

Coordinación Académica del Posgrado
Dirección de Desarrollo de Talento

EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

Trabajo de Investigación de Doctorado

Desarrollo de una metodología para la detección de daño en plataformas marinas fijas por medio de análisis de vibraciones

M. I. Francisco Cisneros

Directores: Dr. Iván Félix González y Dr. Rolando Salgado Estrada

Periodo: Invierno 2025

Introducción y Alcance

- **Contexto:** Avances finales previos a la defensa de tesis (Evaluación de 7º Semestre).
- **Problemática:**
 - Crisis de mantenimiento en infraestructura envejecida.
 - "Data Scarcity": Escasez de datos reales de daño que inviabiliza el uso puro de algoritmos de Deep Learning.
- **Solución Propuesta:**
 - Hibridación de Algoritmos Genéticos (AG) con Modelos de Elemento Finito (FEM).

Metodología Propuesta (1/3): Flujo General

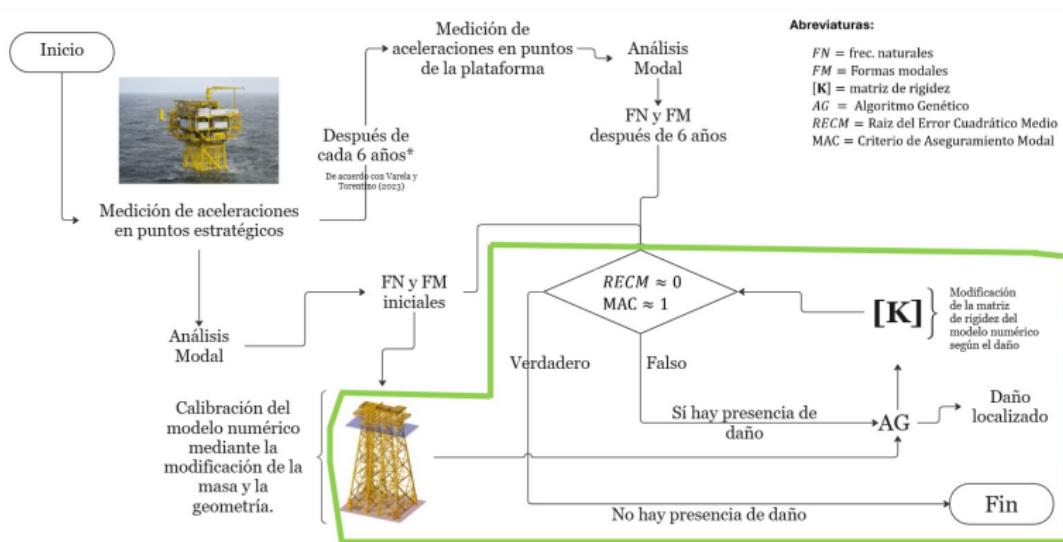


Figura: Flujo de identificación en plataformas reales.

