysis of the different environmental factors in real time can be favored to make decisions in situations of materialization of the risk of forest fires.

Keywords: Forest Fires; Prediction; Environmental Factors; Monitoring; Picosatellite; Conflagration; Algorithms.

I. INTRODUCCIÓN

EL AUMENTO en la temperatura, la incidencia del fenómeno del “El niño” y algunas prácticas ciudadanas como la quema de residuos o el desecho incorrecto de basura en áreas boscosas, ha aumentado la posibilidad de ocurrencia de incendios

forestales[1][2][3][4], lo cual evidenció la importancia de buscar estrategias que prevengan y mitiguen este tipo de eventos forestales.

Por consiguiente se encontró una gran oportunidad de aplicación para los CANSATS estos son un tipo de pico satélite[5][6] del tamaño de una

1 Estudiante de Ingeniería de sistemas, Universidad Libre. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6852-0841> Correo electrónico: Miguelcanob@unilibre.edu.co

2 Estudiante de Ingeniería de sistemas, Universidad Libre. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4774-6523> Correo electrónico: Valeria-navarro@unilibre.edu.co

3 Magister en tecnologías digitales aplicadas a la educación. Especialista en Gerencia de proyectos de Sistemas. Ingeniero de sistemas. Docente de ingeniería de sistemas, Universidad Libre. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8399-2425> Correo electrónico: ricardo.a.santaq@unilibre.edu.co

lata de refresco de 66 mm de diámetro y 115 mm de altura, con una masa de entre 300 y 350 gramos, cuyo objetivo es cumplir una misión que conlleve recolección, transmisión y almacenamiento de datos por medio de los diferentes sensores que se pueden añadir al CANSAT, se considera que es una solución de bajo costo y tiempo de elaboración que además, puede ser implementada casi que en cualquier lugar debido a sus dimensiones, escalabilidad y adaptabilidad.

Con base a ello, se propone estudiar y diseñar una solución que facilite el monitoreo y predicción del comportamiento de un incendio forestal[7][8][9][10][11], esto mediante el uso de los dispositivos CANSAT, los cuales conformarán una red descentralizada cuya función será la recopilación de los factores ambientales que permitirán monitorear y predecir en tiempo real.

Adicionalmente, su desarrollo lógico y predictivo presenta una gran oportunidad para dar nuevas aplicaciones a los CANSAT[12], gracias a que existen antecedentes sobre soluciones a problemáticas con características similares, como por ejemplo, el desarrollo de un software controlador y de monitoreo dirigido a zonas de vegetación, el cual tiene como objetivo presentar una supervisión en tiempo real mediante una cámara, además de implementar un modelo de predicción enfocado en la cosecha, que hace uso de diferentes sensores y medidores de factores ambientales[13]. Este tipo de precedentes abre un camino en la recopilación de variables ambientales para el desarrollo de investigaciones como la que se expone en este escrito.

Por otro lado es pertinente resaltar, que para la investigación se planteó teóricamente, que el intercambio y recopilación de datos se basará en una red descentralizada, la cual estará estructurada por cuatro nodos, que serán tres CANSAT y una base terrena, además de implementar este tipo de arquitectura asegurará que la recolección de las diferentes mediciones no sea interrumpida por el fallo de alguno de los nodos, al igual que se podrá acceder a la información recaudada desde cualquier otro dispositivo perteneciente a la red, lo cual posibilita que el monitoreo se desarrolle sin interrupciones[14].

De igual manera para llevar a cabo la elaboración del modelo predictivo, se planteó la implementación de algoritmos de aprendizaje no supervisados, que

gracias a que basan su proceso de entrenamiento en datos que no cuentan con una categorización previamente definidas facilitará encontrar relaciones y/o patrones entre las diferentes mediciones acumuladas, en los cuales se basará la predicción del comportamiento del incendio.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

Para la construcción del CANSAT se seleccionaron componentes específicos que facilitarán la recolección de los factores ambientales y el debido proceso de intercambio y accesibilidad de los datos, basado en esto se eligieron los siguientes elementos:

ESP32: Un microcontrolador compatible con el lenguaje de programación de arduino, una adaptación basada en el lenguaje de C++, este microprocesador facilitará la accesibilidad de los datos, gracias a que cuenta con conexión Wifi y hasta un servidor web en el que se montó una página desarrollada en HTML, por la cual visualizar la información que se ha recolectado en tiempo real, adicionalmente el ESP32 también cuenta con un sensor de temperatura, que facilitará la medición de una de las variables ambientales más influyentes dentro del incendio forestal.

