

**Desarrolló un sistema de inspección de inteligencia artificial (IA); prototipo
denominado DIPIA (Diagnóstico Inteligente de Patologías en Infraestructuras y
Arquitectura)**

Autores:

Hernández Arismendi Diego Jesús

Omaña Valles Alexander Alexis

Tutor Académico:

Ing. Pantaleón S., Laura G.

Asesores Metodológicos:

Prof. Gomez, Yenny

Antr. Palma S., Zulima D.

INDICE

Resumen	4
Introducción	5
CAPÍTULO I	6
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	6
I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
I.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
I.2.1 OBJETIVO GENERAL	7
I.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
I.3 JUSTIFICACIÓN	8
I.4 DELIMITACIÓN	9
I.5 LIMITACIONES	10
CAPÍTULO II	13
MARCO TEÓRICO	13
II.1 Antecedentes de la Investigación	13
II.2 Bases Teóricas	15
II.3 Bases Legales	19
II.4 Definición De Términos	22
CAPÍTULO III	24
MARCO METODOLÓGICO	24
III.1 Tipo De Investigación	24
III.3 Materiales, Método Y Procedimientos	25
Materiales y Hardware	25
Métodos y Software	26
Procedimientos de Prueba	27
CAPÍTULO IV	28
IV RESULTADOS	28
CAPÍTULO V	30
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
Recomendaciones	30
REFERENCIA BIBLIOGRAFÍAS	32
ANEXOS	33

Resumen

El informe propuesto por Diego Hernández y Alexander Omaña trata sobre la inspección de infraestructuras para mantenimiento. La problemática principal es la ineficiencia, el costo y los riesgos en inspecciones de daños estructurales. Las metodologías tradicionales suelen ser imprecisas, dificultando la estimación de costos y la identificación de problemas. La justificación del proyecto destaca la necesidad de una solución más eficiente y segura, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 y 11, que promueven infraestructuras resilientes y las ciudades sostenibles. La solución consiste en un dron de inspección equipado con inteligencia artificial (IA). Este dispositivo vuela a grandes distancias y altitudes, transmitiendo imágenes. La IA, entrenada con un modelo YOLOv 8, analiza imágenes para identificar daños como grietas, desprendimientos y humedad. Un láser y triangulación miden la extensión del daño. La información se procesa en un programa, basado en un modelo tipo Chat GPT, que estima los costos de reparación y sugiere materiales. Los resultados se envían a través de una interfaz intuitiva, ya sea por correo electrónico o una aplicación móvil. El proyecto describe un método para la detección y cuantificación de daños. Los resultados esperados incluyen una detección precisa, reducción de riesgos, mejora en el diagnóstico y la provisión de un presupuesto de reparación estimado. En conclusión, el proyecto tiene el potencial de revolucionar el mantenimiento de infraestructuras, mejorando significativamente la seguridad y la eficiencia. Su viabilidad depende de la mitigación de riesgos relacionados con la precisión de la IA, la estabilidad del vuelo y la conectividad.

Introducción

El presente informe, propuesto por Diego Hernández y Alexander Omaña, aborda una problemática crítica en el mantenimiento de infraestructuras: la necesidad de optimizar los métodos de inspección. Actualmente, la inspección manual de daños estructurales en edificaciones es una tarea costosa, riesgosa y propensa a imprecisiones, lo que dificulta una estimación de los costos de reparación y la detección de problemas.

En respuesta a estos desafíos, el informe presenta un proyecto innovador que propone una solución tecnológica. El objetivo es desarrollar un sistema tecnológico tipo **dron de inspección con inteligencia artificial (IA)**. Esta tecnología no solo busca mejorar la eficiencia y seguridad en el proceso de inspección, sino que también se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 y 11, enfocados en construir infraestructuras resilientes y promover ciudades sostenibles. A través de este proyecto, se detallan las funcionalidades, objetivos y alcance de una herramienta diseñada para la forma en que se diagnostica y mantiene la integridad estructural de nuestras edificaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La resiliencia y seguridad de las infraestructuras civiles son un pilar fundamental para el desarrollo sostenible y el bienestar social de cualquier país. Edificaciones, muelles y demás obras civiles están sujetas a un proceso de envejecimiento y deterioro continuo debido a la exposición a cargas operacionales, factores ambientales y eventos sísmicos. La auscultación y el diagnóstico temprano de patologías estructurales son, por tanto, procesos críticos para garantizar la seguridad de los ocupantes, prolongar la vida útil de los activos y optimizar los recursos destinados a su mantenimiento.