Metodología Propuesta (2/3): Esquema Computacional

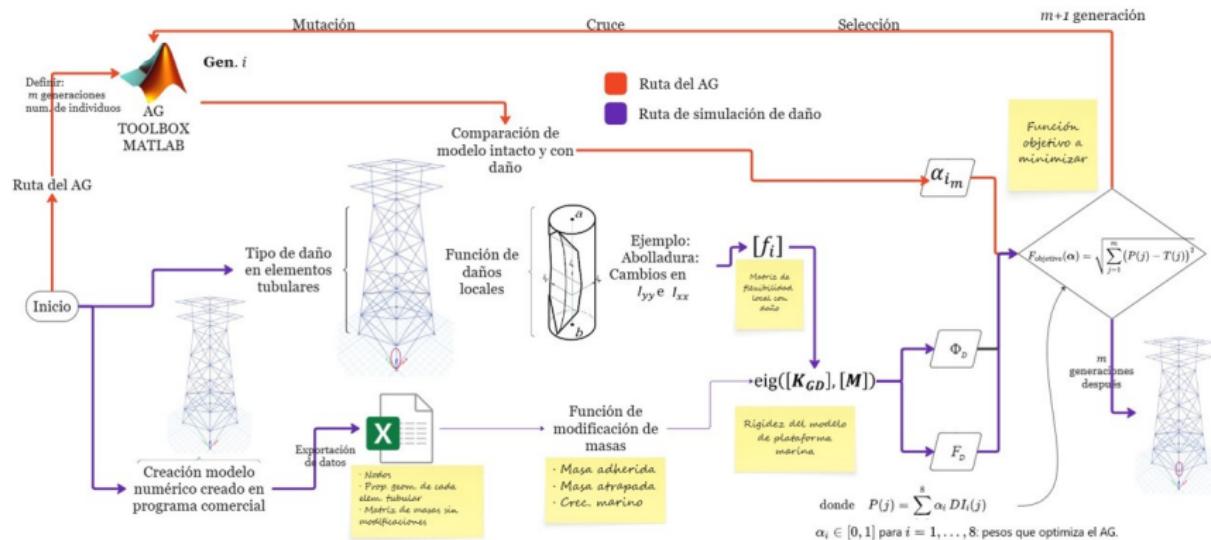


Figura: Esquema computacional del AG.

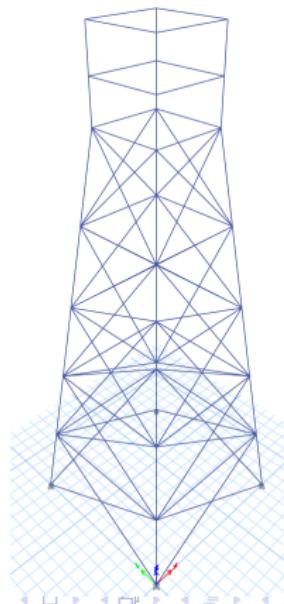
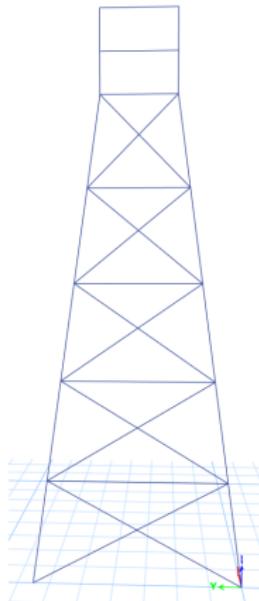
Metodología Propuesta (3/3): El Algoritmo Genético



Figura: Mecánica del AG: función objetivo y operadores genéticos.

Caso de Estudio: Plataforma Tipo Jacket

- Plataforma marina fija discretizada mediante elementos viga.



Efectos Iniciales y Ambientales (1/2)

Consideraciones: Inclusión de masa añadida hidrodinámica y crecimiento marino (biofouling).

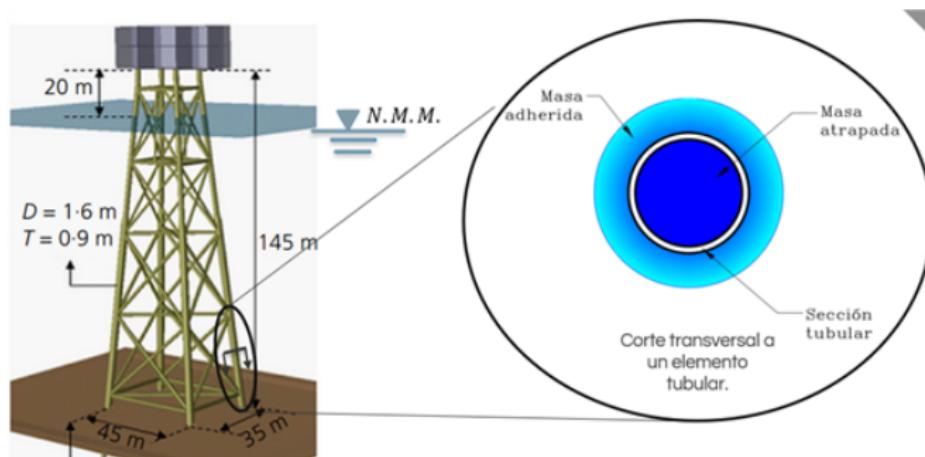


Figura: Detalle de Masa Hidrodinámica (Adherida y Atrapada).

