



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**PROYECTO DE IMTC**

**ACTIVIDAD FUNDAMENTAL 4:**  
**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

**EQUIPO 05**

<b>MATRÍCULA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>PE</b>
<b>1966252</b>	<b>CONSTANTE MALDONADO KEVIN YAIR</b>	<b>IMC</b>
<b>1964189</b>	<b>MORALES ESCOBEDO ERICK RUBEN</b>	<b>IMC</b>
<b>2078113</b>	<b>SANCHEZ MELENDEZ OSWALDO</b>	<b>IMC</b>

**TÍTULO DEL PROYECTO:**

**“IoT Autonomous Fire Detection and Firefighting Robot”**

**ASESOR: DR. ERICK DE JESÚS ORDAZ RIVAS**

**GRUPO: 008      HORA: MARTES V1**

**SEMESTRE: ENERO - JUNIO 2025**

**FECHA DE ENTREGA: 13 DE FEBRERO DEL 2025**

**CIUDAD UNIVERSITARIA A 13 DE FEBRERO DEL 2025**

## **Objetivo**

El estudiante será capaz de investigar y analizar antecedentes técnicos y científicos relevantes al tema del proyecto, construyendo un marco teórico sólido que respalde la propuesta del sistema mecatrónico a desarrollar.

## **Resumen**

Esta revisión bibliográfica se realizó con un propósito dirigido a dos enfoques principales: primero, identificar soluciones previamente desarrolladas que abordan la problemática de detección y respuesta ante incendios; segundo, analizar arquitecturas y tecnologías aplicadas en proyectos similares, aunque con diferentes propósitos, para evaluar su aplicabilidad en nuestra propuesta.

Las áreas clave investigadas abarcan tecnologías para la detección de incendios, implementación de redes IoT, sistemas de posicionamiento GPS y arquitecturas de vehículos autónomos. En particular, se exploraron enfoques innovadores para la detección temprana de incendios mediante sensores combinados, redes neuronales y algoritmos de lógica difusa, así como estrategias de navegación y control de vehículos autónomos mediante GPS para la respuesta rápida ante emergencias.

Entre los hallazgos más relevantes se destaca la importancia de diseñar sistemas robustos y eficientes que integren múltiples sensores y tecnologías avanzadas de procesamiento de datos para garantizar la fiabilidad en la detección de incendios. Además, se identificaron diversas arquitecturas de IoT para la transmisión y procesamiento de datos, resaltando la relevancia de la comunicación en tiempo real y la gestión eficiente de recursos. También se analizaron distintas estrategias de navegación autónoma que optimizan el desplazamiento de vehículos en terrenos complejos mediante algoritmos y tecnologías de geolocalización.

Esta revisión no solo proporciona un panorama integral de los avances tecnológicos en estas áreas, sino que también sirve como base para la selección de enfoques adecuados para la implementación de nuestro proyecto, alineando las mejores prácticas y soluciones innovadoras con nuestros objetivos específicos.

## Introducción

Los incendios representan una amenaza significativa tanto para el medio ambiente como para la seguridad de las personas y la infraestructura. La detección temprana y la respuesta rápida son esenciales para minimizar daños y prevenir la propagación del fuego. Esta problemática es el eje central de este proyecto, que plantea el desarrollo de un sistema inalámbrico basado en IoT para el monitoreo y detección de incendios en distintos puntos. Además, se propone el uso de un vehículo autónomo equipado con una bomba de agua para responder de manera eficiente a la emergencia y mitigar las llamas. Para ello, tanto el vehículo como los puntos de monitoreo estarán equipados con módulos GPS, lo que permitirá una navegación precisa y coordinada.

Con este proyecto en mente, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica con el objetivo de conocer y analizar distintos enfoques y tecnologías aplicadas a vehículos autónomos y sistemas de detección de incendios. La importancia de esta revisión radica en la posibilidad de identificar tendencias tecnológicas y evaluar la efectividad de cada enfoque, con el fin de seleccionar estrategias adecuadas para la implementación en nuestro proyecto.