NEO06MV2: Este módulo permitirá contar con un sistema de posicionamiento global por el cual supervisar la ubicación del CANSAT en vivo.

MPU: Este Microchip cuenta con un acelerómetro y giroscopio MEMS, que posibilitaron conocer en cada momento la orientación y aceleración del pico satélite.

BMP180: Un sensor de presión Barométrica, por el cual se recolecta las diferentes medidas de este factor ambiental para luego ser almacenado.

MQ135: Este sensor permitirá captar y monitorear qué tantos ppm (Partes por millón) de gases han contaminado, el aire durante el desarrollo del incendio forestal.

Además, es necesario resaltar, que toda la información recopilada se almacena en una base de

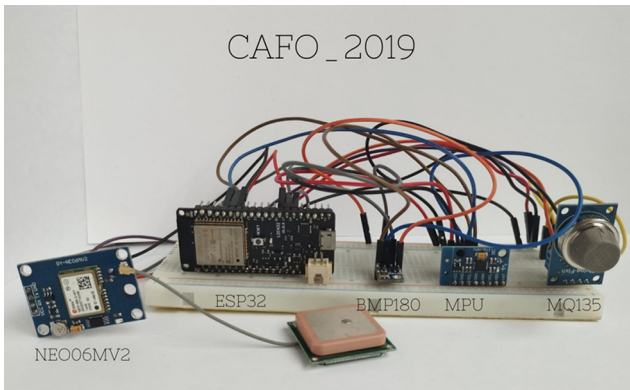


Fig. 1. Ensamble del circuito con todos los componentes.
Elaboración propia.

datos de FireBase, un producto de google que permite el desarrollo de aplicaciones web y móviles en un servicio cloud, sin embargo, para objetos de la investigación solo se usa el servicio ya mencionado. Al usar esta utilidad de FireBase, se logra guardar toda la información recolectada por cada uno de los CANSAT en tiempo real, esto por medio del servicio de conexión Wifi con el que cuenta el microcontrolador ESP32, incluido en cada uno de los Pico satélites.

Por otro lado, como ya se mencionó, se plantea utilizar un red descentralizada para obtener una gran variedad de datos desde diferentes lugares, en base a esto una se identificó que una red P2P sería el modelo descentralizado más óptimo para implementar en el proyecto, debido a que este tipo de arquitectura se caracteriza por que cada uno de los dispositivos (Nodos) conectados a esta, actúan simultáneamente como clientes y servidores frente a los demás nodos de la red, gracias a esto el intercambio de datos se logrará realizar de manera directa entre estos, además de que en caso de alguno falle la el intercambio y acceso a la información se podrá realizar de normalmente.

Bajo esta misma línea, se proyecta usar algoritmos de aprendizaje no supervisado para predecir el comportamiento del incendio forestal, puesto que gracias a las categorías de asociación y agrupación que componen este tipo de algoritmos, se logrará establecer relaciones entre la gran cantidad de información recopilada, al igual que identificar patrones entre estos datos, que carecen de una categorización específica predefinida.

B. Métodos

En cuanto a la metodología este proyecto se encuentra enmarcado dentro de la investigación aplicada, ya que esta busca la solución de un problema real, basado en la investigación básica, permitiendo aplicar soluciones de manera práctica con los conocimientos teóricos, mediante el análisis y estudio del problema.

Para el desarrollo del proyecto se utilizará la metodología SCRUM, puesto que tiene un alto grado de flexibilidad en la adopción de cambios y nuevos requisitos durante el desarrollo de proyecto, lo que permitirá modificarlo según vayan surgiendo nuevas necesidades o conflictos gracias a que se basa en gran parte en prueba y error; para su implementación se deben tener en cuenta diferentes elementos del sprint el cual se refiere al periodo en el que se realizan todas las acciones pactadas en el Sprint Backlog, que supone entregas parciales para ir testeando el producto final[15].