Efectos Iniciales y Ambientales (2/2)

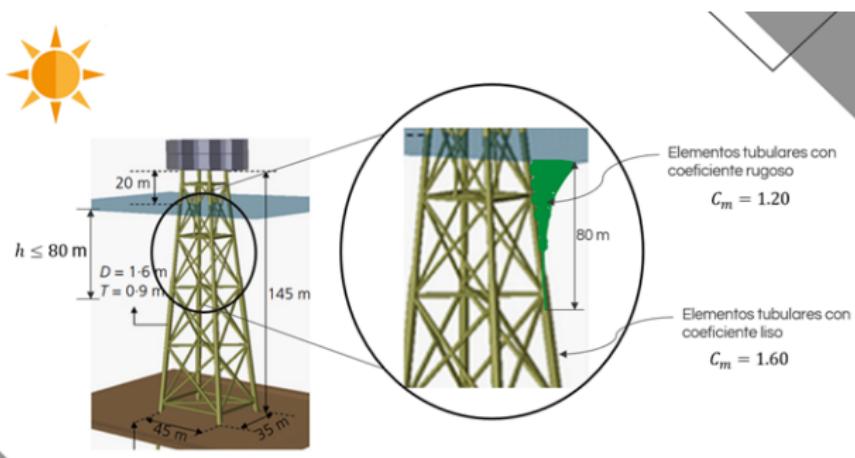


Figura: Modelado del Crecimiento Marino (Biofouling) y coeficientes rugosos.

Justificación de Daños: Fenomenología Zonal (1/2)

¿Por qué modelar Corrosión Uniforme? Aunque la corrosión puede ser local, para efectos de rigidez global (EI) en estructuras Jacket, la normativa (API/ISO) valida el modelo de **reducción uniforme de espesor** (t_{loss}) como el mecanismo que gobierna la pérdida de capacidad de carga.

Distribución Vertical de la Severidad: La pérdida de espesor **no es constante** en toda la altura. Se concentra drásticamente en la zona de humectación y secado (Splash Zone), creando un cuello de botella estructural.

Fuentes Normativas:

- ISO 19902:2007: Petroleum and natural gas industries – Fixed steel offshore structures. (Sec. 16.3 Structural Integrity).
- API RP 2A-WSD: Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms.

Justificación de Daños: Fenomenología Zonal (2/2)

Evidencia Forense: Tasas de corrosión medidas en campo.

Cuadro: Tasas de Pérdida de Espesor por Zona (Datos Forenses HSE)

Zona Vertical	Tasa Real ($mm/año$)	Riesgo Estructural
Splash Zone	0.8 - 1.2	CRÍTICO (Máx Δt)
Marea (Tidal)	0.4 - 0.6	Alto
Atmosférica	0.1 - 0.3	Medio
Sumergida	< 0.1	Bajo (Controlado por CP)

Justificación de Daños: Etiología y Severidad

Caracterización Forense: El origen del impacto (etología) define la morfología del daño y su riesgo asociado.

Cuadro: Clasificación de Daños por Causa Raíz (Datos WOAD/HSE)

Causa Raíz	Morfología del Daño	Ubicación Típica
Colisión Buque	Abolladura Alargada + Arqueo Global (Bowing)	Splash Zone ($\pm 10m$)
Objetos Caídos	Abolladura Aguda ("Knife-edge") / Perforación	Miembros Horizontales
Instalación	Abolladura Interna (Bulging)	Piernas / Elementos diagonales

Fuentes de Datos:

WOAD: Worldwide Offshore Accident Databank (Base de datos global de accidentes).

HSE: Health and Safety Executive (Agencia de seguridad del Reino Unido).



Aportación Novedosa: Índice de Calidad de Detección (ICD)

Definición ICD

Métrica híbrida optimizada evolutivamente que pondera:

- Sensibilidad de modos de vibración de orden superior.
- Robustez ante la incertidumbre.

Optimización

El Algoritmo Genético no solo busca el daño, sino que optimiza los pesos de ponderación del ICD para maximizar la detectabilidad.

Formulación Matemática del ICD

Ecuación General

El ICD se define como el producto de tres factores normalizados:

$$\text{ICD} = D \times C_{\text{norm}}(\delta) \times P_{\text{FP}}(N_{\text{FP}}) \quad (1)$$

Interpretación: $\text{ICD} \in [0, 1]$ (Donde 1.0 = Detección perfecta).

