



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SUBSISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

**TEMA TRABAJO DE TITULACIÓN:  
Análisis de costo – beneficio de la implementación de un área de  
mantenimiento predictivo basado en monitoreo de condición en un  
grupo camaronero en Durán**

**AUTOR:  
Andrade Castillo, Mark Joan**

**Previo a la obtención del Grado Académico:  
Magíster en Administración de Empresas**

**Guayaquil, Ecuador**

**2026**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SUBSISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el **Ing. Mark Joan Andrade Castillo**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **Magíster en Administración de Empresas**.

**REVISOR**

---

**Econ. Andrés Antonio Navarro Orellana, Mgs.**

**DIRECTORA DEL PROGRAMA**

---

**Econ. María del Carmen Lapo Maza, Ph.D.**

**Guayaquil, a los 03 días del mes de abril del año 2026**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SUBSISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Mark Joan Andrade Castillo**

**DECLARO QUE:**

El trabajo **Análisis de costo – beneficio de la implementación de un área de mantenimiento predictivo basado en monitoreo de condición en un grupo camaronero en Durán** previa a la obtención del **Grado Académico de Magíster en Administración de Empresas**, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de investigación del Grado Académico en mención.

**Guayaquil, a los 03 días del mes de abril del año 2026**

**EL AUTOR**

---

**Mark Joan Andrade Castillo**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SUBSISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Mark Joan Andrade Castillo**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del **Trabajo de titulación**, previo a la obtención del grado académico de Magíster en Administración de Empresas titulado: **Análisis de costo – beneficio de la implementación de un área de mantenimiento predictivo basado en monitoreo de condición en un grupo camaronero en Durán**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 03 días del mes de abril del año 2026**

**EL AUTOR:**

---

**Mark Joan Andrade Castillo**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SUBSISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

## REPORTE COMPILATIO



Certificado de análisis

Compilatio Magister+ | UCSG-EC- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Trabajo Final - Mark Joan Andrade Castillo (2)

ID : 1da7b7d76f249ed66a7a42d18f589c75a8f04975



**3%**

Textos sospechosos

**Nombre del fichero :** Trabajo Final - Mark Joan Andrade Castillo (2).txt  
**Tamaño del archivo original :** 1.13 MB  
**Número de palabras :** 3889  
**Número de caracteres :** 27116

**Depositante :** María del Carmen Lapo Maza  
**Fecha de depósito :** 1 de abril de 2026  
**Tipo de carga :** interface  
**fecha de fin de análisis :** 1 de abril de 2026

### Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

**Similitudes** **<1%**

**Sintáctica** <1%    **Semántica** No medido

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



**Detección de IA** **2%**

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA. Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



**Idiomas no reconocidos** **1%**

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua. Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.



### Fuentes de similitudes (sección 2/2)

**Similitudes** **<1%**

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



#### Fuente principal detectada

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones
1	<a href="https://hdl.handle.net/20.500.11797/TFM1493">Implementation of predictive maintenance 4.0 ...</a> hdl.handle.net/20.500.11797/TFM1493	<1%	

#### Fuente con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones
2	<a href="https://doi.org/10.1007/s10499-025-02069-7">Understanding the application of digital...</a> doi.org/10.1007/s10499-025-02069-7	<1%	
3	<b>Trabajo Final- Alvaro Garcia</b> #3e4c73 Viene de de mi biblioteca	<1%	
4	<b>Documento de otro usuario</b> #7493cc Viene de de otro grupo	<1%	

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa académica, dándome la fortaleza, sabiduría y constancia para alcanzar este logro.

A mi esposa, por su respaldo y comprensión durante todo el proceso de este trabajo.

A mis padres, por su apoyo constante a lo largo de mi vida. Los buenos valores que me han inculcado han sido importantes para llegar hasta aquí.

A la Universidad Católica Santiago de Guayaquil y a los docentes de cada materia, gracias por los conocimientos y experiencias compartidas, por haber aportado de gran manera a mi desarrollo profesional.

La culminación de esta meta representa el cierre de una gran etapa, pero a su vez el comienzo de nuevos retos y desafíos que asumiré con mucho entusiasmo.

**MARK JOAN ANDRADE CASTILLO**

## **DEDICATORIA**

A mi esposa, Amy Villacis, por su amor, respaldo y acompañamiento constante a lo largo de este camino. Su apoyo ha sido esencial para mantenerme perseverante y comprometido para culminar este proyecto.

