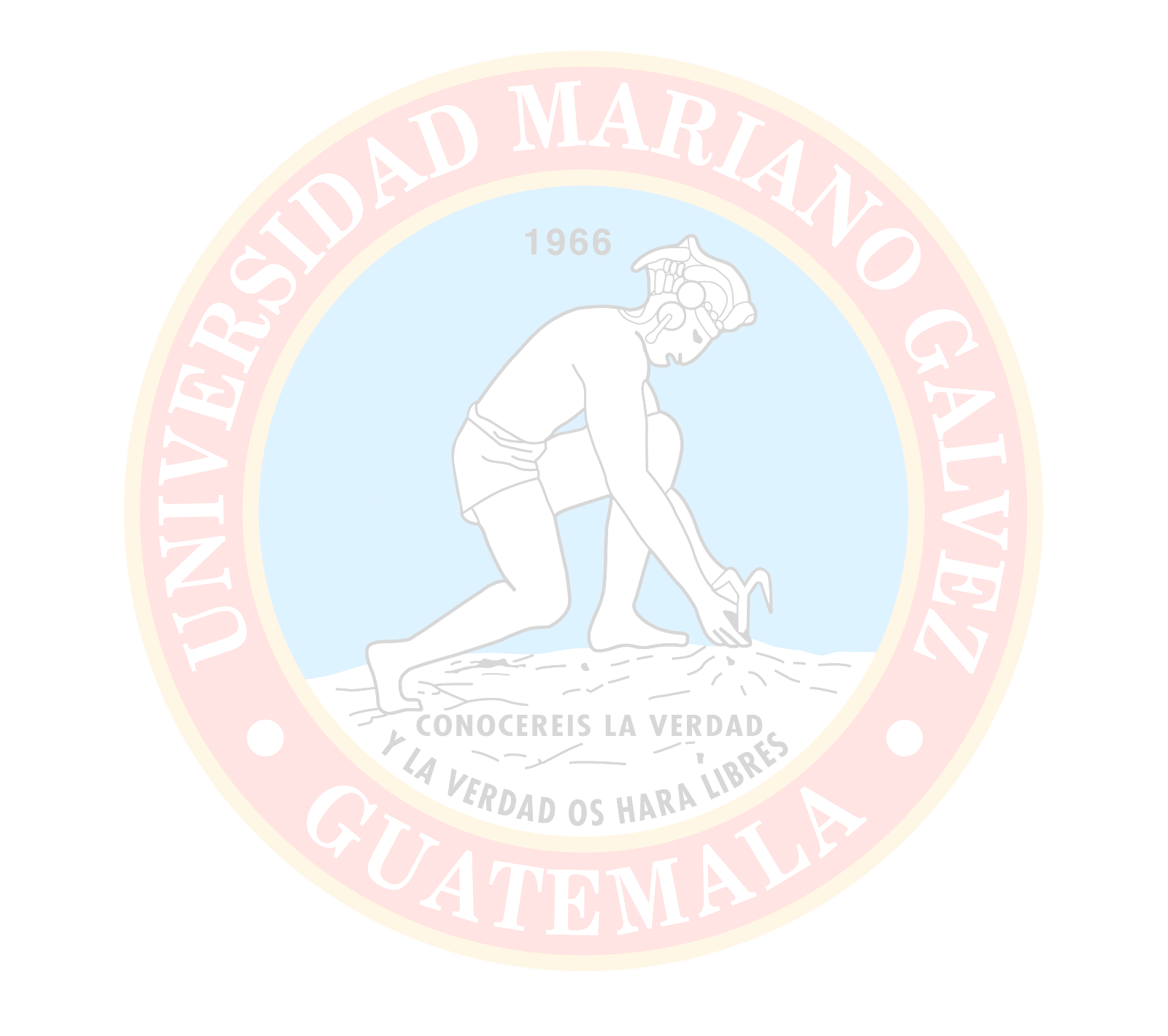
**UNIVERSIDAD MARIANO GÁLVEZ DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**



**GESTIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS MEDIANTE DEEP LEARNING**

Pedro Jose Aguilar Vaides

Guatemala, abril de 2024

**UNIVERSIDAD MARIANO GÁLVEZ DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

**GESTIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS MEDIANTE DEEP LEARNING**

Tesis presentada por:

**PEDRO JOSE AGUILAR VAIDES**

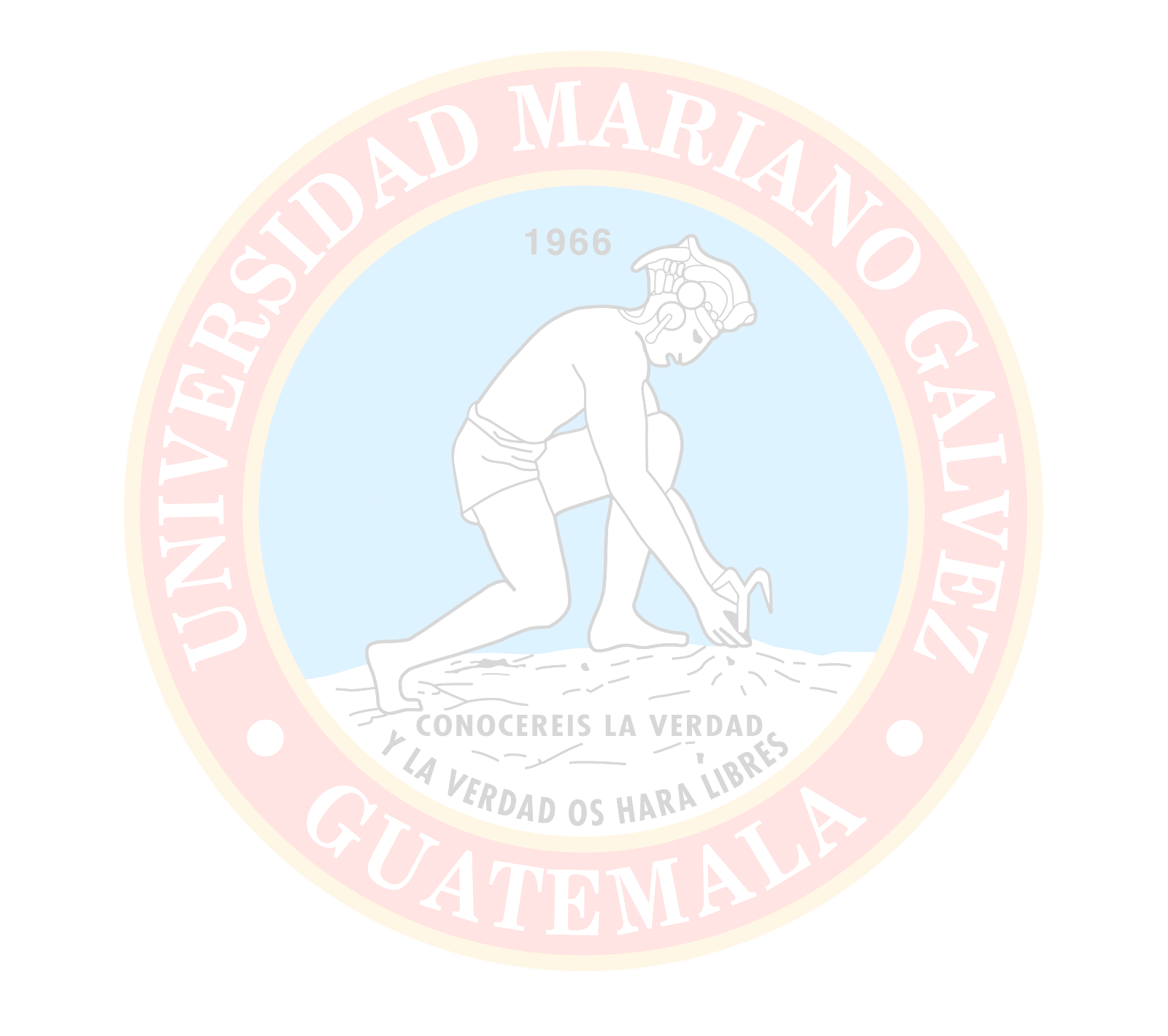
previo a optar al grado académico de

**LICENCIADO**

y al título profesional de

**INGENIERO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

Guatemala, abril de 2024



**AUTORIDADES DE LA FACULTDAD**

**Y TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

|  |  |
| --- | --- |
| **DECANO DE LA FACULTAD:** | Ing. Jorge Alberto Arias Tobar |
| **SECRETARIO DE LA FACULTAD:** | Ing. Hugo Adalberto Hernández Santizo |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| **TRIBUNAL EXAMINADOR** |  |
| **PRESIDENTE:** | Ing. Tribunal examinador |
| **SECRETARIO:** | Ing. Secretario. |
| **VOCAL:** | Ing. Vocal |

**AUTORIZACIÓN PARA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**REGLAMENTO DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Artículo 8°. RESPONSABILIDAD**

Solamente el autor es responsable de los conceptos expresados en el trabajo de tesis. Su aprobación en manera alguna implica responsabilidad para la Universidad.