1. Éxito de Localización (D)

- **1.0:** Detección exacta.
- **0.5:** Nodo adyacente (valor parcial).
- **0.0:** Fallo o ubicación errónea.

2. Confianza (C_{norm})

- Escalamiento logarítmico.
- Reconoce la dificultad de detectar daños incipientes ($\alpha = 0.1$).

$$\frac{\ln(1 + \alpha\delta)}{\ln(1 + \alpha\delta_{\text{máx}})}$$

3. Penalización (P_{FP})

- Decaimiento exponencial.

$$e^{-N_{\text{FP}}}$$

Resultados: Detección de Abolladura (1/2)

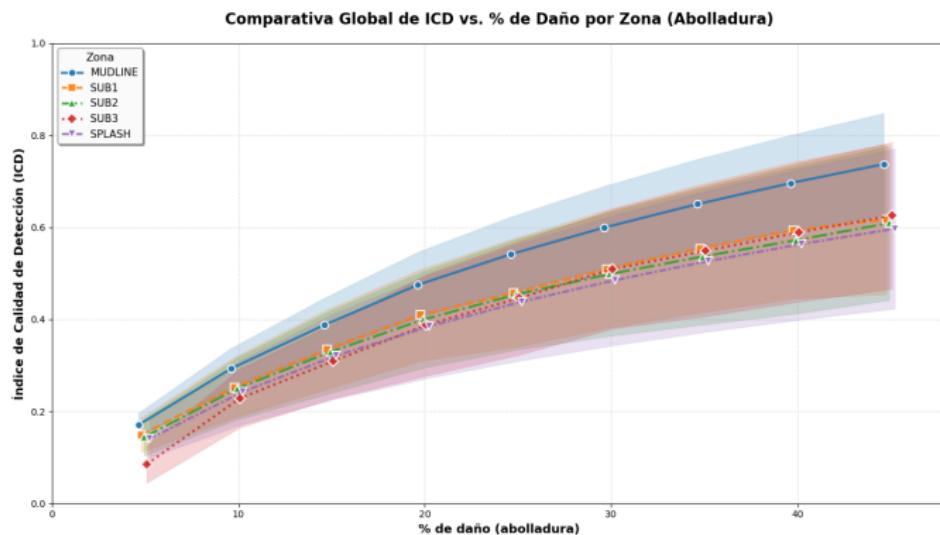


Figura: Comparativa Global ICD vs Daño

Resultados: Detección de Abolladura (2/2)

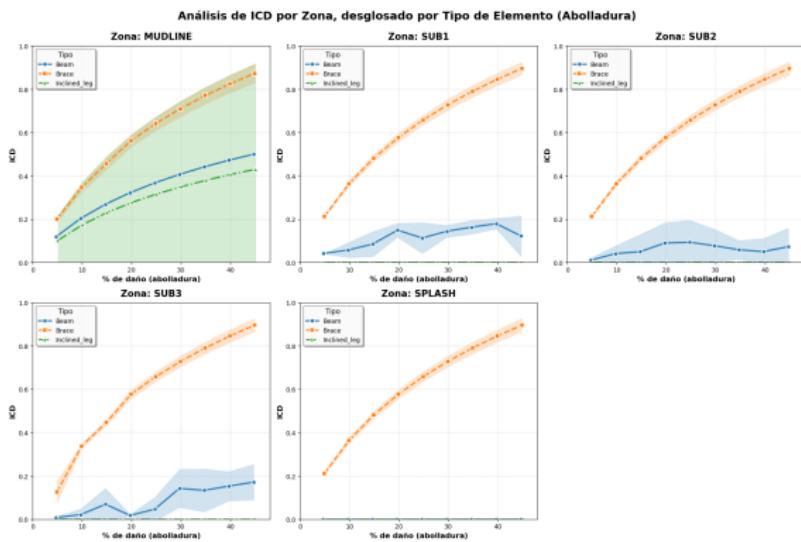


Figura: Desglose por Zona y Tipo de Elemento

Resultados: Detección de Corrosión (1/2)