En el contexto venezolano actual, esta problemática se ve drásticamente agudizada. El parque inmobiliario nacional presenta una edad promedio avanzada, y gran parte de él ha sido sometido a un mantenimiento diferido o insuficiente durante años. Esta situación ha creado un escenario de alto riesgo, donde la identificación y priorización de daños estructurales no es una simple tarea de conservación, sino una necesidad imperante para la prevención de fallas catastróficas. La problemática actual en Venezuela se agrava drásticamente. El parque inmobiliario del país, con una edad promedio avanzada, ha sufrido años de mantenimiento deficiente o nulo. Esto ha generado un escenario de alto riesgo, donde la identificación y priorización de daños estructurales no es una simple tarea de conservación, sino una necesidad imperante para evitar fallas catastróficas.

I.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

I.2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrolló un sistema de inspección de inteligencia artificial (IA); prototipo denominado DIPIA (**Diagnóstico Inteligente de Patologías en Infraestructuras y Arquitectura**)

I.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar e integrar una plataforma de hardware montada en un VANT que combine una cámara de alta resolución.
2. Entrenar y validar un modelo de inteligencia artificial de visión por computador, basado en la arquitectura YOLOv8.
3. Desarrollar un algoritmo que fusione los datos de la imagen (píxeles) y la distancia
4. Establecer un formato de reporte de datos estructurado y estandarizado por cada patología detectada.

I.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se justifica desde múltiples perspectivas, dada su potencial contribución a la solución de un problema crítico y tangible.

Desde el punto de vista social, el proyecto tiene un impacto directo en la seguridad pública. Al facilitar un diagnóstico temprano y preciso del estado de las edificaciones, DIPIA se convierte en una herramienta proactiva para la prevención de colapsos estructurales, salvaguardando vidas y el patrimonio de la comunidad.

En el ámbito económico, la optimización es el principal beneficio. En un entorno de recursos limitados, la capacidad del sistema para priorizar daños según su severidad cuantitativa permite enfocar las inversiones de mantenimiento donde son más urgentes, evitando gastos en reparaciones cosméticas cuando existen riesgos críticos latentes y previniendo que daños menores escalen a reparaciones mayores y más costosas.

A nivel tecnológico y científico, este trabajo representa una aplicación innovadora de tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial, un problema tradicional de la ingeniería civil. Aporta al estado del arte al proponer una solución de bajo costo que no solo detecta, sino que mide, abordando la principal deficiencia de muchos sistemas de inspección visual automatizados.

Finalmente, desde una perspectiva práctica, el proyecto dotará a los ingenieros, administradores de condominios y entes de protección civil de una herramienta que reduce drásticamente los tiempos de inspección, minimiza los riesgos laborales asociados a trabajos

en altura y democratiza el acceso a un diagnóstico técnico de alta calidad, generando una base de datos histórica invaluable para el mantenimiento predictivo.

I.4 DELIMITACIÓN

El alcance de este proyecto se define por la creación y validación de un prototipo funcional del sistema DIPIA. El propósito fundamental del prototipo es demostrar la viabilidad de un método automatizado para el diagnóstico cuantitativo de patologías estructurales. Para lograr este objetivo, la investigación se enmarca dentro de las siguientes delimitaciones:

1. **Enfoque de Material y Patologías:** El sistema se especializa en la inspección de superficies de concreto armado, por ser el material predominante en la infraestructura urbana del país. La detección y cuantificación se delimitarán a tres patologías específicas de alto impacto: fisuras, grietas y humedades/eflorescencia, seleccionadas por su alta frecuencia y su relevancia como indicadores de riesgo estructural.
2. **Función Diagnóstica, no Prescriptiva:** El alcance del sistema es estrictamente diagnóstico. DIPIA está diseñado para detectar, clasificar y medir los síntomas visibles del deterioro. Queda fuera del alcance de esta investigación el análisis de la causa raíz de las patologías, la prescripción de métodos de reparación o la estimación de costos asociados.
3. **Ámbito Operacional del Prototipo:** La validación del sistema se llevará a cabo en fachadas y elementos estructurales exteriores de edificaciones seleccionadas en el área metropolitana de Caracas, cuya accesibilidad permite una operación segura del VANT

bajo condiciones de vuelo visual (VFR). Inspecciones en espacios confinados, interiores o subacuáticas no forman parte de esta fase del proyecto.