**Índice**

[ Introducción 1](#_Toc163394236)

[ Capítulo 1 – Anteproyecto de investigación 4](#_Toc163394237)

[1.1 Antecedentes 4](#_Toc163394238)

[1.2 Justificación 6](#_Toc163394239)

[1.3 Planteamiento del Problema 7](#_Toc163394240)

[1.4 Objetivos 9](#_Toc163394241)

[1.4.1 Objetivo General 9](#_Toc163394242)

[1.4.2 Objetivos Específicos 9](#_Toc163394243)

[1.5 Viabilidad 10](#_Toc163394244)

[1.5.1 Viabilidad de mercado 10](#_Toc163394245)

[1.5.2 Viabilidad Técnica /Tecnológica 10](#_Toc163394246)

[1.5.3 Viabilidad Soporte 10](#_Toc163394247)

[1.5.4 Viabilidad administrativa 10](#_Toc163394248)

[1.5.5 Viabilidad Económica 10](#_Toc163394249)

[Tabla 1 10](#_Toc163394250)

[Viabilidad económica 10](#_Toc163394251)

[1.6 Alcance 11](#_Toc163394252)

[1.6.1 Geográfico 11](#_Toc163394253)

[1.6.2 Tecnológico o Técnica 11](#_Toc163394254)

[1.6.3 Persona/Empresa 11](#_Toc163394255)

[1.6.4 Temporal 11](#_Toc163394256)

[1.6.5 Temático 11](#_Toc163394257)

[1.7 Pregunta de Investigación 11](#_Toc163394258)

[1.7.1 Pregunta general 11](#_Toc163394259)

[1.7.2 Preguntas específicas 11](#_Toc163394260)

[1.1 Hipótesis 11](#_Toc163394261)

* Introducción

**La presente investigación explora la gestión de desechos sólidos urbanos a través del uso de tecnologías avanzadas de deep learning, con el propósito de mejorar la eficiencia en la clasificación de residuos y potenciar**

**el reciclaje. Tiene como objetivos: a) Conocer la relación entre la precisión del modelo de deep learning en la clasificación de desechos sólidos y la eficiencia del sistema de gestión de residuos; b) Analizar el**

**impacto de implementar un sistema de clasificación de desechos basado en deep learning en la reducción de la huella ambiental y c) Valorar en qué medida un sistema de clasificación asistido por deep**

**learning puede incrementar el porcentaje de materiales reciclados recuperados.**

**A través de la pregunta de investigación ¿Cómo puede mejorar la clasificación de desechos sólidos urbanos mediante la integración de técnicas de Deep Learning para optimizar la eficiencia y precisión del proceso?**

**se pretende establecer una correlación entre la eficacia tecnológica y los beneficios ambientales, económicos y sociales derivados de su aplicación en la gestión de residuos.**

**El estudio es de enfoque cuantitativo y tiene como características las siguientes: análisis estadístico de datos de eficiencia de clasificación; evaluación de impacto ambiental mediante indicadores de sostenibilidad; comparativa**

**de tasas de reciclaje antes y después de la implementación del sistema.**

**El diseño utilizado es correlacional, permitiendo identificar la relación entre la precisión de los modelos de deep learning y varios indicadores clave de éxito en la gestión de residuos sólidos.**

**Las principales fuentes primarias fueron o son: investigación de fabricantes de dispositivos autómatas y instalaciones de reciclaje; las secundarias, artículos científicos y reportes de sostenibilidad en la industria del reciclaje; y terciarias, análisis de medios informativos sobre tendencias en gestión de residuos.**

**Las técnicas privilegiadas en nuestro estudio fueron: obtención de técnicas ya existentes para clasificación de objetos. El muestreo fue de carácter por conveniencia, enfocándose en entornos donde ya se están implementando o considerando tecnologías de deep learning para la clasificación de desechos.**

**Aplicando un instrumento de análisis específicamente diseñado para evaluar la eficiencia y precisión del modelo de deep learning, se llevarán a cabo pruebas controladas y estandarizadas. Estas pruebas tienen como**

**objetivo principal medir la efectividad del prototipo en la clasificación de desechos sólidos urbanos bajo condiciones predefinidas, facilitando así una comparación objetiva con los estándares de rendimiento esperados.**

**Las conclusiones son: a) la implementación de deep learning en la clasificación de desechos mejora significativamente la eficiencia del sistema de gestión de residuos; b) existe un impacto positivo notable en la reducción de la huella ambiental; y c) se evidencia un incremento en el porcentaje de materiales reciclados recuperados gracias a la precisión del sistema asistido por deep learning.**

**La importancia social de nuestro trabajo es destacar cómo la integración de tecnologías de inteligencia artificial, específicamente el deep learning, en la gestión de desechos sólidos, puede contribuir significativamente a la sostenibilidad ambiental, mejorar la eficiencia en la separación y reciclaje de residuos, y fomentar una economía circular más efectiva.**

* Capítulo 1 – Anteproyecto de investigación

1.1 Antecedentes

El crecimiento demográfico y el consumo excesivo de recursos naturales han hecho que enfrentemos muchos problemas ambientales a escala global. Uno de los temas más críticos es la gestión adecuada de los residuos, cuestión destacada por las Naciones Unidas en 2018, destacando la importancia de mejorar las estrategias de gestión de residuos para reducir su impacto ambiental. Según Yamunaque & Iannacone (2021), aunque más de 40 millones de personas en América Latina aún carecen de acceso a servicios básicos de recolección de residuos, los procesos de recolección y gestión de residuos han mejorado significativamente (Atilio, 2018). Con la producción de 1 kg de residuos por día per cápita en América Latina y un aumento proyectado del 25% para 2050 (ONU, 2018), es fundamental implementar soluciones efectivas que se centren no solo en la recolección sino también en la gestión. y el posterior tratamiento de estos residuos.