A mi hija, Aitana Andrade, quien se convirtió en una gran fuente de inspiración en esta nueva etapa de mi vida. Este logro es también para ella, como reflejo de la dedicación y disciplina que deseo transmitirle en su futuro.

A mis padres Emilio Andrade y Elisa Castillo, quienes han sido un pilar fundamental en mi formación personal y profesional. Su apoyo incondicional ha forjado las bases que me han permitido alcanzar cada una de mis metas.

**MARK JOAN ANDRADE CASTILLO**

## Introducción

La industria camaronera opera equipos críticos como estaciones de bombeo, reductores, motores y aireadores eléctricos en ambientes húmedos y salinos, con alta exigencia de continuidad. La presión por reducir costos y mejorar la eficiencia energética obliga a adoptar estrategias de mantenimiento más precisas. En este contexto, nace la motivación de evaluar si un área de mantenimiento predictivo (PdM), soportada en análisis de vibraciones y termografía, genera los beneficios suficientes para justificar su inversión en un grupo camaronero de Durán. La propuesta de estudio a partir del razonamiento práctico es que el PdM proporciona información anticipada sobre fallas potenciales, reduce el número de paradas no programadas, reduce el número de mantenimientos correctivos, optimiza los costes, los repuestos y la mano de obra y mejora los niveles de disponibilidad y confiabilidad de los activos.

La digitalización y el IoT han empujado al PdM hacia el interior del sector acuícola en los últimos años. Sensores, telemetría y analítica de datos en tiempo real permiten además establecer alarmas tempranas, lo que permite tomar decisiones adecuadas (Abdullah et al., 2024, Wang et al., 2021). Estos trabajos plantean arquitecturas de granja inteligente que elevan la eficiencia del manejo y la capacidad de respuesta, aunque advierten situaciones como corrosión de sensores, conectividad en zonas remotas y falta de estándares de datos (Wang et al., 2021).

De manera complementaria, la evolución del monitoreo de condición en máquinas eléctricas confirma que las estrategias modernas de mantenimiento predictivo dependen cada vez más de arquitecturas basadas en sensores, transmisión de datos y analítica orientada a la gestión de activos, lo cual fortalece la toma de decisiones en activos críticos de operación continua (Doorsamy, 2025). Al mismo tiempo, revisiones recientes relacionadas con tecnología digital aplicada a la acuicultura indican que el uso

del IoT, los sensores inteligentes y el monitoreo remoto son elementos que aumentan la visibilidad operativa, que además contribuyen a mejorar procesos que sean más eficientes y sostenibles en entornos complejos (Adebayo et al., 2025).

En el ámbito de soluciones han surgido sistemas de gestión que fusionan IoT con modelos de inteligencia artificial para predecir variables del cultivo, para permitir la ejecución ajustes en la operación. La evidencia ha mostrado mejoras procesales en visibilidad operativa y pronóstico, y validaciones de estos en el ámbito real (Chiu et al., 2022). En camaroneras que cuentan con una cantidad de frentes operativos, estos avances sugieren que el PdM pueda escalar si se priorizan los activos críticos y se modelan indicadores simples y de confianza.

Desde el punto de vista energético, las investigaciones experimentales demostraron que los esquemas de control optimizados de las bombas disminuyen en gran medida el nivel de consumo respecto a las estrategias tradicionales (Ullah & Kim, 2018). La convergencia entre el PdM y la eficiencia energética representa un aspecto fundamental en el bombeo y la aireación: modos de fallo como el desequilibrado, la desalineación o las holguras se asocian a pérdidas de energía; intervenir en la fase anterior al fallo evita paradas no programadas y corrige ineficiencias que aumentan significativamente el coste de mantenimiento y de producción.

Un aspecto determinante para la operación de bombeo, y para la fiabilidad de los motores y trenes de potencia, es la aparición de la cavitación y sus efectos sobre la dinámica del eje. Los autores demuestran que la evolución de la cavitación en regímenes transitorios (arranques, cambios de carga) se traduce en el aumento de la vibración del eje, aportando explicaciones físicas y trayectorias de daño que resultan útiles para definir puntos de sensado y umbrales de alarma en programas de monitorización bajo condición. Para las camaroneras que presentan estaciones de

bombeo expuestas a caudales variables, y altura neta positiva de succión (NPSH), estos hallazgos justifican la instrumentación con acelerómetros en los rodamientos y en la carcasa, y la correlación vibro-hidráulica en eventos operativos críticos (Sun et al. 2025).