I.5 LIMITACIONES

Toda investigación se ve afectada por factores, tanto internos como externos, que restringen sus resultados o su aplicabilidad. Para este proyecto, se identifican las siguientes limitaciones:

I.5.1 Limitación Regulatoria (Crítica): La ejecución de las pruebas de campo y la futura implementación del sistema DIPIA están directamente supeditadas a la nueva regulación sobre el uso de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPA) en Venezuela, publicada en Gaceta Oficial y puesta en vigencia por el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC) y otros entes gubernamentales. Basado en la noticia reciente (agosto de 2025), esta regulación impone una suspensión temporal de 30 días, prorrogable, de todas las operaciones y comercialización de drones para entidades privadas y civiles, exceptuando a los organismos de seguridad del Estado. Esta situación presenta una limitación externa significativa que impacta al proyecto de las siguientes maneras:

- La planificación de los vuelos de prueba queda en estado de incertidumbre, dependiente de la duración de la suspensión o de la obtención de un permiso especial por parte de las autoridades competentes, que el Ministerio de Transporte puede otorgar de manera excepcional.

- A largo plazo, la viabilidad comercial y operativa del sistema DIPIA dependerá del marco regulatorio que se establezca tras el período de suspensión, el cual podría requerir licencias, registros y seguros específicos que hoy no están definidos.
- La restricción de vuelo en zonas de seguridad, que son abundantes en la capital, podría reducir el universo de edificaciones elegibles para la inspección con esta tecnología.

I.5.2 Limitaciones Técnicas:

- **Precisión de Sensores:** La exactitud de las mediciones cuantitativas depende de la resolución de la cámara y de la precisión del sensor LiDAR, la cual puede verse afectada por la distancia al objetivo, la reflectividad de la superficie y las condiciones de iluminación ambiental.
- **Modelo de IA:** El rendimiento del modelo YOLOv8 está intrínsecamente limitado por la diversidad y calidad del conjunto de datos con el que fue entrenado. Podría presentar dificultades al clasificar patologías con morfologías atípicas o en entornos visualmente complejos con sombras pronunciadas que puedan ser confundidas con fisuras.

I.5.3 Limitaciones Ambientales y Operativas:

- **Condiciones Meteorológicas:** Como todo sistema basado en VANT, la operación de DIPIA está limitada a condiciones climáticas favorables, no pudiendo operar de forma segura bajo lluvia, neblina o vientos fuertes.

- **Conectividad:** El diseño del sistema contempla un modo de operación offline para mitigar la limitación impuesta por la inestabilidad de la conectividad a internet en el país. Sin embargo, esto implica que el análisis exhaustivo y la sincronización de datos con una base centralizada no ocurren en tiempo real, sino en una fase posterior al vuelo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II.1 Antecedentes de la Investigación

El presente proyecto se enmarca en un contexto de creciente interés por la tecnología y la robótica en la industria de la construcción y el mantenimiento de infraestructuras. Los métodos manuales son reconocidos por sus altos costos y los riesgos que implican para el personal. Para abordar estos desafíos, diversas iniciativas a nivel global han desarrollado tecnologías que sirven como antecedentes directos y relevantes para esta investigación.

Un antecedente clave son los robots de **Doxel Inc**, los que cuentan con sistemas autónomos que utilizan cámaras y tecnología láser para analizar estructuras y detectar errores de construcción a tiempo. Doxel Inc tiene la capacidad de analizar masas, volúmenes y detectar daños estructurales mediante su inteligencia artificial integrada, lo que demuestra la viabilidad de la inspección robótica en entornos de obra. De manera similar, robots como **Anymal** de ANYbotics y el robot de inspección RB-Watcher de **Robotnik Automation** han demostrado su eficacia en la navegación autónoma y el escaneo de entornos complejos, como fábricas y estructuras, para identificar anomalías. Estas plataformas validan el concepto de un robot capaz de navegar y recopilar datos en tiempo real.

Adicionalmente, la capacidad de medir la extensión de un daño es un componente crítico del proyecto propuesto. La tecnología mostrada por la empresa **Arauco** representa un antecedente importante en este aspecto. Su método de análisis de tamaño con referencia, que utiliza un láser para determinar distancias y, por ende, la extensión de un objeto, proporciona

un modelo funcional para la medición de daños mediante triangulación, tal como se plantea en el proyecto.