El problema también se extiende a las malas prácticas de gestión de residuos, como los vertidos a cielo abierto y la incineración, que plantean importantes riesgos para la salud y el medio ambiente. En este contexto, la tasa de reciclaje en América Latina y el Caribe sigue siendo baja, oscilando entre el 1% y el 20% (ONU, 2018), lo que subraya la necesidad de hacer una transición hacia una economía circular que promueva la reutilización y el reciclaje. de materiales.

Las innovaciones tecnológicas, en particular el uso del aprendizaje profundo, se presentan como una solución prometedora para abordar estos desafíos. La categorización de residuos sólidos utilizando tecnologías avanzadas como robots, drones (vehículos aéreos no tripulados) e IoT (Internet de las cosas) ha sido objeto de investigaciones recientes. Sin embargo, a pesar de los avances, los modelos de redes neuronales convolucionales (CNN) aplicados específicamente a la clasificación de residuos sólidos no han logrado los niveles deseados de precisión y eficiencia en todas las categorías de residuos (Quispe, 2023). Esto pone de relieve la necesidad de seguir investigando y desarrollando modelos más robustos y adaptables que afronten los retos del entorno real de gestión de residuos.

Referencias Bibliográficas:

Vilca, W. (2023). Deep Learning para la clasificación múltiple de residuos sólidos domésticos. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Sistemas, Universidad Cesar Vallejo, Lima-Perú.

Yamunaque, A., & Iannacone, J. (2021). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en América Latina. Artículo de revisión, Vol. 11, Nº 2, Lima.

Alberto, A., Ojeda, J., Enríquez, P., & Barahona, C. (2021). Análisis de eficiencia de la red neuronal convolucional (CNN) y el sistema de aprendizaje TensorFlow. Revista INCAING ISSN 2448-9131.

García, R. (2020). Estudio de utilización de Redes Neuronales Convolucionales en TensorFlow para Segmentación de Imagen Médica. Trabajo fin de grado, Universidad de Valladolid, Valladolid-España.

ONU. (2018). Perspectiva de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. ONU Medio ambiente.

1.2 Justificación

La correcta implementación de este modelo mediante deep learning de clasificación de desechos sólidos, puede aumentar significativamente la eficiencia de los sistemas de gestión de residuos, permitiendo una clasificación más efectiva y que reduce el volumen de desechos sólidos que terminan en lugares donde no se les da el tratamiento adecuado.

Al mejorar la gestión se facilitará la recuperación de materiales de reciclaje lo que aumentara el porcentaje de productos reciclados y contribuyendo a reducir la huella ambiental asociada a la producción de nuevos materiales, esto contribuye a la economía circular el cual es un modelo de economía que busca ser más sostenible a través del tiempo, apoyando la reutilización de materiales y minimizar el consumo de nuevos recursos. Los avances de estos modelos de deep learning pueden ser empleados en mejora y potenciar tecnologías ya existentes adaptándose a otros sectores, impulsando la innovación más haya de solo este caso en particular.

En la actualidad no somos capaces de gestionar los residuos de forma más rápida a la cual estos son producidos, contribuyendo a un deterioro de nuestro medio ambiente, contaminación y cambio climático contribuir a este campo podría dar herramientas para mejorar este proceso. Esto podría ser beneficioso para gobiernos ofreciéndoles una herramienta para hacer cumplir políticas implementadas que no son adecuadamente llevadas a la práctica además de contribuir con plantas de reciclaje que manejan un proceso más laborioso he ineficientes en cuanto a la adquisición de su materia prima principal.

1.3 Planteamiento del Problema

La gestión de residuos sólidos urbanos representa uno de los desafíos ambientales y de salud pública más significativos a nivel global, especialmente en lo que respecta a la clasificación y reciclaje de plásticos, latas, papel y otros materiales reciclables. Esta problemática adquiere una dimensión crítica en la Zona 3 de la Ciudad de Guatemala, donde se concentra una importante cantidad de los desechos generados tanto por la capital como por los municipios aledaños. Diariamente, más de 6,000 toneladas de residuos son depositados en el área, poniendo de manifiesto la insuficiencia de los sistemas actuales de clasificación y tratamiento. Esta situación no solo exacerba la problemática de la contaminación ambiental, sino que también tiene un impacto directo en la calidad de vida y la salud de la población local (Banco Mundial, 2018).

A nivel internacional, la gestión de residuos sólidos se ha convertido en un tema cada vez más importante. La producción mundial de residuos urbanos supera los 2,000 millones de toneladas al año, cifra que se espera que aumente un 70% de aquí a 2050 (Banco Mundial, 2018). La tendencia mundial de aumentar la generación de residuos requiere soluciones de gestión de residuos innovadoras y sostenibles, siendo la clasificación precisa y el reciclaje eficiente elementos esenciales de cualquier estrategia exitosa de gestión de residuos.