Como complemento al monitorizado de vibraciones, la termografía infrarroja proporciona evidencia objetiva de la degradación de los componentes eléctricos. A través de lo que se aplicó en un artículo de Measurement, un análisis de la incertidumbre de las inspecciones termográficas demuestra que establecer el cuantificado de la incertidumbre de medida es importante para poder discriminar entre el calentamiento propio de la carga, y las verdaderas anomalías térmicas asociadas con fallos potenciales (holguras, sobrecarga de fase, puntos de alta resistencia); Integrar criterios de incertidumbre en las rutas de PdM permite fijar umbrales confiables, reducir falsos positivos y priorizar órdenes de trabajo en los sistemas eléctricos con alta criticidad (Ferreira et al., 2019).

Desde el enfoque administrativo, la literatura recomienda el análisis de costo–beneficio (ACB) para fundamentar decisiones de inversión en acuicultura, incorporando externalidades, riesgos e incertidumbre (Samat et al., 2024). El ACB admite pasar de las percepciones técnicas a las medidas estimadas de la conveniencia financiera que tiene para una situación concreta el PdM, ya que en un programa de PdM los beneficios se entienden en función de las lesiones que se evitan, los menores costes por los mantenimientos correctivos altos y las mejores pérdidas por indisponibilidad.

Y en definitiva, los antecedentes se aglutinan en tres vertientes: (1) el PdM ha madurado en la industria y se puede adaptar a la acuicultura (Abdullah et al., 2024; Wang et al., 2021); (2) anticipar fallos en el equipamiento rotatorio y en los sistemas eléctricos es beneficioso en términos operativos, hasta energéticos (Chiu et al., 2022;

Ullah & Kim, 2018) pero evidencias de las vibraciones provocadas por cavitaciones transitorias y orientadas a los puntos de monitoreo (Sun et al., 2025) y de criterios de incertidumbre en termografía que pueden fijar límites de seguridad y evitar falsos positivos (Ferreira et al. 2019); y (3) el ACB es una buena herramienta para comparar los costes de reinstrumentación, el de la capacitación y el de la elaboración de datos, ya que permite compararlos con los beneficios monetarios así como las mejoras en términos de seguridad y cumplimiento normativo (Samat et al., 2024).

Con base a lo anterior, el objetivo central de este estudio es evaluar el costo–beneficio de implementar un área de PdM basada en monitoreo de vibraciones y termografía en un grupo camaronero de Durán, durante el año 2025. El análisis se realizará en la camaronera matriz ya que es la que está tecnificada al 100% en sus sistemas, cuenta con una operación continua, múltiples estaciones de bombeo, kilómetros de redes eléctricas de media tensión que alimentan a una flota amplia de aireadores eléctricos en operación continua. Se analizarán datos históricos de fallas y costos, y registros de pilotos de PdM, para estimar ROI.

## **Metodología**

En este capítulo, se describe la metodología aplicada en la investigación, la cual es un estudio de caso con enfoque mixto que posee distintas herramientas para la adquisición de datos técnicos y cualitativos. Se utilizará un levantamiento focalizado en el año 2025 mediante rutas de vibraciones, termografía aplicada. Este enfoque permite evaluar, con datos reales de operación continua, el efecto del mantenimiento predictivo sobre los costos correctivos, la confiabilidad (Tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparaciones, disponibilidad) y la opinión del personal de mantenimiento.

### **Instrumentos de recolección de información**

El enfoque mixto es el adecuado para este proyecto, ya que combina análisis cuantitativo de datos de monitoreo por condición con un análisis cualitativo basado en entrevistas a personal clave de mantenimiento, enmarcado como un estudio de caso aplicado a la industria camaronera.

Se generaron datos cuantitativos de indicadores de monitoreo obtenidos de rutas predictivas y sistemas de gestión predictiva del departamento de mantenimiento de la camaronera. Los indicadores abordan mediciones específicas de Consumo energético (kWh), Costos de mantenimiento, Vibraciones con Telemetría global triaxial (Axial, Vertical, Horizontal), Espectros de forma de onda (Transformada de Fourier), Tendencias termográficas, las cuales permiten identificar fallas potenciales (Peeters et al., 2015).