III. RESULTADOS

A. Fase 1 diseño y ensamble del circuito lógico

Durante la fase inicial de la investigación se seleccionaron los componentes más óptimos para cumplir con los objetivos de la investigación, con base a este conjunto elementos, se procedió a realizar el diseño del circuito lógico por el cual se conectarán todos los sensores al microcontrolador ESP32.

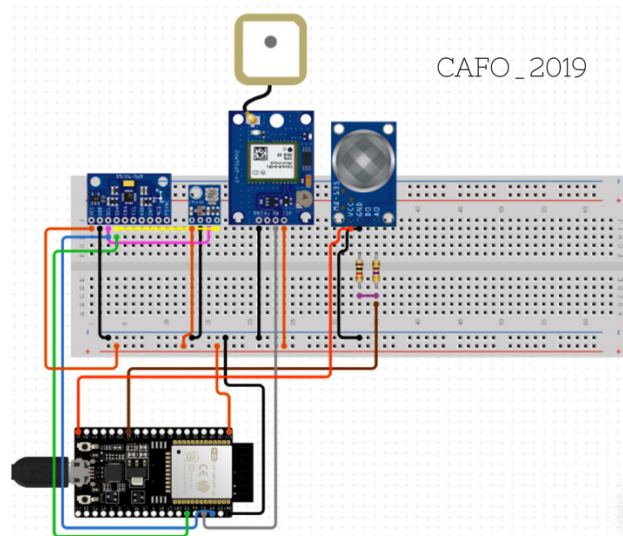


Fig. 2. Diseño lógico elaborado en la herramienta Circuit.io.
Elaboración Propi.

Posteriormente bajo este diseño, se realizó el ensamble de dicho circuito en una protoboard, luego se inició un proceso de pruebas enfocadas en que la información recolectada no contuviera corrupción de datos y el funcionamiento de los sensores sea constante y sin fallos.

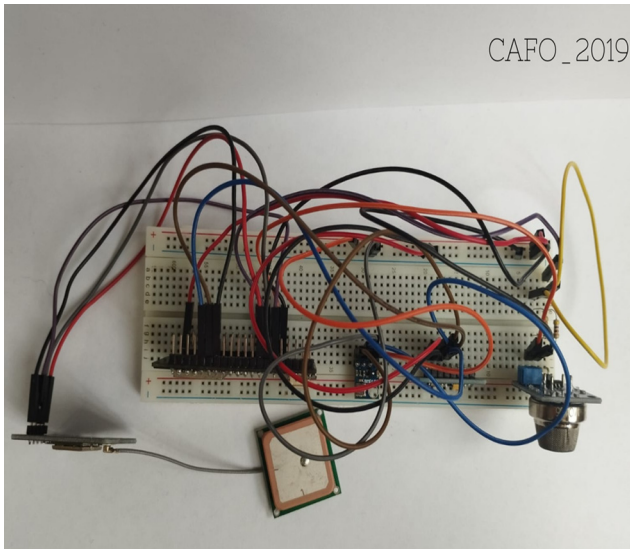


Fig. 3. Ensamble del circuito lógico. Elaboración Propia.

B. Fase 2 diseño y desarrollo del software

En segunda instancia, para el funcionamiento de nuestro CANSAT ya ensamblado, realizamos el código en arduino que permite la recolección y visualización por consola de los diferentes factores ambientales monitoreados por los sensores en tiempo real.

Por último, diseñó una interfaz simple para el aplicativo web esto con el uso de arduino y HTML, integrando el código anterior para la visualización de los diferentes datos recopilados.