En América Latina, y particularmente en Guatemala, el problema de la gestión de residuos se está agravando debido a diversos factores, entre ellos el crecimiento poblacional, la urbanización acelerada y las limitaciones en infraestructura y recursos asignados para este fin. A nivel nacional, Guatemala enfrenta desafíos importantes en el manejo de sus desechos sólidos, ya que las tasas de reciclaje siguen siendo muy bajas según los estándares internacionales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019). Esta situación se refleja en la acumulación de residuos en vertederos y espacios públicos, lo que contribuye a la contaminación ambiental y problemas de salud pública.

La Ciudad de Guatemala, como epicentro del problema nacional de gestión de residuos, experimenta directamente las consecuencias de un sistema inadecuado de gestión de residuos. Especialmente la Zona 3 se ha convertido en un punto crítico debido a la cantidad diaria de residuos. La incapacidad de clasificar y reciclar eficazmente una porción significativa de estos materiales no solo reduce la sostenibilidad ambiental de la ciudad, sino que también limita las oportunidades económicas asociadas con el reciclaje y la gestión eficiente de los recursos.

La transición hacia una economía circular, donde la reutilización y el reciclaje de materiales se conviertan en la norma, es otro pilar fundamental en la estrategia para abordar la gestión de residuos. Fomentar el desarrollo de una economía circular contribuirá a minimizar el impacto ambiental de los residuos, promoviendo prácticas de consumo responsable y sostenible. Esto implica no solo la adopción de tecnologías para una clasificación más efectiva, sino también el desarrollo de infraestructuras y mercados que faciliten y valoren el reciclaje de materiales.

Sin embargo, la tecnología y la infraestructura solas no son suficientes para transformar el panorama de la gestión de residuos. La participación comunitaria emerge como un componente crítico en este esfuerzo. Involucrar activamente a la comunidad local a través de programas de educación y concientización sobre el reciclaje es vital para cultivar una cultura de responsabilidad ambiental. Estas iniciativas deben estar diseñadas para informar a los ciudadanos sobre la importancia de la separación de residuos en origen y el impacto positivo que el reciclaje puede tener en el medio ambiente y la salud pública.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo de clasificación de desechos sólidos urbanos basado en técnicas de Deep Learning que mejore significativamente la eficiencia y precisión del proceso de reciclaje.

1.4.2 Objetivos Específicos

Estimar el incremento en el porcentaje de materiales reciclados recuperados mediante el uso de un sistema de clasificación asistido por Deep Learning, para evaluar la viabilidad económica y la optimización de recursos en las operaciones de reciclaje.

Analizar los costos asociados a la implementación y mantenimiento de un sistema de clasificación de desechos basado en Deep Learning, con el propósito de identificar estrategias de financiamiento sostenible que maximicen la relación costo-beneficio.

Medir el tiempo necesario para la implementación efectiva de un sistema de clasificación de desechos asistido por Deep Learning en una instalación de gestión de residuos, estableciendo un cronograma detallado para la adopción tecnológica y la capacitación de personal.

Optimizar el uso de recursos en el proceso de clasificación de desechos sólidos urbanos mediante la integración de tecnologías de Deep Learning, con el objetivo de minimizar el desperdicio de materiales reciclables y mejorar la sostenibilidad operativa.

1.5 Viabilidad

1.5.1 Viabilidad de mercado

Desde el punto de vista comercial, se identifican aproximadamente seis plantas de tratamiento que podrían beneficiarse directamente de la implementación de esta tecnología avanzada. Estas plantas representan un segmento inicial del mercado objetivo compuesto por entidades privadas que muestran un creciente interés en soluciones innovadoras para mejorar la eficiencia de sus procesos de gestión de residuos.

Aunque actualmente el proyecto se encuentra en la fase de prototipo y aún no se han establecido alianzas formales con posibles usuarios finales o patrocinadores, el reconocimiento del mercado existente para esta tecnología es prometedor. Se anticipa que, dada la urgencia global por mejorar las prácticas de reciclaje y manejo de residuos, juntamente con las tendencias regulatorias que favorecen la adopción de tecnologías sostenibles, habrá una receptividad significativa para la solución propuesta.

1.5.2 Viabilidad Técnica /Tecnológica

La viabilidad técnica del sistema de clasificación de desechos mediante técnicas de Deep Learning se apoya en la integración de componentes de hardware y software altamente especializados. El procesamiento de video y la identificación de objetos se ejecutarán a través de la placa Nvidia Jetson Nano, una unidad de procesamiento de gráficos (GPU) compacta pero potente, diseñada específicamente para aplicaciones de inteligencia artificial en el borde. La Jetson Nano es capaz de ejecutar múltiples redes neuronales en paralelo y procesar varios sensores de alta resolución, lo que la convierte en la opción ideal para nuestro sistema, ofreciendo un equilibrio óptimo entre eficiencia energética y capacidad de cómputo.