Mientras que los antecedentes demuestran la existencia de robots autónomos de inspección y tecnologías para la medición de distancias, el presente proyecto se distingue al integrar estas capacidades en un proyecto. La combinación de un dron de largo alcance, la detección de objetos con YOLOv8, la medición por triangulación, un módulo para análisis de materiales y un sistema de estimación de costos basado en IA, representa una solución más completa y versátil que los sistemas existentes, con el potencial de revolucionar la gestión del mantenimiento de infraestructuras.

Actualmente en Venezuela no se encuentran proyectos o dispositivos con estas capacidades, siendo un importante antecedente en el país el cual puede aportar en gran medida en la mejora de las inspecciones en los entornos poblados.

II.2 Bases Teóricas

Para las bases teóricas de esta investigación debemos tomar en cuenta que se requieren de conocimiento general e inmerso sobre diversas áreas de la tecnología, de las cuales fueron necesarias la robótica para el conocimiento en la electrónica en se ha investigado acerca del hardware necesario para el funcionamiento eléctrico del dron y de la IA. Programación, necesaria para la creación del código para la detección de patologías estructuras y funcionamiento del sistema general además de la interfaz web de reportes y feed de video, además del diseño de interfaz (UI) para ello.

Técnicas de modelado 3D en SolidWorks para crear el chasis del prototipo y así posteriormente imprimir y cortar el chasis en físico.

- “La ingeniería civil es una rama de la ingeniería que tiene como objetivo planificar, diseñar, organizar, construir, supervisar y mantener obras e infraestructuras ejecutadas en una ciudad, región o país. Estas obras civiles pueden ser de gran escala, como carreteras, vías ferroviarias, canales, puertos, puentes o aeropuertos; o proyectos de menor escala, como el diseño de la estructura de un edificio o el desarrollo y ejecución de sistemas y canales de distribución de agua en una ciudad.” (Ferrovia), que en este proyecto es necesario para sentar las bases necesarias para entender que buscamos solucionar en el área de patología estructural: “Una patología estructural en el ámbito de la construcción es la ciencia que estudia e identifica las enfermedades, síntomas y causas que pueden sufrir las estructuras.

Los tipos de lesiones o deterioros sufridos por algún elemento, material o estructura; pueden ser físicas (humedad, suciedad, erosión), mecánicas (grietas, fisuras, deformaciones) o químicas (oxidación, corrosión, carbonatación).” (Da Vinci Ingeniería, Consultoría, 12/09/2020)

- Ingeniería mecatrónica e ingeniería informática: “La Mecatrónica es una ingeniería que une **conocimientos de mecánica, electrónica, informática y sistemas de control**. La mecánica se encarga de la parte física, como el diseño de componentes y sistemas, mientras que la electrónica aporta la inteligencia y el control, utilizando

circuitos y software para hacer que todo funcione de manera eficiente. (Escrito por Licenciaturas Anáhuac Mayab en abr 1, 2024),”

“La ingeniería informática es la **rama de la ingeniería** que agrupa el estudio de las **ciencias computacionales con elementos de la electrónica, la electricidad, el software y las telecomunicaciones**. Su propósito es implementar soluciones capaces de procesar la información de manera automática.” (Universidad europea, 6 de Marzo de 2023), estas dos ramas son bases importantes para el desarrollo del proyecto ya que ambas conforman la parte técnica necesaria para poder hacer un hardware y software funcional y estable.

La integración de estas áreas del conocimiento aportan una perspectiva multidisciplinaria para el desarrollo de nuestro proyecto de cara al desarrollo de soluciones innovadoras.

II.3 Bases Legales

Iniciando con la promoción del desarrollo tecnológico consagrado en la **CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA** en la expresa en su artículo “**Artículo 110**”.

“El Estado reconocerá el interés público de la ciencia, la tecnología, el conocimiento, la innovación y sus aplicaciones y los servicios de información necesarios por ser instrumentos fundamentales para el desarrollo económico, social y político del país, así como para la seguridad y soberanía nacional. Para el fomento y desarrollo de esas actividades, el Estado destinará recursos suficientes y creará el sistema nacional de ciencia y tecnología de acuerdo

con la ley. El sector privado deberá aportar recursos para las mismas. El Estado garantizará el cumplimiento de los principios éticos y legales que deben regir las actividades de investigación científica, humanística y tecnológica. La ley determinará los modos y medios para dar cumplimiento a esta garantía.”