Para esta fase del proyecto se abordó dos maneras de poder acceder a esta información desde otros dispositivos; la primera, es conectándose directamente a la red que provee el CANSAT como cualquier otra red wifi y buscando su ip en el navegador se podrá entrar al aplicativo web; por otro lado, la segunda forma de acceder es por medio de alguna red wifi a la que se tenga conexión, pues se ingresa a ella desde el CANSAT y desde el dispositivo desde donde se quiere revisar la información, esta red le asigna una IP al CANSAT y esta es la que se coloca en el navegador permitiendo de igual forma ingresar al aplicativo web.

```

COM3
|
|
|
Air Quality: 113.27 PPM
Waiting...
Acceleration X: 0.00, Y: 0.00, Z: 0.00 m/s^2
Rotation X: 0.00, Y: 0.00, Z: 0.00 rad/s
Temperature: 36.53 degC

7
Lat: 4.700433 Lng: -74.121772 Speed: 1.33 SAT:7ALT:2564Temperature = 20.90 °C
Pressure = 75233 Pa
Altitude = 2441.93 meters
Pressure at sealevel (calculated) = 75234 Pa
Real altitude = 2494.72 meters

Air Quality: 244.41 PPM
Waiting...
Acceleration X: 0.00, Y: 0.00, Z: 0.00 m/s^2
Rotation X: 0.00, Y: 0.00, Z: 0.00 rad/s
Temperature: 36.53 degC

5
Lat: 4.700430 Lng: -74.121765 Speed: 0.81 SAT:5ALT:2564Temperature = 20.90 °C
Pressure = 75230 Pa
Altitude = 2442.46 meters
Pressure at sealevel (calculated) = 75225 Pa
Real altitude = 2495.24 meters

```

IV. DISCUSIÓN

La red de CANSATs que se establece brinda capacidades de monitoreo puntual, geocalizando[16] cada una de las variables monitoreadas y permitiendo medir el cambio de posición del fenómeno objeto de estudio. Como ya se dijo, el bajo costo de cada dispositivo CANSAT, sus variadas y fuertes capacidades de comunicación y su facilidad de localización e inserción en la red, hace posible tener datos de microzonas contiguas y extender los resultados a una zona de riesgo que sea objeto de investigación.

Es conveniente identificar que todos los CANSAT tienen un estándar de mensajes o interfaz de comunicación, que garantiza la interoperabilidad de los nodos sin importar la tecnología utilizada. En este caso, los 3 tipos de CANSAT cuentan con diferentes configuraciones de hardware y seguramente los nuevos nodos de la red podrán ser construidos con los componentes electrónicos disponibles en el futuro, incluyendo nuevos sensores y nuevas placas de control.

Su versatilidad se pone a prueba al llevar los datos históricos de las mediciones, a una base de datos que será la fuente para los procesos de monitoreo y predicción.

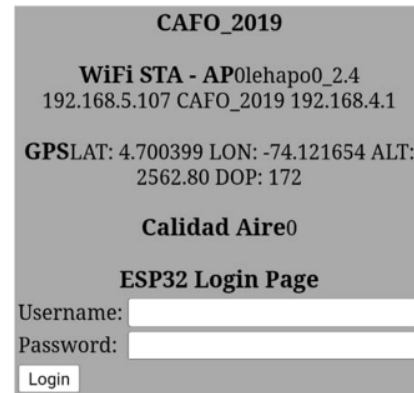
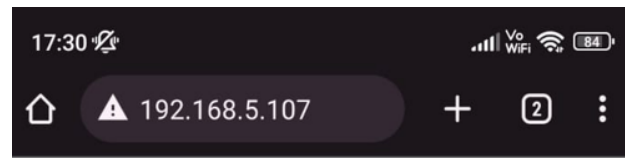


Fig. 4. Conexión a satélite y web expuesta por el CAFO 2019. Elaboración Propia.

El papel de la base terrena es fundamental en este sistema dado que realiza las consultas, recopilación, procesamiento y análisis de los datos para generar monitoreo y predicción usando los datos proporcionados por la red de pico satélites, sin embargo, debe aclararse que puede ser un conjunto de bases terrenas que interactúan con la red y

<https://ulibreapp-default-rtdb.firebaseio.com> > CAFO_2019-475... > RAW > 2022-11-23 22:4.

2022-11-23 22:46:00123-92

```

BMPAltura: 5025.1001
BMPPresion: 626.09998
BMPTemperatura: -41.9
Calidad_Aire: 0
GPSAltura: 2564.6001
GPSLat: 4.700398
GPSLon: -74.121612333
Hall: 670.20001
Humedad: 29.01
Temperatura: 68
UV: 5
    
```

Fig. 5. Datos recopilados por la base terrena. Elaboración Propia.