Los objetivos específicos de esta investigación son:

1. Examinar distintos métodos de detección de incendios utilizados en sistemas automatizados.
2. Analizar enfoques en sistemas de vehículos autónomos que utilicen GPS.
3. Evaluar diferentes arquitecturas de solución para abordar la problemática de detección y respuesta ante incendios.

Esta revisión bibliográfica proporcionará un marco de referencia sólido para el desarrollo del sistema, asegurando que la solución adoptada sea eficiente, innovadora y técnicamente viable.

## Revisión de antecedentes

ZigBee enabled IoT based intelligent lane control system for autonomous agricultural electric vehicle application.

(Publicado en julio del 2023)

El artículo presenta el desarrollo de un mecanismo inteligente de control de carril para tractores eléctricos en India, basado en tecnologías IoT y ZigBee. La propuesta consiste en mapear el terreno como un plano cartesiano, donde en cada punto (X,Y) se instala un nodo ZigBee que transmite su posición GPS al microcontrolador del tractor. A partir de esta información, el microcontrolador define y ajusta las trayectorias de movimiento del vehículo, permitiendo una navegación autónoma dentro de un área delimitada.

Aunque esta solución está diseñada para una necesidad diferente, presenta ciertas similitudes con la que estamos planeando, ya que implementa tecnologías de manera similar. Sin embargo, también existen diferencias en su aplicación y enfoque.

Development of an Early Fire Detection Technique Using a Passive Infrared Sensor and Deep Neural Networks

(Publicado en octubre del 2022)

Este artículo presenta un método de detección de incendios en tiempo real basado en la recolección de datos de un sensor PIR. El procesamiento de estas lecturas implica una transformación avanzada mediante el uso de wavelets, seguida de la generación de imágenes en formato RGB que se utilizan como entrada para una red neuronal convolucional profunda. Esta red clasifica los datos en tres categorías: sin movimiento (fondo), movimiento humano e incendio, diferenciando entre fuegos cuasi-estáticos y en expansión.

Los resultados experimentales destacan que la arquitectura ShuffleNet obtuvo la mayor precisión de predicción con un 87.8%. Además, la estrategia en tiempo real, operando a 12 cuadros por segundo, logró una precisión del 95.34% en detección de incendios y 92.39% en detección de movimiento humano. Este artículo representa un antecedente relevante en la detección de incendios, ofreciendo una perspectiva alternativa de arquitectura basada en redes neuronales para este propósito

## Smart Fire Detection and Deterrent System for Human Savior by Using Internet of Things (IoT)

(Publicado en septiembre del 2021)

El artículo presenta el desarrollo de un sistema inteligente de detección de incendios con mayor precisión que los sistemas basados en un solo sensor. Para lograrlo, propone el uso de tres sensores que trabajan en conjunto: un sensor de llama, un sensor de humo y un sensor de humedad. La combinación de estos dispositivos permite mejorar la fiabilidad en la detección de incendios y reducir falsas alarmas.

Además, el artículo plantea que los datos recopilados sean procesados mediante un sistema de lógica difusa basado en inteligencia artificial, lo que permite tomar decisiones más precisas según las condiciones del entorno.

Este enfoque representa un sistema robusto e inteligente para la detección de incendios, lo que lo convierte en un antecedente relevante para nuestro proyecto, especialmente en el desarrollo del componente de monitoreo y detección de fuego.

## An autonomous ground robot to support firefighters' intervention in indoor emergencies

(Publicado el 11 de enero del 2023)

Este artículo describe un proyecto basado en la construcción de un robot terrestre autónomo capaz de obtener datos en tiempo real sobre la ubicación y el entorno de incendios en interiores, así como el desarrollo y planificación de estrategias mediante el uso de un simulador que reproduce distintos escenarios de emergencia, esto con el fin de que los equipos de intervención puedan reducir sus tiempos de exposición, lograr un mejor entendimiento de la situación y proporcionar alternativas para esquivar áreas potencialmente peligrosas.