Con el método cualitativo se generaron perspectivas y opiniones técnicas de adquisición de nuevas metodologías y tecnologías en la industria. Se recopilaron, a través de entrevistas orientadas a efectividad, desafíos y sugerencias.

## Sensores de vibraciones

Sensores que fueron colocados en los motores eléctricos y reductores de las estaciones de bombeo, para recopilar el comportamiento en vibraciones de cada activo.

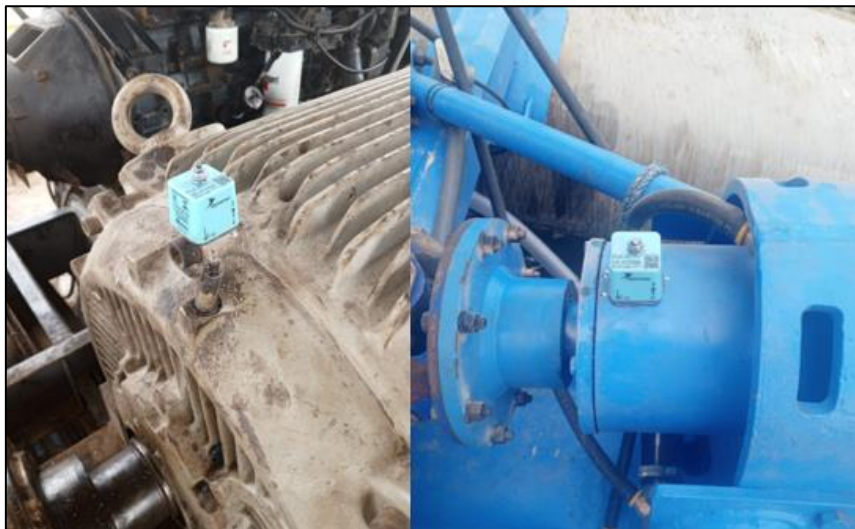
Recopiló información detallada en relación con:

- Telemetría global de vibraciones en los 3 ejes vibracionales (Axial, Horizontal, Vertical).
- Espectros de forma de onda (análisis avanzado) del comportamiento de vibraciones de los activos.
- Temperatura en tiempo real del activo, esencial para determinar si con el tiempo se genera un comportamiento anormal en la operación.

Los datos recolectados se utilizaron para monitorear en tiempo real el estado de los equipos, contribuyendo a predecir fallas potenciales para evitar paradas en la operación no programadas.

### Figura 1

*Sensores de vibración triaxial en motor eléctrico y reductor*



**Nota.** Elaboración propia.

## Cámara termográfica profesional

Cámara manual de termografía usada en rutas de inspección predictiva a la red eléctrica de media tensión de la camaronera.

Recopiló información detallada en relación con:

- Detección de puntos calientes en elementos de media tensión (seccionadores, aisladores, conectores, fusibles, grapas)
- Variación en la temperatura en comparación entre elementos similares.

Las imágenes recolectadas se utilizaron para monitorear de manera frecuente el comportamiento térmico de la red eléctrica. Como se muestra en la Figura 2, este proceso se apoya en el uso de una cámara termográfica, la cual permite identificar de forma temprana puntos calientes y prevenir fallas potenciales.

### Figura 2

*Cámara termográfica manual utilizada en inspecciones eléctricas*



**Nota.** Elaboración propia.

## Entrevistas

Se implementó una base de preguntas abiertas adjuntas en los anexos para entrevistar a colaboradores cuidadosamente seleccionados con enfoque en la administración y mantenimiento de los sistemas; las preguntas abarcan:

- Temas profundos sobre las problemáticas en los sistemas de bombeo y red eléctrica.
- Opiniones sobre ventajas y retos de adaptar nuevas tecnologías en la industria.
- Recomendaciones para realizar de manera eficaz la integración de nuevos sistemas.

Las entrevistas relacionadas lograron recopilar información muy importante que complementa los análisis técnicos recolectados.

## Participantes

Serán los colaboradores que están ligados directamente a la operación y mantenimiento del sistema de la camaronera. Las personas seleccionadas tienen funciones y roles importantes en la gestión de mantenimiento:

- **Jefe de Mantenimiento:** Líder de todo lo que sucede en mantenimiento, esencial para determinar problemas globales potenciales y evaluar la aceptación de nuevas tecnologías aplicadas a mantenimiento.
- **Coordinador Eléctrico:** responsable de supervisar y garantizar el buen funcionamiento y comportamiento eléctrico en la camaronera
- **Coordinador Mecánico:** responsable de supervisar el comportamiento operativo mecánico de los grupos de bombeo de la camaronera

Los participantes en mención fueron determinados por medio de un proceso de muestreo intencional, debido a que este proyecto está enfocado a la mejora interna de mantenimiento, evolucionar la industria a un sistema IoT.