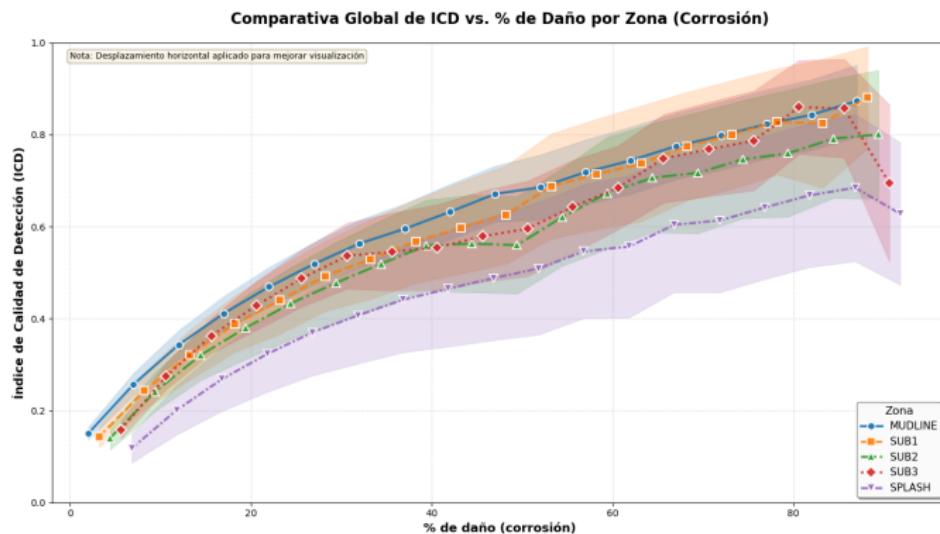


Figura: Comparativa Global ICD vs Corrosión

Resultados: Detección de Corrosión (2/2)

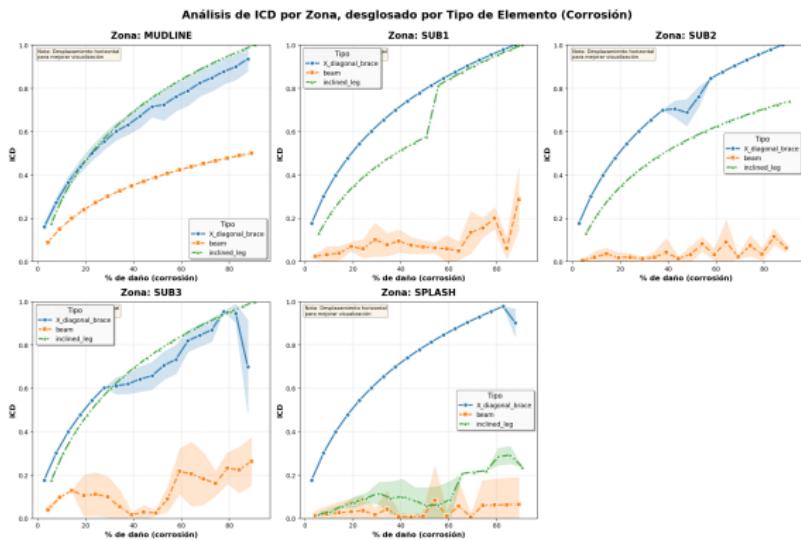


Figura: Desglose por Zona

Estatus de Publicación JCR

- **Título:**

"Proposal of a Detection Quality Index (DQI) for Damage Identification in Jacket Platforms Using Genetic Algorithms."

- **Revista Objetivo:**

Journal of Civil Structural Health Monitoring (Q1).

- **Estatus Actual:**

- Resultados del ICD consolidados.
- Artículo en proceso de redacción y formato.
- Requisito obligatorio para la graduación.

- **Antecedentes y Perspectiva:**

El manuscrito inicial fue rechazado en la revista *Ocean Engineering*. Sin embargo, dicha versión carecía de la validación robusta actual. La integración del nuevo **Índice de Calidad de Detección (ICD)** subsana las limitaciones previas y fortalece la contribución científica, asegurando una propuesta sólida para este nuevo envío.

Comentarios Finales y Siguientes Pasos

- ① **Validación:** El modelo simplificado de daño (abolladura/corrosión) demuestra ser computacionalmente eficiente y representativo.
- ② **Ruta Crítica (8º Semestre):**
 - Envío y revisión del artículo JCR.
 - Escritura final de la tesis.
 - Defensa de grado.
 - Profundizar en el estudio, generación y análisis de resultados para daños por grietas en la base (fagita) y deflexiones excesivas, aplicando la misma metodología.