El robot consta de una arquitectura dividida en tres niveles: el nivel 0 corresponde a la etapa de potencia, el nivel 2 a la percepción y la comunicación, y el nivel 3 está disponible para futuras implementaciones. En cuanto a la capa de alimentación y actuación, el robot consta de dos motores de corriente continua (GM25-370), alimentados por tres baterías recargables de iones de litio de 3,7 V y 12.800 mAh y una batería de litio de 5V y 10.800

mAh para la carga útil, esto controlado por un interruptor. Por otro lado, el nivel 2, contiene un controlador de motor y dos microcontroladores (Arduino UNO WiFi REV2 Y Raspberry Pi 4). La placa Arduino genera las entradas de voltaje para los motores en base a los comandos recibidos mientras que la placa Raspberry Pi 4 realiza las tomas de decisiones, el accionamiento y las comunicaciones del robot con la estación base. Por último, el nivel 2 cuenta con seis sensores ultrasónicos que cubren el perímetro del robot y dos sensores ambientales, uno para medir la temperatura del aire y la humedad relativa y el otro para determinar la calidad del aire y medir la concentración de gases mientras que en la capa 3 está preparado para integrar cámaras térmicas, entre otras funcionalidades.

#### Implementing a Prototype Autonomous Fire Detecting and Firefighting Robot

(Publicado el 29 de mayo del 2023)

Este artículo presenta diferentes métodos para la detección de fuego destacando el uso de sensores infrarrojos en incendios de interiores. Además, propone una alternativa para el uso de redes neuronales convolucionales para el procesamiento de imágenes y detectar los incendios con ayuda de un sistema de visión.

El robot consta de tres sensores infrarrojos colocados en la parte lateral izquierda, derecha y superior, en conjunto con una bomba activada por un servomotor que accionará una inclinación hacia la dirección del incendio. En cuanto a la parte de actuación, el movimiento del robot está basado en dos motores DC conectados a un controlador, el cual se encarga de enviar señales para posicionar al robot en la dirección del incendio detectada por el sensor, posteriormente, se envía una señal para activar la bomba y apagar el incendio.

#### Diseño y prototipado de un robot explorador que soporte las actividades de los bomberos

(Publicado el 13 de diciembre del 2015)

El documento describe el diseño y el prototipo de una plataforma robótica (FireBot) cuyo sistema mecánico está basado en un sistema de orugas y una suspensión rocker-bogie. Además, cuenta con tres sensores de temperatura por infrarrojo para identificar zonas calientes, dos cámaras de resolución para tener un mayor control de la escena y una tarjeta de desarrollo ODROID-XU3 Lite capaz de procesar imágenes de video para

identificar fuego y alertar al controlador, la transmisión de vídeo y el control manual se realiza inalámbricamente (WiFi).

En resumen, FireBot es una plataforma diseñada para que sea capaz de acceder a espacios habitados como edificios y bodegas, planteando movimientos como subir escaleras, evitar obstáculos en el suelo y ser de un tamaño adecuado para pasar por lugares estrechos como puertas y pasillos.

#### Mobile robotic platform IoT-based for LP gas detection

(Publicado el 17 de julio del 2023)

Este artículo presenta el diseño de un robot móvil de bajo costo que utiliza plataformas IoT y diversos sensores que le permiten manejar de forma autónoma entornos controlados en los que al mismo tiempo pueden detectar la existencia de fugas de gas de licuado de petróleo. La plataforma en la nube permite almacenar los datos del sensor de gas LP y del GPS para la ubicación del robot, así como la transmisión de comandos entre el servidor y el vehículo mediante el uso de una aplicación móvil. El robot está constituido por una cámara que permite obtener video en tiempo real y monitorear el ambiente de inspección de manera remota.

En resumen, el robot abarca tareas como la detección de gas, evasión de obstáculos y el registro de ubicación GPS. Con respecto al hardware, el robot consta de un sensor ultrasónico, un sensor MQ-6 y un módulo GPS, los cuales se comunican a un ESP32, asimismo, las lecturas son enviadas y almacenadas en una base de datos Firebase. Esto con la finalidad de detectar una fuga de gas y enviar la ubicación a una base de datos IoT para que pueda ser consultada por una aplicación móvil.