### **Procedimiento**

Este proyecto fue elaborado por fases, con el fin de poder abordar todos los aspectos específicos y asegurar una correcta recopilación de datos:

- **Planeación:** Alcance permitido, permisos, seguridad industrial (bloqueo/etiquetado y EPP), definición de activos críticos y preparación de formatos.
- **Plan piloto PdM:** Recolección de datos de vibraciones y termografía: ajuste de alertas, tiempos de recolección de datos, repetitividad, precisión.
- **Recolección:** Recogida y filtrado de datos, rutas de predicción térmica / vibraciones, upload de datos, análisis de tendencias y comportamientos.
- **Indicadores calculados:** Confiabilidad de los activos, número de fallos anticipados, gastos de mantenimiento.
- **Evaluación económica y escenarios:** escenario base (sin PdM) vs. escenario con PdM; ROI, VAN.
- **Entrevistas:** Entrevistas encauzadas con los interlocutores que han sido escogidos para hacer participar al público objetivo en la implementación del proyecto, permitiendo así un primer transvase de cómo se puede experimentar una evolución de la empresa gracias al PdM.
- **Validación y cierre:** Revisión con la gerencia de mantenimiento, lecciones aprendidas y limitaciones.

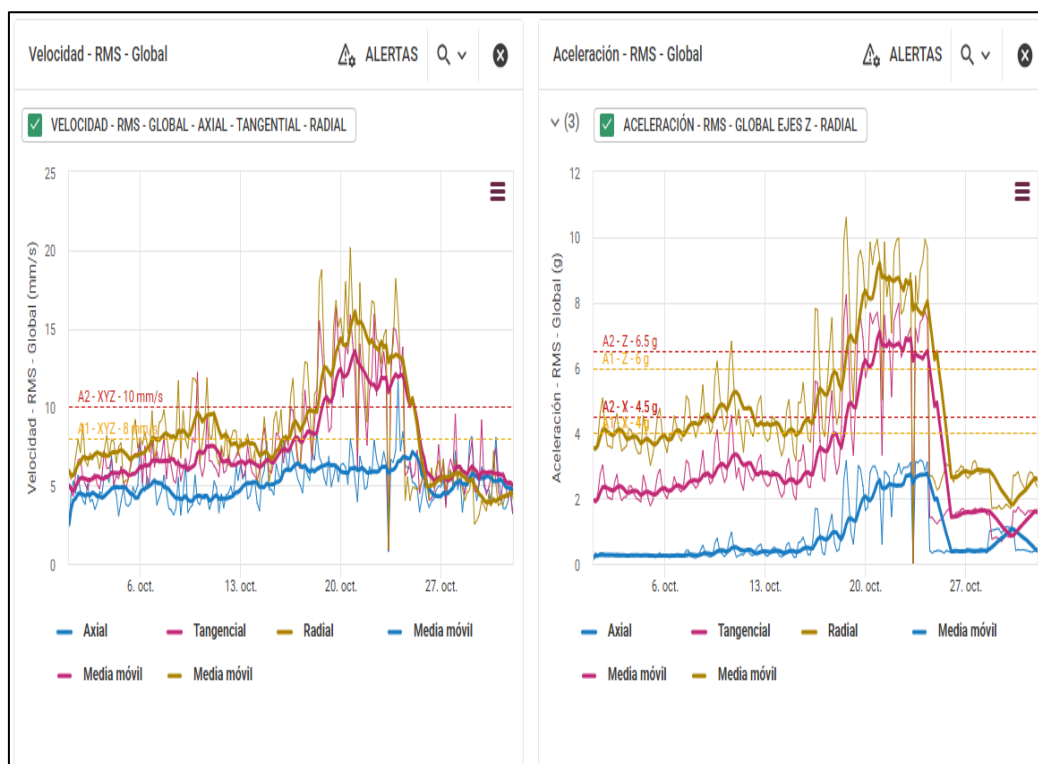
## **Resultados**

El presente capítulo expone los resultados obtenidos a partir de la implementación del mantenimiento predictivo basado en monitoreo de condición. De acuerdo con la metodología planteada, los resultados se estructuran bajo un enfoque mixto de estudio de caso, el cual integra evidencia cuantitativa, proveniente del monitoreo técnico de los activos críticos, y evidencia cualitativa, obtenida a partir de entrevistas a personal estratégico del área de mantenimiento. Cabe mencionar que la información recolectada es organizada por medio de tablas y figuras detalladas.

