 **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**PROYECTO DE IMTC**

**ACTIVIDAD FUNDAMENTAL 5:**

**ANTEPROYECTO**

**EQUIPO 05**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **MATRÍCULA** | **NOMBRE** | **PE** |
| **1966252** | **CONSTANTE MALDONADO KEVIN YAIR** | **IMC** |
| **1964189** | **MORALES ESCOBEDO ERICK RUBEN** | **IMC** |
| **2078113** | **SANCHEZ MELENDEZ OSWALDO** | **IMC** |

**TÍTULO DEL PROYECTO:**

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

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

**GRUPO: 008 HORA: MARTES V1**

**SEMESTRE: ENERO - JUNIO 2025**

**FECHA DE ENTREGA: 18 DE FEBRERO DEL 2025**

**CIUDAD UNIVERSITARIA A 18 DE FEBRERO DEL 2025**

# Resumen

Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un sistema automatizado para la detección y respuesta ante incendios, compuesto por dos componentes principales: módulos de monitoreo y un vehículo de respuesta autónomo. Los módulos de monitoreo están diseñados para detectar incendios mediante sensores que monitorean variables clave, mientras que el vehículo autónomo se encarga de desplazarse hacia la localización del incendio y extinguirlo sin intervención humana.

Los objetivos preliminares incluyen el desarrollo e implementación de los componentes mecatrónicos necesarios para el funcionamiento del sistema, abarcando áreas como la mecánica, la electrónica y el control. Además, se busca integrar estos componentes en un sistema automatizado que permita la operación conjunta de los módulos de monitoreo y el vehículo autónomo.

La justificación principal de este proyecto radica en que el desarrollo de una solución completamente autónoma que elimine la necesidad de intervención humana resulta en una propuesta de valor significativa. Al automatizar la detección y la respuesta ante incendios, se espera acelerar los tiempos de reacción, reduciendo los daños y salvaguardando la integridad de las personas.

Al finalizar el prototipo, se espera que los módulos sean capaces de detectar incendios con alta precisión y enviar la señal correspondiente a la nube, que alertará al vehículo. Además, el vehículo será capaz de recibir la señal de alerta y desplazarse de manera autónoma hasta el incidente, esquivando obstáculos sencillos en un ambiente controlado.

# 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 evitar la propagación del fuego. Esta problemática cobra especial relevancia en la actualidad, donde factores como el aumento en la temperatura global y la creciente cantidad de dispositivos eléctricos conectados han incrementado la incidencia de incendios. Este proyecto aborda dicha problemática mediante el desarrollo de un sistema autónomo de detección y respuesta ante incendios.

El objetivo principal de este anteproyecto es delimitar los objetivos, alcances y actividades del proyecto, así como los recursos humanos, materiales y económicos necesarios para su ejecución dentro del marco del curso.

# Planteamiento del problema

Los incendios representan una de las amenazas más graves para las infraestructuras, los ecosistemas y la salud humana. La detección tardía y la falta de una respuesta inmediata dificultan enormemente la contención del fuego, lo que provoca daños irreparables que podrían haberse evitado. Aunque existen sistemas de detección y extinción de incendios en diversas instalaciones, muchos de estos dependen de sensores individuales o requieren intervención humana para su activación, lo que genera retrasos en la respuesta y limita su efectividad en situaciones de emergencia.

Las principales causas de los incendios incluyen factores naturales, como el cambio climático y las sequías prolongadas, así como factores humanos, tales como fallas en instalaciones eléctricas, negligencias o incendios provocados. La falta de automatización y conectividad en los sistemas tradicionales de detección de incendios es uno de los principales obstáculos, ya que reduce significativamente la eficiencia en la prevención y mitigación de los daños, especialmente en zonas de difícil acceso o cuando la intervención humana es limitada.

Este proyecto propone una solución innovadora que integra la detección automática de incendios y una respuesta autónoma mediante un vehículo equipado con capacidades de navegación. El sistema diseñado permite la detección temprana de incendios a través de módulos de monitoreo que analizan continuamente variables clave como la temperatura y los niveles de gases. En caso de detectar un incendio, el sistema no solo informa la situación, sino que activa un agente autónomo capaz de moverse hacia la localización del fuego y extinguirlo sin intervención humana directa. De esta manera, se optimiza la rapidez y precisión de la respuesta ante situaciones de emergencia, mejorando la seguridad y reduciendo los daños ocasionados por los incendios.

# Objetivos

## Objetivo General

Desarrollar un sistema autónomo de detección y respuesta ante incendios, compuesto por módulos de monitoreo y un vehículo de respuesta capaz de mitigar las llamas de manera eficiente.