#### Implementación de un prototipo de monitoreo para la visualización en tiempo real de vehículos utilizando GPS y ESP32

(Publicado el 13 de septiembre de 2024)

El artículo describe una solución para la supervisión continua de la ubicación de distintos vehículos, como prototipo se presenta un robot equipado con un ESP32 y un módulo GPS para rastreo en tiempo real. A través de una base de datos desde la plataforma ThingSpeak se procesaron las coordenadas con la ubicación del vehículo (latitud,

longitud, velocidad y altura). Algunos de los aspectos más destacados en este proyecto son la eficiencia energética del ESP32, la interactividad con el dashboard web y la precisión de la ubicación con el GPS.

### IoT Technology Based Fire-Fighter Robot

(Publicado en julio de 2020)

El artículo presenta un robot bombero basado en IoT diseñado para detectar y extinguir incendios de manera eficiente, reduciendo los riesgos para los bomberos en situaciones peligrosas. El sistema combina operación autónoma y control remoto, lo que permite intervenir en diferentes escenarios según la disponibilidad de un operador. El robot puede operar en dos modos. En el modo autónomo, si no recibe instrucciones en un tiempo determinado, actúa por sí mismo utilizando sensores y procesamiento de imágenes para localizar y extinguir el fuego. En el modo manual, un operador puede controlarlo de forma remota a través de una aplicación, visualizando el entorno mediante una cámara integrada y eligiendo el mejor método de extinción.

El núcleo del sistema es un Raspberry Pi 3 B+, que gestiona la comunicación con el operador a través de Wi-Fi y permite la transmisión en vivo de la zona afectada. Además, el robot está equipado con sensores de llama para detectar incendios y sensores ultrasónicos para evitar obstáculos. Cuando el sensor de llama detecta fuego, envía una alerta a la aplicación del operador. Si el operador está disponible, puede manejar el robot y decidir cómo extinguir el incendio. Si no hay respuesta, el robot se desplaza de forma autónoma hacia la zona afectada y aplica el método de extinción adecuado. Para determinar la ubicación exacta del fuego, el robot emplea algoritmos de procesamiento de imágenes con OpenCV.

### IoT based guided fire fighting vehicle

(Publicado en mayo de 2022)

El artículo presenta un vehículo bombero guiado basado en IoT, diseñado para detectar y extinguir incendios en entornos domésticos e industriales, reduciendo el riesgo para los bomberos. Este sistema combina la detección automática de incendios con el control



remoto por parte del usuario, permitiéndole dirigir el vehículo hacia la zona afectada y gestionar el proceso de extinción de manera eficiente. El funcionamiento del sistema inicia cuando el sensor de llama detecta un incendio y envía una alerta al usuario a través de un módulo GSM. A partir de esta notificación, el operador puede guiar el vehículo hasta la ubicación del fuego utilizando la aplicación Blynk y una cámara integrada que transmite en tiempo real. Una vez en posición, el usuario puede ajustar la dirección y la intensidad del chorro de agua mediante un servomotor conectado a la manguera de extinción.

El prototipo está basado en un Arduino UNO, acompañado de un módulo ESP32-CAM para la transmisión de video en vivo y un sensor ultrasónico para evitar obstáculos. La comunicación con el usuario se establece a través de IoT, permitiendo el control remoto desde cualquier parte del mundo. Además, el sistema incluye un sensor de nivel de agua para asegurar un suministro adecuado durante la extinción del incendio y un módulo GSM como respaldo en caso de fallos en la conexión a Internet.

### **Análisis Comparativo**

Los artículos revisados presentan diversas aproximaciones a la detección y extinción de incendios mediante robots autónomos y sistemas IoT. Algunas soluciones están enfocadas en la detección temprana de fuego utilizando sensores y redes neuronales, mientras que otras proponen el uso de vehículos autónomos equipados con GPS para una mejor movilidad y localización en espacios grandes.