Debido al tipo de tecnología que tratamos de desarrollar en Venezuela se deben de seguir una serie de normativas legales para el propio uso y funcionamiento del dron según lo establecido por el Instituto **Nacional de Aviación Civil (INAC)** en las **Regulaciones Aeronáuticas Venezolanas (RAV)**, dado a que Venezuela es **Estado miembro de la Organización de Aviación Civil Internacional y signatario del Convenio de Chicago**, cualquier persona natural o jurídica deberá de seguir la legislación venezolana en materia de Remotely Piloted Aircraft System o Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS), dentro de las cuales en nuestro proyecto aplican las legislaciones y constitución.

Legislación venezolana en materia de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS)

ORI/GRO/09-2017

- **(RAV 60)** Regulación Aeronáutica Venezolana 60. (Licencias al Personal Aeronáutico)

La RAV 60 plantea establecer reglas y disposiciones claras de cómo obtener las respectivas licencias para realizar actividades aeronáuticas, que varían desde pilotar un avión o un RPA, hasta aquellas normas para ser un controlador aéreo; buscando armonizar las recomendaciones emanadas de la OACI, de manera segura y ordenada,

conforme a los principios de la aeronáutica civil. Se establecen los siguientes tipos de licencias para el uso de las RPA, a saber: Licencia de piloto de RPA de Ala Fija y Piloto de RPA de Ala Rotatoria. Requisitos: (a) Tener edad mínima de dieciocho (18) años. (b) Haber aprobado un curso avanzado de RPA Ala Fija o Ala Rotatoria (según sea el caso), teórico y práctico, en un Centro de Instrucción Aeronáutico certificado por la Autoridad Aeronáutica, dentro de los seis (6) meses precedentes a la fecha de la solicitud. (c) Haber completado como mínimo cincuenta (50) horas de vuelo Ala Fija, según el contenido programático aprobado por la Autoridad Aeronáutica. (d) Poseer un Certificado Médico clase 4, vigente. (e) Haber aprobado la evaluación teórica y práctica correspondiente, aplicada por la Autoridad Aeronáutica o en quien esta delegue

- **(RAV 21) Regulación Aeronáutica Venezolana 21** (Procedimientos para la Certificación de Productos y Componentes) Se incluyó el capítulo K para las aeronaves pilotadas a distancia de uso recreativo, comercial o privado. Dada la versatilidad de los RPA su propósito y diseño, estas podían estar sujetas a diversos regímenes técnicos, por lo cual se creó una discriminación positiva en relación con el peso de la aeronave. Dicha clasificación se puede encontrar en el Capítulo K, de la RAV 21, sección 21.91 y consiste en:
 - a) Clase 1 Mini RPA
 - b) Clase 2 RPA Ligeros
 - c) Clase 3 RPA Livianos
 - d) Clase 4 RPA Pesado

Clase - Categoría	Peso RPA	Usos RPA
Clase 1 Mini RPA	Menor a tres (3) kg	Recreacionales, privadas y de trabajos aéreos.
Clase 2 RPA Ligeros	Entre tres (3) kg y veinticinco (25) kg	
Clase 3 RPA livianos	Entre veinticinco (25) kg y ciento cincuenta (150) kg	
Clase 4 RPA Pesado	Mayor de ciento cincuenta (150) kg	

II.4 Definición De Términos

- **Auscultación:** El proceso de examinar y evaluar el estado de una estructura, similar a un diagnóstico médico, para identificar problemas o patologías. En el contexto de la investigación, se refiere al monitoreo y la detección temprana de daños en edificaciones y obras civiles.
- **Dataset:** “Un Dataset, como su nombre lo dice, es simplemente un conjunto de datos, ordenado bajo un sistema de almacenamiento que otorga los lineamientos principales de búsqueda o directorio de la información que se quiere trabajar.” (Diego Caceres Solis Publicado el 1 de mayo de 2023 en openwebinars)
- **Inteligencia Artificial (IA):** Tecnología clave del proyecto que permite al dron analizar imágenes e identificar daños.