En cuanto a la gestión del hardware, se utilizará una placa Arduino para controlar los actuadores. La selección de Arduino como controlador de hardware se debe a su accesibilidad, flexibilidad y amplia comunidad de soporte. Con esta placa, se podrá manejar una variedad de piezas como motores, servos y sensores. Aunque este proyecto se encuentra en una etapa prototípica y se busca contención en los costos, se enfatiza la importancia de no comprometer la funcionalidad necesaria. La elección de componentes de bajo coste pero eficientes garantizará que el prototipo sea viable tanto en términos de presupuesto como de desempeño técnico.

En conjunto, la combinación de la Nvidia Jetson Nano y la placa Arduino permite crear un prototipo que no solo es técnica y económicamente viable, sino también escalable y adaptable para futuras mejoras y aplicaciones comerciales.

1.5.3 Viabilidad Soporte

La complejidad intrínseca de un sistema de clasificación de desechos sólidos basado en Deep Learning exige un soporte continuo y especializado, tanto para su mantenimiento como para la incorporación de mejoras e innovaciones que se identifiquen a lo largo de su ciclo de vida. Reconociendo esta necesidad, el proyecto contempla una estructura de soporte que garantizará un seguimiento efectivo y eficiente, permitiendo que el sistema evolucione de acuerdo con los avances tecnológicos y las necesidades emergentes del mercado.

El soporte técnico abarcará tanto el software como el hardware, asegurando que cualquier desafío técnico pueda ser abordado de manera proactiva. Esto incluye actualizaciones de firmware para la placa Arduino, parches de seguridad y mejoras de rendimiento para la Jetson Nano, así como la optimización continua de los algoritmos de Deep Learning que son el núcleo del sistema.

La escalabilidad y la sostenibilidad son dos pilares fundamentales de este proyecto, lo que significa que el soporte no se limitará a la solución de problemas, sino que se enfocará en la mejora continua. Se establecerán protocolos para el análisis de datos operativos y retroalimentación de los usuarios, lo que permitirá iterar sobre el diseño y las funcionalidades del sistema. Además, se anticipa la formación de una comunidad de usuarios y desarrolladores que contribuyan al crecimiento y refinamiento del proyecto mediante la colaboración abierta y la innovación compartida.

Con el compromiso de ofrecer un soporte robusto y una visión a largo plazo, este sistema está diseñado no solo para cumplir con las expectativas actuales, sino para adaptarse y prosperar en el futuro cambiante de la gestión de residuos y la tecnología de reciclaje.

1.5.4 Viabilidad administrativa

La administración efectiva del proyecto involucra no solo la correcta implementación y operación del sistema de clasificación de desechos mediante Deep Learning, sino también la gestión del cambio en las dinámicas laborales que esto conlleva. Las empresas de reciclaje que constituyen los usuarios finales del sistema son aquellas que buscan optimizar sus procesos a través de la automatización, mejorando la eficiencia y velocidad en la gestión de residuos.

Desde el punto de vista administrativo, es crucial disponer de técnicos de soporte con un alto grado de especialización. Estos profesionales deberán poseer un conocimiento profundo del sistema, tanto en su dimensión de software como de hardware, para ofrecer asistencia técnica y garantizar el funcionamiento óptimo del sistema. Aunque la implementación del sistema podría suponer un desplazamiento de ciertos puestos de trabajo manuales, también es evidente que promoverá la creación de roles más especializados. Estos nuevos puestos serán fundamentales para la supervisión, mantenimiento y mejora continua del sistema.

La administración del proyecto también considerará el desarrollo de programas de capacitación para el personal técnico, así como la creación de nuevos perfiles laborales adaptados a las necesidades tecnológicas emergentes. Esto no solo compensará la transición hacia una automatización más amplia, sino que también contribuirá al crecimiento profesional de los empleados y al desarrollo del sector.

Es indispensable, por tanto, que la estructura administrativa esté preparada para gestionar esta transición, asegurando que el personal reciba la formación necesaria y que el sistema cuente con el soporte técnico adecuado. Asimismo, será esencial establecer canales de comunicación efectivos entre los desarrolladores del sistema, los técnicos de soporte y los usuarios finales para facilitar una implementación exitosa y la adaptación al nuevo paradigma tecnológico en la industria del reciclaje.

1.5.5 Viabilidad Económica

La accesibilidad económica para la realización de proyectos innovadores en el ámbito de la inteligencia artificial y la electrónica ha mejorado considerablemente en la última década. Gracias a la reducción en los costos de producción y fabricación de componentes electrónicos, ahora es viable desarrollar sistemas complejos con presupuestos razonables. Esta tendencia económica favorable nos permite considerar la implementación de un sistema de clasificación de desechos avanzado sin incurrir en gastos excesivos.