Entre las soluciones basadas en IoT y sensores, destacan los estudios "Smart Fire Detection and Deterrent System for Human Savior by Using IoT" (2021) y "Development of an Early Fire Detection Technique Using a Passive Infrared Sensor and Deep Neural Networks" (2022), que emplean sensores de llama, humo y humedad, así como sensores PIR combinados con redes neuronales para mejorar la precisión en la detección de incendios. Sin embargo, estos sistemas son principalmente pasivos, ya que se limitan al monitoreo y detección sin capacidad de intervención autónoma.

En cuanto a los robots autónomos para la extinción de incendios, los proyectos "Implementing a Prototype Autonomous Fire Detecting and Firefighting Robot" (2023) y

"An autonomous ground robot to support firefighters' intervention in indoor emergencies" (2023) presentan enfoques en los que los robots móviles pueden detectar incendios y desplazarse de forma independiente. Mientras que el primero se basa en sensores infrarrojos, el segundo integra procesamiento de imágenes y múltiples sensores ambientales para una mejor evaluación del entorno.

Algunas soluciones incluyen sistemas con GPS para mejorar la navegación, como el "ZigBee enabled IoT based intelligent lane control system for autonomous agricultural electric vehicle application" (2023), que utiliza nodos ZigBee para mapear el terreno y guiar el vehículo. De manera similar, "Mobile robotic platform IoT-based for LP gas detection" (2023) combina IoT y GPS para registrar la ubicación del robot mientras detecta fugas de gas.

Por otro lado, existen sistemas que combinan el control remoto y la operación autónoma, como "IoT Technology Based Fire-Fighter Robot" (2020) y "IoT based guided fire fighting vehicle" (2022). Estas soluciones emplean cámaras y aplicaciones móviles para que un operador pueda controlar el sistema de extinción a distancia, logrando una mayor eficiencia y adaptabilidad en distintos escenarios de incendio.

### **Ventajas y Desventajas**

<b>Tecnología</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Sensores de fuego y humo	Detección temprana y reducción de falsas alarmas	No pueden actuar sobre el incendio
Redes neuronales	Alta precisión en clasificación de incendios	Alto costo computacional
Vehículos autónomos con sensores infrarrojos	Navegación independiente	Limitaciones sin GPS
GPS y ZigBee	Precisión en navegación	Requiere infraestructura adicional
Control remoto por IoT	Facilita monitoreo en tiempo real	Depende de conectividad estable

Este proyecto se distingue por la integración de un sistema de navegación GPS, combinando con modelos de inteligencia artificial para lograr una navegación autónoma y una detección más precisa. Además, optimiza la extinción del fuego mediante estrategias adaptativas. La incorporación de tecnología IoT garantiza una mejor coordinación en tiempo real entre el robot y el desarrollo del incendio.

## **Conclusiones**

### **Constante Maldonado Kevin Yair**

Una vez que se ha llevado a cabo la búsqueda de antecedentes, se puede concluir que existe una base sólida de proyectos que utilizan el concepto del robot contraincendios, sin embargo, cada uno de ellos se han focalizado en alguna aplicación específica, además de utilizar tecnologías específicas como lo son Zigbee. Sin duda, esta búsqueda nos ha permitido analizar el estado actual del desarrollo que se tiene de los robots contraincendios, de esta manera, podemos observar aquellas áreas de oportunidad que se han presentado en los diversos proyectos y acatarlas para proponer alguna solución que le dé fin a estas limitaciones.

### **Morales Escobedo Erick Rubén**

Tras realizar la investigación, se ha concluido que la detección temprana de incendios, la presencia de obstáculos, la navegación autónoma y el procesamiento de datos pueden representar desafíos significativos para cumplir con el propósito del proyecto. Se han encontrado documentos importantes que abordan ciertos obstáculos que podrían surgir en el futuro, como la precisión en las coordenadas del GPS, el rango de detección de las llamas, el manejo de la trayectoria del robot, la selección del controlador, y los sistemas de percepción, sensores y actuadores adecuados. Por último, contar con conocimientos sobre el uso de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y las redes neuronales aumenta las expectativas para desarrollar una alternativa innovadora ante la problemática inicialmente propuesta.