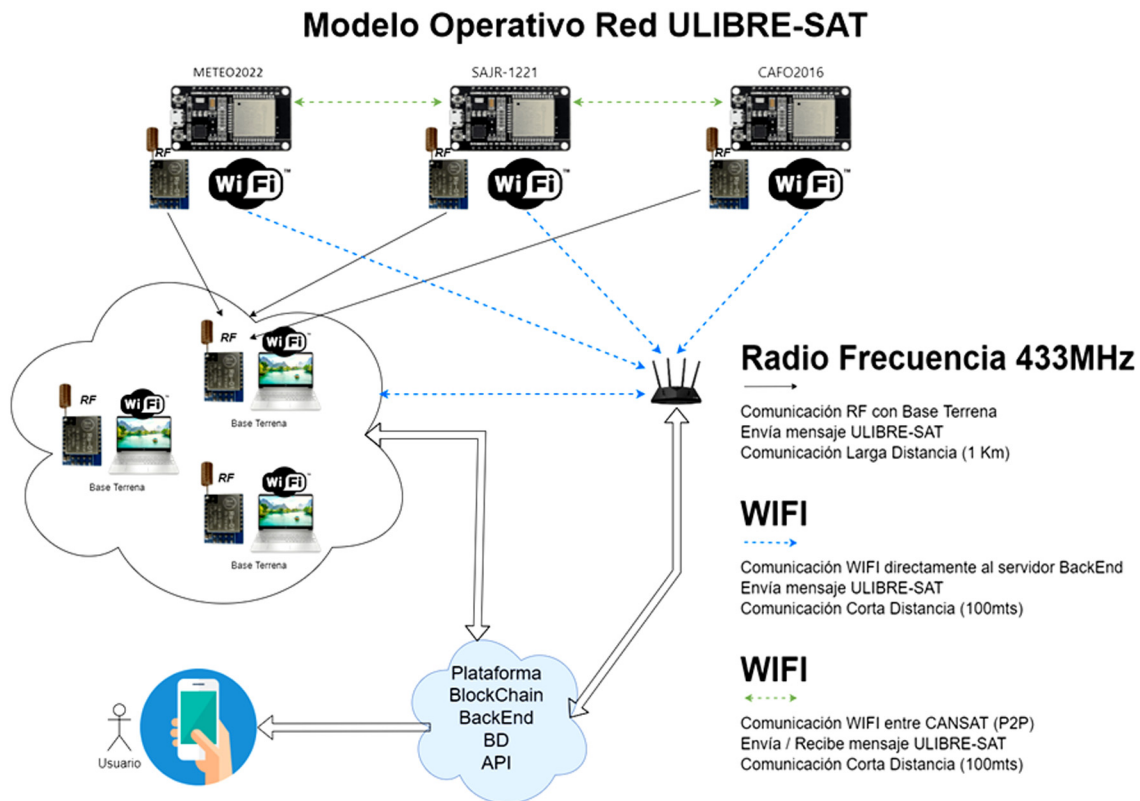


Fig. 6. Modelo operativo Red U Libre-SAT. Elaboración Propia.

que pueden estar al alcance de uno de los nodos. Esto implica que también, en el futuro, se podrá tener una red de bases terrenas que garanticen la redundancia y la tolerancia a fallas para el sistema de monitoreo y predicción.

Se observa en este diagrama que de forma independiente, se plantea una plataforma blockchain que brinde las funcionalidades para la gestión de activos digitales firmados, que en este caso corresponde a los mensajes estándar de los CANSAT.

V. CONCLUSIONES

El diseño de una red descentralizada permitirá seguridad, inmutabilidad y disponibilidad ininterrumpida de la información, por ende, el desarrollo de este proyecto favorecerá la toma de decisiones eficientes frente a situaciones de materialización del riesgo de incendio forestales.

Además, la construcción de una red de pico satélites ha permitido verificar las características de

redundancia y su fortaleza antes fallas de los nodos, puesto que al realizar las pruebas de transmisión de datos y de acceso a las mediciones de las variables monitoreadas se alcanzaron resultados satisfactorios.