### **Resultados cuantitativos en Vibraciones**

El monitoreo continuo de vibraciones fue aplicado a motores eléctricos y cajas reductoras de las estaciones de bombeo consideradas críticas en la operación de la camaronera. Las mediciones incluyeron telemetría global triaxial (axial, horizontal, vertical), análisis espectral y seguimiento de tendencias.

Los resultados dieron a conocer incrementos progresivos en los niveles de vibración en uno de los activos, el cual fue identificado de manera oportuna como un comportamiento anormal respecto a los valores establecidos. En el caso analizado, el incremento sostenido en vibración permitió detectar una anomalía en la base estructural del motor eléctrico, lo que generaba una condición operativa anormal. Esta intervención temprana evitó el escalamiento de la falla hacia daños mayores en rodamientos, acoples, y la consecuente parada no programada del activo.

**Figura 3***Análisis de vibraciones*

**Nota.** Registros del sistema de monitoreo predictivo de la camaronera

En la figura 3 se muestra la tendencia creciente de vibraciones detectada mediante monitoreo por condición, lo cual permitió identificar de manera oportuna una falla potencial en la estructura de soporte del activo.

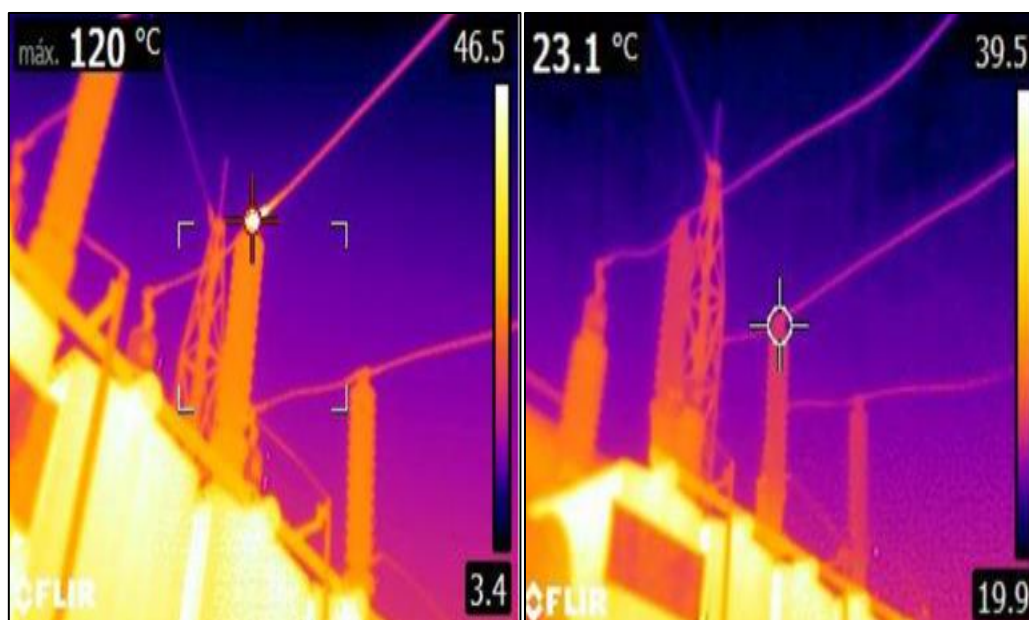
### Resultados cuantitativos en Termografía

A través de rutas programadas, se realizaron inspecciones termográficas sobre la red eléctrica de alta, media tensión y los principales componentes de la subestación eléctrica. Las inspecciones permitieron identificar diferencias de temperatura muy significativas entre componentes similares, específicamente en conexiones principales de seccionadores.

En un evento relevante, la inspección termográfica detectó un punto caliente en una conexión crítica de todo el sistema eléctrico, cuya temperatura superaba enormemente los rangos aceptables para condiciones normales de operación. La detección y corrección inmediata de este evento evitó una falla mayor que habría escalado en la parada total del transformador de potencia y la interrupción total del suministro eléctrico de la camaronera.