### **Sánchez Meléndez Oswaldo**

Tras realizar esta revisión bibliográfica, pude apreciar que existen diversos desarrollos enfocados en abordar la problemática que buscamos resolver, lo que nos motiva a desarrollar una propuesta propia que aporte valor y resultados relevantes. Además, fue

de gran utilidad analizar arquitecturas de vehículos autónomos, sistemas inteligentes para la detección de incendios y tecnologías IoT, ya que nos brindan una base sólida para conceptualizar la arquitectura de nuestro proyecto. En general, considero que la revisión estuvo bien orientada, ya que abarcamos aspectos clave como la navegación autónoma, la comunicación mediante IoT y la detección de incendios, todos fundamentales para el desarrollo de nuestra solución.

## Referencias

- Azeta, J., Ayoade, I., Nwakanma, C., & Akande, T. (2023). Implementing a Prototype Autonomous Fire Detecting and Firefighting Robot. MDPI. <https://doi.org/10.20944/preprints202305.2010.v1>
- Cortes, Á. J. B., Cruz, E. M., Barrientos, A. G., Jiménez, N. P., Almaraz, M. X. H., Flores, A. M., & Marroquín, A. (2023). Mobile robotic platform IoT-based for LP gas detection. LACCEI. <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.1470>
- Laínez Apolinario, W. P., & Navarrete Buste, G. E. (2024). Implementación de un prototipo de monitoreo para la visualización en tiempo real de vehículos utilizando GPS y ESP32 (Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana). Repositorio Digital UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/29212/4/UPS-GT005841.pdf>
- López-Prieto, J. F., Quijano, C. E., Moncayo, R. A., Piedrahita, J. H., Jiménez, J. D., Navarro, N. D., & Angarita, I. I. (2015). Diseño y prototipado de un robot explorador que soporte las actividades de los bomberos. Memorias.
- Palaniappan, A., Muthiah, R., & Sundaram, M. T. (2023). ZigBee enabled IoT based intelligent lane control system for autonomous agricultural electric vehicle application. SoftwareX, 23, 101512.
- Raafeek, A. R. M., Satheeskanth, N., Joy Mathavan, J., & Kunaraj, A. (2022). IoT based guided fire fighting vehicle. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1258, 012062. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1258/1/012062>
- Rehman, A., Qureshi, M. A., Ali, T., Irfan, M., Abdullah, S., Yasin, S., ... & Węgrzyn, M. (2021). Smart fire detection and deterrent system for human savior by using internet of things (IoT). Energies, 14(17), 5500.

- Talavera, N. F., Roldán-Gómez, J. J., Martín, F., & Rodriguez-Sanchez, M. C. (2023). An autonomous ground robot to support firefighters' interventions in indoor emergencies. *Journal Of Field Robotics*, 40(3), 614-625. <https://doi.org/10.1002/rob.22150>
- Vyshnavi, M. B., Satheesh, A., Suresh, S. S., & Manikandan, L. C. (2020). IoT Technology Based Fire-Fighter Robot. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 6(3), 934-941. <https://doi.org/10.32628/CSEIT2063187>
- Xavier, K. L. B. L., & Nanayakkara, V. K. (2022). Development of an early fire detection technique using a passive infrared sensor and deep neural networks. *Fire oTechnology*, 58(6), 3529-3552.

## **Anexos**

### **Repartición de tareas del equipo**

- Kevin Yair Constante Maldonado: Búsqueda de antecedentes relacionados con robots autónomos contra incendios con la capacidad de cambiar entre modos automáticos y manuales. Además de realizar el análisis comparativo entre todos los antecedentes recabados.
- Erick Rubén Morales Escobedo: Búsqueda de artículos relacionados con el diseño y prototipado de robots autónomos para combatir incendios y métodos para la detección de incendios (sensores UV, procesamiento de imágenes, sensores de gas, etc.).
- Oswaldo Sánchez Meléndez: Redacción del resumen e introducción y búsqueda de antecedentes sobre el uso de tecnologías IoT en vehículos autónomos y sobre sistemas de detección de incendios.