## Objetivos Específicos

**Electrónico:** 1) Diseñar un sistema de detección de incendios basado en sensores de temperatura, humo y llama; 2) Integrar comunicación inalámbrica para el envío de alertas y monitoreo remoto; 3) Desarrollar un sistema de movilidad que permita al robot desplazarse de forma autónoma; 4) Establecer una unidad de control para el procesamiento de datos provenientes de los sensores; 5) Implementar un sistema de control para la activación y operación de la bomba de agua; 6) Implementar estrategias para la evasión de obstáculos; 7) Utilizar un sistema de alimentación eficiente que garantice un funcionamiento prolongado.

**Control:** 1) Desarrollar un algoritmo de procesamiento de datos para las lecturas de los módulos que determine la presencia de un incendio; 2) Integrar algoritmos de comunicación para la transmisión de datos desde los módulos hacia la nube y desde la nube hacia el vehículo; 3) Desarrollar un algoritmo de navegación autónoma para el vehículo, incorporando la capacidad de evasión de obstáculos; 4) Implementar un algoritmo de control para la activación y operación de la bomba de agua.

**Mecánico:** 1) Diseñar la estructura del robot autónomo considerando resistencia mecánica, estabilidad y capacidad de carga; 2) Desarrollar un mecanismo de mitigación de incendios que permita la dispersión de agua; 3) Garantizar la hermeticidad de la estructura del carrito para proteger la electrónica ante condiciones adversas y exposición al agua.

# Alcance

## Características del sistema

|  |  |
| --- | --- |
| Funcionalidad | Descripción |
| Movilidad y Navegación del Robot | * El robot se moverá libremente en un espacio sin interferencias * Utilizará datos de GPS para calcular la trayectoria óptima hacia el punto de incendio. * Será capaz de esquivar obstáculos y continuar con su destino previamente programado. * No será capaz de identificar entradas, salidas o caminos específicos, solo esquivará objetos detectados a cierta distancia. |
| Módulos de monitoreo | * Equipados con sensores de flama, humedad, humo y temperatura. * Su funcionamiento consta de un algoritmo de detección de incendios. * Serán capaces de enviar datos a un servicio cloud (Azure, Firebase, AWS, etc) * Solo enviarán datos al servidor cuando detecten un evento relevante. * El procesamiento de datos se realizará en el microcontrolador del módulo. |
| Comunicación y Procesamiento de Datos | * Los datos enviados por los módulos serán procesados en la nube. * El servidor enviará instrucciones al robot para actuar en caso de confirmar un incendio. * El robot seguirá un esquema FIFO (Primero en Entrar, Primero en Salir) en caso de múltiples eventos simultáneos. |
| Sistema de Mitigación de Incendios | * El robot contará con un mecanismo con bomba de agua para mitigar incendios. * Será capaz de responder ante incendios de demostración. * Dispondrá de un tanque de agua que requerirá de intervención manual para su rellenado. |

## Limitaciones y Alcances

* El robot no identificará entradas, salidas o rutas predefinidas, solo esquivará obstáculos.
* En caso de múltiples eventos simultáneos, el robot no ejecutará las acciones por prioridad, seguirá el orden FIFO.
* El sistema no contará con visión artificial como método para localizar el incendio.
* El robot no será capaz de recargar automáticamente su suministro de agua, requerirá intervención manual.
* El prototipo estará diseñado para operar en entornos con condiciones simuladas.
* No incluirá un sistema de recarga automática de energía, dependerá de mantenimiento manual.
* El sistema no cuenta con la capacidad de identificar materiales inflamables o evaluar riesgos adicionales en la zona del incendio.
* No contará con capacidades de comunicación en tiempo real en caso de pérdida con conexión con la nube.

# Justificación técnica

La detección tardía de incendios y la falta de una respuesta inmediata para mitigarlos representan una de las problemáticas más preocupantes en el diseño de infraestructuras modernas. Es crucial que estas estructuras sean seguras y cuenten con planes de emergencia altamente eficientes. Aunque actualmente existen sistemas de detección de incendios y planes de contingencia, la mayoría de ellos requieren la intervención de personal, lo que aumenta el riesgo de que se produzcan eventos más catastróficos.

La integración de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) aporta grandes ventajas para detectar incendios a tiempo y responder de manera inmediata. Gracias al análisis de datos en tiempo real, permite identificar focos de incendio con rapidez y mejorar la capacidad de reacción. Además, hace posible una monitorización constante del entorno y de los factores que influyen en la propagación del fuego. Con estas capacidades, el IoT no solo fortalece la seguridad de las instalaciones, si no que también la hace más eficiente ante situaciones de emergencia.