- **Patología Estructural:** Se refiere a las "enfermedades, síntomas y causas" que pueden afectar a las estructuras de construcción. El texto las clasifica en físicas (humedad), mecánicas (grietas, fisuras) y químicas (oxidación).
- **VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado):** También conocido como dron o RPA (Aeronave Pilotada a Distancia). Es la plataforma de hardware que transporta la cámara, los sensores y la IA para realizar la inspección de infraestructuras.
- **YOLOv8:** Un modelo de inteligencia artificial de visión por computadora, específicamente un algoritmo de detección de objetos, que se utiliza en el proyecto para analizar imágenes e identificar tipos de daños como grietas y humedad.
- **Triangulación:** Una técnica geométrica que, en el contexto del proyecto, se utiliza junto con el sensor láser para medir la extensión de los daños al determinar distancias y ángulos.
- **Aeronave Pilotada a Distancia (RPA):** Es la denominación oficial y legal de los drones en Venezuela, de acuerdo con las Regulaciones Aeronáuticas Venezolanas (RAV) del INAC.
- **Mantenimiento Predictivo:** Estrategia de mantenimiento que utiliza datos y análisis para predecir cuándo es probable que ocurra una falla o un daño, lo que permite tomar medidas correctivas de forma proactiva. El proyecto genera datos que son valiosos para este tipo de mantenimiento.
- Lenguaje de programación: "Un lenguaje de programación es un conjunto de reglas y sintaxis que permite a los programadores dar instrucciones a una computadora para realizar tareas específicas." (Gustavo Cimas Cuadrado, publicado el 16 de julio de 2020)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

III.1 Tipo De Investigación

El proyecto se clasifica como una investigación de tipo **cuantitativo**, ya que su propósito es medir y cuantificar datos para analizar la realidad del problema. Esto se evidencia en varios de sus objetivos y métodos, como la medición de patologías (fisuras, grietas, humedad) y la estimación de costos. El proyecto no solo busca identificar la existencia de un problema, sino que también pretende determinar su **extensión**, **severidad** y **costos asociados** de manera numérica y objetiva.

Además, la investigación es de naturaleza **proyectiva**, lo que significa que su objetivo es crear una solución tecnológica tangible y funcional para un problema práctico: la ineficiencia y el riesgo en las inspecciones de infraestructuras. El objetivo es crear un prototipo (DIPIA) que pueda ser utilizado en la práctica para mejorar los procesos de mantenimiento y seguridad.

III.2 Diseño De Investigación

El diseño de investigación del proyecto posee un carácter **experimental**. Su propósito principal no es solo describir un fenómeno, sino **probar la viabilidad y funcionalidad** de un prototipo. La investigación busca validar el modelo de inteligencia artificial (IA) y el algoritmo de medición en fachadas de edificaciones reales a través de **pruebas de campo controladas**.

Este proceso de validación, donde se mide el rendimiento del prototipo en un entorno real, es una característica clave del diseño experimental. El texto menciona la necesidad de llevar a cabo estos vuelos de prueba y la importancia de mitigar las limitaciones técnicas y ambientales para asegurar la precisión y confiabilidad del sistema.

III.3 Materiales, Método Y Procedimientos

El proyecto **DIPIA (Diagnóstico Inteligente de Patologías en Infraestructuras y Arquitectura)** se basa en el desarrollo de un prototipo para la inspección de edificaciones. La metodología se enfoca en tres áreas principales: el **hardware**, el **software** y los **procedimientos de prueba**.

Materiales y Hardware

Los materiales y componentes del prototipo DIPIA se detallan a lo largo del texto. El sistema se compone de:

- **VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) o Dron:** Es la plataforma principal que permite la movilidad del sistema.
- **Cámara de Alta Resolución:** Dispositivo que captura las imágenes de las fachadas de concreto armado.
- **Componentes Electrónicos y de Cableado:** Necesarios para el correcto funcionamiento del dron, lo que incluye cálculos de potencia, voltaje y corriente.
- **Chasis del Prototipo:** Diseñado en software de modelado 3D (SolidWorks) y luego fabricado físicamente.

Métodos y Software

El desarrollo del software es un pilar fundamental del proyecto. Para ello fueron requeridos el uso de diversas herramientas y lenguajes de programación:

- **Inteligencia Artificial (IA):**
 - **Modelo de Visión por Computador (YOLOv8):** Este modelo es entrenado con un *dataset* de datos para identificar patologías específicas como fisuras, grietas y humedades/eflorescencia.
 - **Modelo Tipo Chat GPT:** Se utiliza para procesar la información de los daños y generar estimaciones de costos y sugerencias de materiales.
- **Programación General:** Se emplean lenguajes de programación como Python para crear el código del sistema, la interfaz web de reportes se emplea un lenguaje estándar como HTML , el *feed* de video y la interfaz de usuario (UI) para la aplicación móvil o de escritorio.
- **Diseño Web:** Para el desarrollo de la interfaz intuitiva que muestra los resultados al usuario.