#### Figura 4

*Ruta termográfica en la subestación eléctrica*



**Nota.** Registro de inspección termográfica de la subestación eléctrica

En la figura 4 se observa la detección temprana de un punto caliente en la conexión principal del transformador de potencia a nivel de alta tensión.

**Tabla 1**

*Indicadores de mantenimiento antes y después de la implementación del mantenimiento predictivo*

<b>Indicador</b>	<b>Sin mantenimiento predictivo</b>	<b>Con mantenimiento predictivo</b>
Confiabilidad	Baja	Alta
Nº de fallas anticipadas	0	2
Gasto de mantenimiento	\$350,000	\$50,000

*Nota.* Los valores corresponden a registros de costos de mantenimiento asociados a la reposición de activos y a la adquisición de tecnologías necesarias para la implementación del mantenimiento predictivo.

Los \$350,000 están desglosados por el motor eléctrico de estación de bombeo que representa un valor de \$20,000 y el transformador de potencia \$330,000 si las fallas se hubieran producido y ocasionado las pérdidas de los activos (escenario sin mantenimiento predictivo). Los \$50,000 representan costos asociados a sensores, equipos de medición, personal especializado y las intervenciones planificadas tras la detección temprana durante el piloto (escenario con mantenimiento predictivo).

### **Resultados cualitativos: análisis de entrevistas**

Los resultados cualitativos del estudio se desarrollaron mediante entrevistas al personal estratégico del área de mantenimiento, con el objetivo de complementar la evidencia técnica y evaluar la percepción sobre la implementación del mantenimiento predictivo en la empresa.

### **Resultado por participante**

#### **Participante 1 – Jefe de Mantenimiento**

Señaló que la implementación del mantenimiento predictivo permite aumentar la confiabilidad de los activos críticos, reduce paradas no programadas y optimiza el uso

de recursos económicos y humanos. Destacó que anticipar las fallas facilita una mejor planificación y toma de decisiones a la gerencia.

### **Participante 2 – Coordinador Eléctrico**

Indicó que la termografía ha sido una herramienta estratégica para identificar anomalías en la red eléctrica, permite intervenir en las conexiones defectuosas antes que generen una falla mayor que afecte a la producción del camarón.

### **Participante 3 – Coordinador Mecánico**

Indicó que monitorear las estaciones de bombeo por medio de los sensores de vibraciones ayuda enormemente a la detección temprana de problemas mecánicos, tales como desalineaciones, holguras estructurales, cavitación y condiciones anormales en la operación, este sistema evita daños severos en componentes críticos.

### **Categorización del análisis cualitativo**

A partir de las respuestas brindadas del análisis, se identificaron categorías en común que reflejan los principales aportes del mantenimiento predictivo desde la perspectiva del personal que fue entrevistado.

**Tabla 2**

*Categorías del análisis cualitativo*

<b>Categoría</b>	<b>Evidencia principal</b>
Confiabilidad operativa	Menor número de fallas no programadas
Reducción de costos	Evitar reposición de activos perdidos
Innovación tecnológica	Uso de herramientas predictivas avanzadas
Aceptación organizacional	Alta disposición del personal

*Nota.* Las categorías fueron obtenidas a partir de la temática de las respuestas del personal entrevistado.

### **Análisis Costo – Beneficio**

Con el fin de evaluar la viabilidad económica del proyecto, se realizó un análisis costo – beneficio considerando una inversión inicial en equipos de medición, sensores y

personal especializado, frente a los ahorros generados por la reducción de fallas no programadas y evitar la pérdida de los activos producto de las fallas.

**Tabla 3**  
*Análisis Costo – Beneficio*

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Inversión inicial (USD)	\$80,000
Ahorro estimado (USD)	\$300,000
Beneficio neto (USD)	\$220,000
Retorno de inversión (ROI)	275%

*Nota.* La inversión inicial incluye la adquisición de sensores de vibración, cámara termográfica y contratación de personal técnico especializado enfocado al mantenimiento predictivo. Los cálculos se realizaron con base en los costos de reposición de los activos críticos y en la inversión inicial del proyecto, de acuerdo con los valores expuestos en el presente apartado.

A continuación, se presenta el desglose de los valores expuestos en la Tabla 3.