Por otra parte, la incorporación de un sistema de posicionamiento global (GPS) ofrece la posibilidad de localizar incendios con precisión, optimización la planificación y ejecución de estrategias de mitigación más efectivas. Además, esta tecnología abre la puerta al desarrollo de robots con navegación autónoma, capaces de desplazarse durante un incendio sin necesidad de intervención humana.

Con ayuda de estas tecnologías, se busca desarrollar un sistema autónomo de detección y respuesta ante incendios. Este sistema utilizará módulos de monitoreo distribuidos de manera remota, capaces de detectar un incendio y enviar su ubicación a un agente extintor autónomo (robot) quien procederá a mitigarlos sin necesidad de intervención humana.

Para garantizar que el robot pueda cumplir su objetivo sin interrupciones, es necesario incluir sensores de proximidad para detectar obstáculos que puedan intervenir en su trayectoria y así, desplazarse de manera eficiente, evitando colisiones con objetos, colisiones o personas.

Es importante destacar que existen otras tecnologías como la visión artificial y las redes neuronales que podrían optimizar aún más el funcionamiento del sistema. No obstante, la solución propuesta es suficientemente robusta para abordar la problemática en esta fase de prototipado. A medida que el proyecto avance, se podrán incorporar mejoras y actualizaciones para su implementación a nivel industrial o en sectores públicos.

En resumen, la propuesta busca reducir significativamente la exposición humana a situaciones de alto riesgo. Esta innovación tiene como objetivo mejorar la prevención y el control de incendios de manera más efectiva, contribuyendo a la protección de las personas y el medio ambiente, y minimizando el impacto de eventos catastróficos.

# Metodología

Para el desarrollo de la parte de control del proyecto, usaremos un modelo similar al modelo en cascada de desarrollo de software, específicamente estará dividido en 4 fases: a) Análisis – planificación, análisis y especificación de los requisitos; b) Diseño – diseño y especificación del sistema o algoritmo; c) Implementación – codificación; d) Validación y mantenimiento – integración, pruebas y correcciones.

1. Definición del proyecto, objetivos, presupuestos, metodología y planificación de actividades. **(10/02 – 16/02)**
2. Diseño y Construcción de la estructura mecánica del robot. **(16/02 – 10/03)**
3. Diseño y Construcción de la estructura mecánica de los módulos de monitoreo. **(16/02 – 10/03)**
4. Diseño e implementación de la electrónica en el robot. **(16/02 – 10/03)**
5. Diseño e implementación de la electrónica de los módulos de monitoreo **(16/02 – 10/03)**
6. Analizar y definir los algoritmos de control y procesos de comunicación necesarios, así como las tecnologías que se utilizarán y cómo se integrarán. **(18/02 – 03/03)**
7. Establecer la comunicación entre los módulos de monitoreo, el servicio en la nube y el robot, asegurando la transferencia eficiente de datos y señales de alerta. **(04/03 – 10/03)**
8. Validación de la integración del sistema mecánico y electrónico del robot. (**08/03 – 10/03)**
9. Diseñar e implementar el algoritmo de navegación para que el robot se desplace de su ubicación hasta el incendio de manera autónoma. **(11/03 – 14/04)**
10. Diseñar e implementar el algoritmo de procesamiento de datos de los módulos de monitoreo para detectar incendios. **(18/03 – 14/04)**
11. Diseñar e implementar el algoritmo de evasión de obstáculos. **(18/03 – 07/04)**
12. Diseñar e implementar el algoritmo de mitigación de incendios. **(08/04 – 14/04)**
13. Integración de los algoritmos y procesos de comunicación. **(15/04 – 21/04)**
14. Validación, pruebas y mantenimiento de la integración. **(22/04 – 28/04)**

# Cronograma

A continuación, se adjunta un enlace para ver el cronograma del proyecto.