Procedimientos de Prueba

La validación del sistema se llevará a cabo a través de una serie de **pruebas internas del sistema**. Los procedimientos incluyen:

- **Selección del Área de Prueba:** Se realizará con imágenes y maquetas de edificaciones y elementos estructurales exteriores en el área metropolitana de Caracas.

- **Operación del RPA:** El dron operará bajo condiciones de vuelo visual (VFR) para asegurar la seguridad.
- **Recopilación de Datos:** Durante el vuelo, la cámara capturará las imágenes y datos de las superficies.
- **Análisis y Procesamiento:** La información capturada será procesada por el modelo de IA y el algoritmo de fusión de datos.
- **Generación de Reportes:** Se establecerá un formato de reporte estandarizado para cada patología detectada, que incluirá las mediciones y una estimación de costos.
- **Envío de Resultados:** La información se enviará a través de una interfaz intuitiva por aplicación web.
- **Mitigación de Limitaciones:** Se tomarán en cuenta las limitaciones del proyecto, como las condiciones meteorológicas y las restricciones regulatorias, para planificar y ejecutar las pruebas de manera efectiva.

CAPÍTULO IV

IV RESULTADOS

El desarrollo del prototipo **DIPIA** ha logrado los siguientes resultados en las etapas de diseño, integración y pruebas:

- **Diseño e Integración de Hardware y Software:** Se diseñó y construyó un **VANT** funcional con un chasis impreso en 3D que integra una cámara de alta resolución, cumpliendo con el primer objetivo específico. El sistema eléctrico se diseñó con base en cálculos precisos de voltaje y amperaje para asegurar la alimentación correcta de los componentes. El software, desarrollado en lenguajes de programación como Python, integra de manera exitosa los componentes del hardware con los módulos de inteligencia artificial.
- **Detección y Clasificación de Patologías:** Se entrenó y validó con éxito el modelo de **visión por computador YOLOv8** utilizando un dataset específico. Durante las pruebas internas con imágenes y maquetas, el sistema demostró una **alta precisión en la detección** de las tres patologías definidas: fisuras, grietas y humedades/eflorescencia. La IA fue capaz de clasificar y localizar estos daños en las superficies de concreto armado de las maquetas.
- **Cuantificación de Daños:** Se desarrolló un algoritmo que fusiona los datos de la imagen y la distancia, permitiendo una **medición cuantitativa** de las patologías. Este resultado es significativo, ya que va más allá de la simple detección visual y permite

determinar la extensión de los daños, lo cual es crucial para la estimación de reparaciones.

- **Generación de Reportes Automatizados:** El sistema logró generar un **reporte de datos estandarizado** para cada patología detectada. Estos reportes incluyen la clasificación del daño, su ubicación y sus medidas. A través del modelo tipo **Chat GPT**, se demostró la capacidad del sistema para estimar los costos de reparación y sugerir materiales, lo que cumple con los resultados esperados de proveer un presupuesto.
- **Reducción de Riesgos:** Aunque las pruebas se realizaron con maquetas, la metodología del proyecto valida el concepto de reducir los **riesgos laborales** al eliminar la necesidad de inspecciones manuales en altura. El uso del dron permite la inspección en condiciones seguras y a distancia, minimizando la exposición del personal a peligros.
- **Interfaz de Usuario y Conectividad:** Se desarrolló una **interfaz web intuitiva** para la visualización de los resultados. Esta plataforma recibe la información procesada y la presenta de manera clara, permitiendo a los usuarios acceder a los reportes de manera remota. Aunque el análisis completo se realiza fuera de línea, la capacidad de enviar los resultados a través de esta aplicación demuestra la funcionalidad de la solución.

CAPÍTULO V

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto **DIPIA** es una propuesta de investigación **aplicada** y **cuantitativa** que busca crear un prototipo funcional. Su principal contribución es la integración de la **inteligencia artificial (IA)**, en particular el modelo **YOLOv8**, con un **RPA** para detectar y cuantificar de manera objetiva patologías estructurales. Esta capacidad de **medición** lo diferencia de sistemas de inspección visual y lo posiciona como una herramienta valiosa para el **mantenimiento predictivo**.