REFERENCIAS

- [1] IDIGER. (2020). Institución Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. Institución Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático: idiger.gov.co/rincendiof#:~:text=Entre%202010%20y%202020%2C%20se,incendios%20forestales%20con%2039%20eventos
- [2] CDPMIF. (2019). Bomberos de Bogotá. <https://www.bomberosbogota.gov.co/sites/default/files/documentos/Informe%20de%20Gesti%C3%B3n%20Anual%20de%202019.pdf>
- [3] El tiempo. Humo de los incendios para deforestar la amazonia viene en camino a Bogotá. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/incendios-forestales-el-humo-llegara-a-bogota-en-proximos-dias-649319>. 2022.

- [4] El Tiempo. Incendio en Soacha. <https://www.eltiempo.com/bogota/incendio-en-soacha-destruyo-ocho-viviendas-y-un-menor-fallecio-648629>. 2022.
- [5] Á. Colín, Picosate?lites cansat: una herramienta para la educacio?n en ciencias del espacio. *Ciencia UANL*, 9-16. 2016.
- [6] Z. G. Sebastián, Construcción de prototipo de CANSAT para toma de imágenes aéreas para detección de zonas de vegetación en agricultura de precisión. Obtenido de publicacionesfac: <https://publicacionesfac.com/index.php/cienciaypo deraereo/article/view/709/100>. 2021.
- [7] J. G. Goldammer, B. S. Lee, S. J. Titus. Modelos para la predicción de incendios forestales en Whitecourt Forest, Canadá. https://www.researchgate.net/publication/28052588_Dos_modelos_para_la_prediccion_de_incendios_forestales_en_Whitecourt_Forest_Canada
- [8] C. Cucaita & J. Rodríguez, Sistema para el Monitoreo y Detección de Incendios Forestales en los Cerros Orientales de Bogotá. Repositorio institucional de la universidad distrital Francisco Jose de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13918>. 2018.
- [9] K. Guerrero, Sistema monitoreo y alerta temprana de incendios forestales, estructurales y cobertura vegetal en la ciudad de santa marta. Repositorio institucional UCC. http://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6942/1/2019_sistema_alerta_incendios_SantaMarta.pdf. 2018.
- [10] M. Alfonso & M. Montealegre, Influencia de la topografía en la severidad de un incendio Forestal de bosque seco tropical en la cuenca alta del río Magdalena Repositorio Universidad Distrital. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/26465/AlfonsoMartinezMariaFernanda%2cMontealegreRamirezManuelFelipe2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y> 2021.
- [11] A. Osorio Mosquera & D. Toriniano Jiménez, Análisis de la ocurrencia de incendios en la Orinoquia colombiana durante la cuarentena obligatoria por COVID-19 a través de teledetección óptica y de radar. Repositorio digital tdea. Obtenido de <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/1434>. 2020.
- [12] M. Denham. Predicción de Incendios Forestales Basada en Algoritmos Evolutivos Guiados por los Dato <https://1library.co/title/prediccion-incendios-forestales-basada-algoritmos-evolutivos-guia-dos-datos>. 2021.
- [13] C. Vega García, P. M. Woodard. Modelos para la predicción de incendios forestales. Obtenido de researchgate: https://www.researchgate.net/publication/28052588_Dos_modelos_para_la_prediccion_de_incendios_forestales_en_Whitecourt_Forest_Canada. 2021.
- [14] J. S. Hurtado, Qué son las DApps o Aplicaciones Descentralizadas y varios ejemplos: <https://www.iebschool.com/blog/dapps-o-aplicaciones-descentralizadas-que-son-y-como-funcionan-finanzas/>. 2022.
- [15] J. S. Hurtado, Cómo funciona la Metodología Scrum: Qué es y cómo utilizarla: <https://www.iebschool.com/blog/metodologia-scrum-agile-scrum/>. 2021.
- [16] S. Viñas. Mapas en 3D que avanzan cómo se va a comportar el fuego para ayudar a prevenir y actuar contra los incendios. https://www.espanol.com/invertia/disruptores-innovadores/innovadores/tecnologicas/20220814/mapas-avanzan-comportar-ayudar-prevenir-actuar-incendios/693930685_0.html. 2022.