El proyecto se centra en la utilización de tecnología eficiente en costos, lo que nos restringe a seleccionar componentes que, si bien no son los más avanzados del mercado, son más que suficientes para construir un prototipo funcional. Un ejemplo es la Nvidia Jetson Nano, una GPU que ofrece un equilibrio entre capacidad de procesamiento y precio. Según los precios de mercado a la fecha de la propuesta, la Jetson Nano está valorada en aproximadamente $99 USD, lo que la convierte en una opción económicamente viable para proyectos de inteligencia artificial con restricciones de presupuesto.

Para asegurar la viabilidad económica a largo plazo, el proyecto también contemplará un análisis de costos detallado para cada fase de desarrollo, incluyendo la investigación, la adquisición de componentes, la manufactura del prototipo, el despliegue del sistema y su mantenimiento. Además, se planificará un esquema de financiación que pueda soportar el crecimiento y la escalabilidad del proyecto, permitiendo así su evolución desde un prototipo hasta un producto comercial.

Es importante mencionar que, aunque la fase inicial del proyecto estará limitada a componentes que aseguren la funcionalidad básica requerida, se proyecta una transición futura hacia componentes de mayor rendimiento conforme el proyecto escale y los fondos lo permitan. Esta proyección asegura que el sistema no solo sea económicamente viable al inicio, sino que también pueda adaptarse y expandirse para satisfacer las demandas de un mercado en constante evolución.

Tabla 1

Viabilidad económica

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Concepto de costo | | Monto | | | |
| Costos de programación | |  | $2000.00 |  |  |
|  | Programación Arduino | $500.00 |  |  |  |
|  | Programación Sistema IA | $1500.00 |  |  |  |
| Placa Nvidia Jetson Nano Development | |  |  |  | $99.00 |
| Placa Arduino | |  |  |  | $25.00 |
| Componentes (motores, servos, sensores) | |  |  |  | $500.00 |
| Camera (Logitech 720p) | |  |  |  | $60.00 |
| Costos de manufactura | |  |  |  | $1000.00 |
| Margen de costos imprevistos 10% | | **$2000.00** | | **$388.40** | |
| Total | | **$4272.40** | | | |

1.6 Alcance

1.6.1 Geográfico

El presente proyecto de tesis se desarrollará en la región urbana del municipio de Guatemala, Guatemala.

Mapa

Descripción generada automáticamente

Figura 1. Ubicación del Área de Estudio en el Municipio de Guatemala, Guatemala.

1.6.2 Tecnológico o Técnica

El presente proyecto se centra en el desarrollo de un prototipo inicial, diseñado específicamente para evaluar la viabilidad y eficacia de un sistema de clasificación de desechos sólidos mediante el uso de tecnología de Deep Learning. El alcance tecnológico se limita a la implementación de las funcionalidades básicas requeridas para realizar pruebas críticas que permitan validar la propuesta. Implementación de un modelo de inteligencia artificial básico, enfocado en la clasificación precisa de un conjunto limitado de categorías de desechos sólidos (Papel, platicos y aluminio).

Uso de componentes de hardware específicos, como la Nvidia Jetson Nano y Arduino, seleccionados por su balance entre costo, disponibilidad y capacidad para procesar los algoritmos de IA y controlar los actuadores del sistema. El sistema estará capacitado para realizar tareas de clasificación en tiempo real, aunque inicialmente se trabajará con un espectro reducido de tipos de residuos para simplificar la validación del concepto.

El objetivo primordial es evaluar la efectividad del sistema en condiciones controladas, determinando su precisión, velocidad y fiabilidad en la clasificación de desechos. Este prototipo no busca reemplazar sistemas de clasificación de desechos a gran escala o ser una solución definitiva a los retos actuales en gestión de residuos. Más bien, sirve como un paso crítico hacia la comprensión de cómo las tecnologías emergentes pueden aplicarse de manera efectiva en este ámbito, estableciendo una base sólida para desarrollos futuros más complejos y completos.

El alcance tecnológico del proyecto se ha definido con el propósito de maximizar el aprendizaje y obtener insights valiosos sobre la integración de la inteligencia artificial en la gestión de residuos, manteniendo una perspectiva realista sobre las limitaciones actuales y futuras posibilidades de escalabilidad y mejora.

1.6.3 Persona/Empresa

El proyecto se orienta a transformar significativamente el entorno operativo de las empresas dedicadas al reciclaje, proponiendo una solución tecnológica que responde a la creciente demanda de sistemas automatizados en la industria. Al implementar nuestro prototipo de sistema de clasificación de desechos basado en Deep Learning, las empresas podrán experimentar una mejora notable en la eficiencia y efectividad de sus procesos productivos. Este avance no solo optimizará la separación y clasificación de los materiales reciclables sino que también contribuirá a una gestión más sostenible y económicamente viable de los residuos.

1.6.4 Temporal

La realización del proyecto se desarrollará a lo largo de varias fases clave, programadas meticulosamente para garantizar un avance efectivo y eficiente hacia el objetivo final. El tiempo estimado para completar el proyecto es de 3 a 4 meses, distribuido de la siguiente manera:

Captura de Requerimientos (1 semana), esta fase inicial se dedicará a la recolección y análisis detallado de los requerimientos tanto de software como de hardware. Aunque ya se tiene una idea preliminar de las necesidades tecnológicas, es crucial validar y especificar con precisión los requisitos para asegurar la viabilidad y la adecuación del proyecto.