DIPIA no solo tiene un impacto tecnológico, sino también un fuerte **impacto social y económico**. Al mejorar el diagnóstico de daños, el sistema puede prevenir fallas catastróficas, proteger vidas y propiedades, y optimizar el uso de recursos limitados. Esto lo alinea con los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 y 11**, demostrando su relevancia para el bienestar de la comunidad.

La viabilidad del proyecto, sin embargo, depende de la mitigación de sus limitaciones. La **regulación sobre RPAs** en Venezuela representa un riesgo externo significativo, mientras que la **precisión de la IA** y la **estabilidad del vuelo** son desafíos técnicos que deben abordarse para asegurar la fiabilidad del sistema en condiciones operativas reales.

Recomendaciones

Para asegurar la ejecución exitosa y la escalabilidad del proyecto, se recomienda:

- **Gestionar el marco legal:** Es crucial establecer un diálogo con el **INAC** y el **Ministerio de Transporte** para obtener permisos especiales y entender completamente el nuevo marco regulatorio. Esto permitirá planificar y ejecutar las pruebas de campo de forma legal y segura.
- **Mejorar el modelo de IA:** A pesar del uso del modelo **YOLOv8**, se debe trabajar en la **diversificación del dataset de entrenamiento**. Esto incluye añadir imágenes con diferentes tipos de iluminación, sombras y morfologías de patologías para aumentar la precisión de la detección y evitar errores de clasificación.
- **Fortalecer la validación del prototipo:** Las pruebas internas con imágenes y maquetas son un buen inicio, pero la validación final debe realizarse en **entornos reales** para confirmar la precisión del sistema en condiciones no controladas. Esto ayudará a identificar y corregir fallos técnicos relacionados con factores ambientales como el viento y la humedad.
- **Expandir las capacidades de análisis:** Se debe investigar la posibilidad de incorporar otros sensores, como un **sensor LiDAR**, para mejorar la precisión de las mediciones y explorar la detección de otros tipos de patologías no visibles, como la corrosión interna.

REFERENCIA BIBLIOGRAFÍAS

<https://www.inac.gob.ve/wp-content/uploads/2017/09/Informe-RPA-FINAL.pdf>

<https://www.inac.gob.ve/wp-content/uploads/2018/04/Formato-RPA-07-90-0023-17.pdf>

<https://uavcoach.com/drone-laws-in-venezuela/>

<https://www.aviacioncivil.com.ve/legislacion-actual-para-drones-o-aeronaves-pilotadas-distancia-en-venezuela/>

Doxel, <https://doxel.ai/>

Robotnik,

https://robotnik.eu/es/productos/robots-moviles/rb-watcher/?_gl=1*14p4zbo*_up*MQ..*_ga*NDc2OTAxNTIxLjE3NTY0OTI2NTk.*_ga_LJKWW0V759*czE3NTY0OTI2NTgkbzEkZzEkdDE3NTY0OTI2NzckajQxJGwwJGgxNzc3MTYxODU3

Anymal, <https://www.anybotics.com/robotics/anymal/>

<https://www.ferrovial.com/es/recursos/ingenieria-civil/>

<https://universidadeuropea.com/blog/que-es-ingenieria-informatica/>

<https://merida.anahuac.mx/licenciaturas/blog/que-es-la-ingenieria-mecatronica>

<https://openwebinars.net/blog/datasets-que-son-y-como-acceder-a-ellos>

<https://openwebinars.net/blog/que-es-un-lenguaje-de-programacion/>

ANEXOS

1.1 Check List de Prototipo

FUNCIONAMIENTO DE PROTOTIPO				
FECHA:		HORA:		
LUGAR: Sede de Engidea				
Nº	ENUNCIADOS DE FUNCIONAMIENTO	SI	NO	OBSERVACIONES
1	El hardware enciende y opera correctamente			
2	El módulo de inteligencia artificial detecta personas			
3	El módulo de inteligencia artificial detecta daños			
4	Dipia responde correctamente a los controles			
5				
6	El módulo de estimación de costos genera costos			
7	La app web se conecta correctamente entre Dipia y la web			
8	El módulo web capta imagen de la cámara			
9	El módulo web genera los reportes			
10	Segun el nivel de usuario tienen cada uno su informacion segmentada			
NOMBRE Y FIRMA DE INTEGRANTE DE EQUIPO:		NOMBRE Y FIRMA:		
NOMBRE Y FIRMA DE INTEGRANTE DE EQUIPO:				
		TUTOR ACACÉMICO		