

Proyecto Integrador – Diseño de Propuestas de Investigación Asistidas por IA

Nombre: Josue Ocampo

Carrera: Ing. Mecatrónica - Universidad Católica Boliviana

1. TÍTULO DEL PROYECTO

“Evaluación Automatizada de la Severidad de Defectos en Soldaduras Usando Tomografía Computarizada y Redes Neuronales 3D con Soporte de XAI para Validación Técnica en Entornos Industriales”

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Justificación breve y contextualizada:

La inspección de soldaduras es crucial para garantizar la integridad estructural en industrias como la automotriz, transporte de gasoductos, carburantes, aeroespacial y de fabricación pesada. Tradicionalmente, se emplean métodos como ultrasonido o radiografía, los cuales requieren interpretación humana experta y son limitados en profundidad volumétrica. La tomografía computarizada (TC) permite una inspección tridimensional precisa, pero genera una enorme cantidad de datos que son difíciles de analizar manualmente. Las redes neuronales convolucionales 3D (CNN 3D) pueden automatizar esta evaluación, pero su “caja negra” genera desconfianza en aplicaciones críticas.

Problema central:

¿Cómo puede integrarse una red neuronal convolucional 3D con técnicas de IA explicable (XAI) para clasificar y validar defectos en soldadura detectados por tomografía computarizada, asegurando confiabilidad técnica y comprensión por parte de inspectores humanos?

3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo general:

Diseñar y validar un sistema automático de evaluación de defectos en soldadura basado en imágenes de tomografía computarizada y redes neuronales 3D, que incorpore técnicas de explicabilidad (XAI) para su uso práctico en entornos industriales.

Objetivos específicos:

- - Recopilar y preprocesar un conjunto de datos 3D de soldaduras con defectos anotados (porosidad, grietas, falta de fusión).
- - Entrenar una red CNN 3D para clasificar los tipos y severidad de defectos.
- - Integrar técnicas XAI (Grad-CAM 3D, LIME adaptado, o similares) para explicar las decisiones del modelo.
- - Validar el sistema con inspectores humanos mediante estudios de caso y simulaciones.

- - Evaluar la factibilidad técnica y práctica del sistema para entornos industriales reales.

4. METODOLOGÍA PROPUESTA

Tipo de estudio y enfoque:

Estudio aplicado de tipo experimental, con enfoque mixto (Cuanti-Cuali):

- Cuantitativo: para análisis de precisión, sensibilidad, especificidad del modelo.
- Cualitativo: para análisis de percepción y comprensión de las explicaciones generadas (XAI) por expertos humanos.

Fuentes de datos y técnicas de análisis:

- Datos: Imágenes 3D reales obtenidas por tomografía computarizada industrial (μ CT) con anotaciones expertas en formato DICOM, uso de dataset públicos.
- Análisis:
 - Entrenamiento supervisado de CNN 3D.
 - Aplicación de Grad-CAM y/o técnicas XAI tridimensionales.
 - Validación cruzada y matriz de confusión.
 - Análisis cualitativo de entrevistas estructuradas con técnicos inspectores.
- Propuesta de prototipo Edge Computing para uso del modelo transformando una Raspberry Pi en un servidor de IA local.

5. HERRAMIENTAS DE IA PREVISTAS

Este proyecto integra herramientas de inteligencia artificial en varias etapas del proceso investigativo, como se describe a continuación:

Etapas	Herramienta	Propósito	Justificación
Búsqueda bibliográfica	Perplexity, Elicit, Gemini 2.5 Pro, Grok 3	Revisión rápida y sistemática sobre XAI y CNN 3D	Acelera el proceso y da contexto actualizado
Segmentación y preprocesamiento	Python OpenCV, NiBabel, SimpleITK)	Preparación y limpieza de imágenes 3D TC	Preprocesamiento automatizado y reproducible
Clasificación	PyTorch / TensorFlow (CNN 3D)	Entrenamiento de red neuronal 3D para clasificar defectos	Técnicas de aprendizaje profundo avanzadas
Explicabilidad	Captum, LIME 3D, Grad-CAM 3D	Generar mapas de calor e interpretaciones del modelo	Aporta transparencia y explicaciones comprensibles
Redacción y validación del manuscrito	Grammarly	Soporte para redacción técnica y gramática, revisor	Optimiza la calidad y claridad del documento final

6. ESTRATEGIA DE PUBLICACIÓN O DIVULGACIÓN

Producto final esperado:

- Artículo científico con enfoque técnico-divulgativo.
- Poster o presentación para congreso académico.
- Informe técnico para industria metalmecánica o educativa.

Público o medio de publicación:

- Revista de ingeniería (IEEE Transactions on Industrial Informatics, JIM, etc.).
- Congreso de mecatrónica, control e inteligencia artificial (por ejemplo, ITEC Bolivia, etc.).
- Presentación en aula universitaria como caso de aplicación real de IA ética.
- Defensa pública en acta con duración máxima de dos (2) horas.
- Presentación de empastado del documento trabajado en el formato definido por la Carrera con las medidas de seguridad necesarias para evitar sea copiada.

7. REFLEXIÓN FINAL BREVE

Esta propuesta, no solo contribuye técnicamente a mejorar la inspección automatizada en soldaduras industriales, sino que promueve el uso responsable y ético de herramientas de IA, además de su marco investigativo correspondiente. La integración de explicabilidad XAI en redes neuronales profundas fortalece precisamente la confianza y apropiación del sistema por parte de técnicos e ingenieros. Como Tesista-investigador, esta experiencia amplía las posibilidades pedagógicas y profesionales para formar a futuros ingenieros que no solo apliquen IA, sino que también comprendan sus límites, implicaciones y potencial social.