Desarrollo del Prototipo (Hardware y Sistemas de Actuadores) (3 semanas), dado que el proyecto implica la creación de un robot con capacidad de desplazamiento e interacción con su entorno, esta etapa se centrará en el diseño y ensamblaje de los componentes físicos. Incluirá la selección e integración de motores, servos y otros actuadores necesarios para la movilidad y operatividad del prototipo.

Desarrollo y Entrenamiento de la Inteligencia Artificial (4 semanas), Esta fase abarcará la programación de algoritmos de Deep Learning y el entrenamiento de la IA. Se dedicará tiempo a la recopilación de datos, configuración de la red neuronal, pruebas iterativas y ajustes para optimizar el rendimiento del sistema en tareas de clasificación y reconocimiento.

Pruebas de Campo y Ajustes (2 semanas), una vez desarrollado el prototipo y la IA, se procederá a realizar pruebas de campo para evaluar la efectividad del sistema en entornos reales o simulados. Esta etapa permitirá identificar áreas de mejora y realizar los ajustes necesarios para afinar el rendimiento del prototipo.

Evaluación Final y Documentación (2 semanas), la última fase del proyecto incluirá una evaluación exhaustiva de los resultados obtenidos, la consolidación de las lecciones aprendidas y la preparación de la documentación final. Esto asegurará que el proyecto no solo cumpla con los objetivos propuestos, sino que también proporcione una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos.

1.6.5 Temático

El proyecto se centra en abordar una de las problemáticas contemporáneas más urgentes: la gestión eficiente de desechos sólidos. Esta cuestión, de gran relevancia para la sostenibilidad ambiental y la salud pública, sirve como punto de partida para nuestro estudio. La primera etapa del proyecto se dedicará a una exploración detallada de este desafío, identificando las deficiencias en los sistemas actuales de gestión de residuos y destacando la necesidad crítica de innovación en este campo. Esta fase, aunque breve, es fundamental para contextualizar nuestro trabajo y subrayar la importancia de adoptar nuevas soluciones tecnológicas para mejorar los procesos de reciclaje.

Tras establecer el marco de la problemática, el proyecto avanzará hacia el desarrollo de una solución tecnológica avanzada. Este sistema se basará en la implementación de redes neuronales convolucionales (CNN), una técnica de Deep Learning que ha demostrado ser particularmente efectiva para el análisis y la clasificación de imágenes. Al aplicar esta tecnología al proceso de clasificación de desechos sólidos, se busca no solo aumentar la eficiencia y precisión de la separación de los materiales reciclables, sino también ofrecer una herramienta que pueda adaptarse a la evolución de las necesidades y condiciones del entorno de gestión de residuos.

La discusión sobre las CNN abarcará tanto los fundamentos teóricos como las aplicaciones prácticas, incluyendo la selección del modelo, el entrenamiento de la red, la recolección y preparación de datos, y la evaluación de la efectividad del sistema. Este análisis técnico detallado proporcionará una comprensión profunda de cómo la inteligencia artificial y el aprendizaje automático pueden transformar y optimizar los procesos tradicionales de reciclaje.

1.7 Pregunta de Investigación

¿De qué manera afecta la precisión del modelo de Deep Learning en la clasificación de desechos sólidos urbanos a la eficiencia general del sistema de gestión de residuos?

¿Cuál es el impacto en la reducción de la huella ambiental al implementar un sistema de clasificación de desechos basado en Deep Learning?

¿En qué medida puede un sistema de clasificación asistido por Deep Learning aumentar el porcentaje de materiales reciclados recuperados?

1.7.1 Pregunta general

¿Cómo puede mejorar la clasificación de desechos sólidos urbanos mediante la integración de técnicas de Deep Learning para optimizar la eficiencia y precisión del proceso?

1.7.2 Preguntas específicas

¿De qué manera afecta la precisión del modelo de Deep Learning en la clasificación de desechos sólidos urbanos a la eficiencia general del sistema de gestión de residuos?

¿Cuál es el impacto en la reducción de la huella ambiental al implementar un sistema de clasificación de desechos basado en Deep Learning?

¿En qué medida puede un sistema de clasificación asistido por Deep Learning aumentar el porcentaje de materiales reciclados recuperados?

1.8 Hipótesis

La implementación de un sistema de clasificación de residuos sólidos basado en técnicas de Deep Learning representa una estrategia altamente efectiva y eficiente, ofreciendo significativas mejoras en la gestión de desechos. Dicha solución no solo promete una funcionalidad robusta y confiable, sino que también posee un potencial de escalabilidad extenso, lo que permite su adaptación y expansión futura para satisfacer demandas crecientes en la gestión de residuos.