[Cronograma Proyecto IMTC.xlsx](https://uanledu-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/oswaldo_sanchezm_uanl_edu_mx/ESwNMjYDVylEjDmnB9kT1wIB28-HPDT0VjHCXzPO6kLWsw?e=fspv3q)

# Plan inicial de recursos

A continuación, se muestra un estimado preliminar de los componentes a adquirir, así como su cantidad y costo total.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Concepto | Precio por unidad | Unidades | Cantidad Total |
| ESP32 WiFi | $ 162 | 5 | $ 810 |
| Sensor de temperatura DHT22 | $ 83 | 5 | $ 415 |
| Sensor de humo MQ-2 | $ 63 | 5 | $ 315 |
| Sensor de flama KY-026 | $ 25 | 5 | $ 125 |
| Sensor ultrasónico HC-SR04 | $ 54 | 1 | $ 54 |
| Sensor infrarrojo FC-51 | $ 41 | 2 | $ 82 |
| Modulo GPS Neo-6 | $ 40 | 5 | $ 700 |
| Driver L298D | $ 99 | 1 | $ 99 |
| Baterías 18650 3.7V | $ 125 | 2 | $ 250 |
| Switch Dos posiciones | $ 40 | 1 | $ 40 |
| Porta pilas | $ 15 | 2 | $ 30 |
| Motorreductores | $ 40 | 4 | $ 160 |
| Llantas | $ 15 | 4 | $ 60 |
| Chasis | $ 200 | 1 | $ 200 |
| Bomba de agua 5V | $ 63 | 1 | $ 63 |
| Manguera | $ 15 | 2 | $ 30 |
| Carcasa para módulos | $ 60 | 5 | $ 300 |
| Carrocería Robot | $ 200 | 1 | $ 200 |
| Servomotor SG90 | $ 60 | 1 | $ 60 |
| Impresiones 3D | $ 30 | 5 | $ 150 |
| PCBs | $ 100 | 5 | $ 500 |
| Material de soldadura | $ 200 | 1 | $ 200 |
| Cable | $ 8 | 3 | $ 24 |
| **Total** | | | **$ 4,867** |

Por otro lado, las herramientas que serán clave para el desarrollo del proyecto son las siguientes:

* Impresora 3D para prototipos
* Soldador y estaño para conexiones eléctricas
* Multímetro y osciloscopio para pruebas electrónicas

Y, por último, para ser capaces de desarrollar este proyecto, se requiere el uso de cierta infraestructura, en este caso se habla de los softwares a utilizar, algunos de ellos son los siguientes:

Arduino IDE y PlatformIO para la programación del ESP32

Servicio Cloud (Firebase, Azure, AWS)

Software de diseño CAD (SolidWorks, Fusion 360) para modelado del carrito.

Software de simulación (Proteus, Tinkercad) para pruebas previas.

Power BI o Excel para análisis de datos de sensores.

# Conclusión

**Morales Escobedo Erick Rubén**

Se espera que el sistema desarrollado sea funcional y capaz de detectar y mitigar incendios en entornos simulados. Si bien aún faltan detalles por definir, a largo plazo, este proyecto podría adaptarse a aplicaciones industriales o a entornos de emergencia reales, aumentando su impacto y utilidad en la prevención y control de incendios. En resumen, la complejidad de establecer un robot autónomo, preciso y confiable, que utiliza información proveniente de la nube puede conllevar múltiples desafíos que requieren una planificación muy detallada y un proceso iterativo de pruebas para lograr un sistema robusto y funcional.

**Sánchez Meléndez Oswaldo**

Considero que este proyecto aborda una problemática real y de gran importancia mediante la implementación de tecnologías avanzadas y conocimientos técnicos sólidos. Al finalizar el desarrollo, espero contar con un prototipo funcional en el que los módulos de monitoreo detecten incendios con alta precisión, la comunicación IoT opere de manera eficiente y el vehículo autónomo responda de forma efectiva. Este sistema automatizado de detección y respuesta contra incendios no solo demostrará su viabilidad técnica, sino que también tendrá un gran potencial de escalabilidad y aplicación en entornos reales.

**Constante Maldonado Kevin Yair**

En lo personal, considero que esta propuesta contiene un gran potencial que puede ser explotado y obtener un gran beneficio de esta. Hoy en día no se ha tenido gran avance en este rubro de la automoción y los robots capaces de ejecutar tareas de emergencia como lo puede ser apagar un incendio. Creo que nuestra propuesta de un sistema basado en GPS es bastante útil y que puede ser utilizada en cualquier tipo de contexto, ya sea domestico o industrial Gracias a esto, se convierte en una propuesta muy viable y que traerá consigo muchos beneficios.

# 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

Oswaldo Sánchez Meléndez: Redacción del resumen, introducción y planteamiento del problema. Redacción del objetivo general y los objetivos de control. Desarrollo de lo relacionado al control en la metodología y el cronograma.

Erick Rubén Morales Escobedo: Alcances y limitaciones del proyecto, justificación técnica, desarrollo de objetivos y metodología del diseño electrónico.

Kevin Yair Constante Maldonado: Apoyo en la definición general del proyecto, parte de la metodología y cronograma, así como la creación del plan inicial de recursos.