Si bien el ROI obtenido es muy elevado debido a que el análisis económico incorporó un escenario conservador de riesgo, el cual indica que las fallas detectadas mediante el mantenimiento predictivo si no hubieran sido atendidas de manera oportuna, podrían evolucionar a fallas catastróficas derivando en la pérdida del activo.

En el caso de las estaciones de bombeo, la falla no atendida del motor eléctrico puede derivar en el reemplazo de un equipo nuevo, cuyo costo de reposición se estima en \$20,000 por unidad. De igual manera, en el sistema eléctrico, una falla progresiva que no es corregida en componentes críticos del transformador de potencia de la subestación eléctrica puede afectarlo totalmente, su costo de reposición se aproxima a \$330,000.

Por medio de este enfoque, los ahorros considerados en el análisis costo – beneficio no se limitan a la reducción de gastos de mantenimiento correctivo, sino que incluyen costos evitados por la no reposición de activos críticos. Lo cual explica el alto retorno calculado. No obstante, los resultados deben interpretarse en el contexto específico del estudio de caso y no generalizarlo a todas las instalaciones sin considerar las condiciones operativas particulares.

## Conclusiones

- El estudio permitió evaluar, desde un enfoque mixto, el impacto técnico, operativo y económico de la implementación de un área de mantenimiento predictivo basada en monitoreo de condición en un grupo camaronero. A partir de los resultados obtenidos, la implementación es técnica, operativa y económicamente viable.
- Los resultados cuantitativos evidenciaron que aplicar la analítica de vibraciones y termografía permitió detectar fallas potenciales antes que evolucionen a fallas funcionales. Esto redujo paradas no programadas en la operación, incrementó la confiabilidad, los cuales son primordiales para el proceso productivo.
- El análisis cualitativo, confirmó que este estudio tiene una alta aceptación en la organización. Todos los participantes coincidieron en que estas nuevas tecnologías facilitan la planificación, mejoran la toma de decisiones y aportan a una gestión más eficiente de los recursos.
- Desde el enfoque económico, el análisis costo – beneficio demostró que la inversión en equipos y personal especializado es compensada por los ahorros que se generan por evitar fallas de alto impacto. Aunque el retorno es alto, el resultado se explica por el valor elevado de reposición que tienen los activos analizados, lo que refuerza la tendencia de mantener el mantenimiento predictivo desde la perspectiva del riesgo económico prevenir.
- Se concluye que incluir un área de mantenimiento predictivo no solo tiene una mejora de tipo técnico, sino que la integra y mejora como un timing correcto en la gestión de confiabilidad. Se recomienda que futuras investigaciones amplíen el periodo de análisis, incorporen variables de energía y repliquen el estudio en otras empresas camaroneras para poder evaluar su aplicabilidad.

### Referencias Bibliográficas

- Abdullah, A. F., Man, H. C., Mohammed, A., Karim, M. M. A., Yunusa, S. U., & Jais, N. A. B. M. (2024). Charting the aquaculture internet of things impact: Key applications, challenges, and future trend. *Aquaculture Reports*, *39*, 102358. <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2024.102358>
- Adebayo, I. T., Ajibola, S., Ahmad, A., Cartujo, P., Muritala, I., Elegbede, I. O., Cabral, P., & Martos, V. (2025). Understanding the application of digital technologies in aquaculture supply chains through a systematic literature review. In *Aquaculture International* (Vol. 33, Number 6). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-02069-7>
- Chiu, M. C., Yan, W. M., Bhat, S. A., & Huang, N. F. (2022). Development of smart aquaculture farm management system using IoT and AI-based surrogate models. *Journal of Agriculture and Food Research*, *9*. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100357>
- Doorsamy, W. (2025). Condition Monitoring of Electric Machines: Modern Frameworks and Data-Driven Methodologies. In *Machines* (Vol. 13, Number 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/machines13020144>
- Ferreira, R. A. M., Silva, B. P. A., Teixeira, G. G. D., Andrade, R. M., & Porto, M. P. (2019). Uncertainty analysis applied to electrical components diagnosis by infrared thermography. *Measurement*, *132*, 263–271. <https://doi.org/10.1016/J.MEASUREMENT.2018.09.036>
- Peeters, J., Arroud, G., Ribbens, B., Dirckx, J. J. J., & Steenackers, G. (2015). Updating a finite element model to the real experimental setup by thermographic measurements and adaptive regression optimization. *Mechanical Systems and Signal Processing*, *64–65*, 428–440. <https://doi.org/10.1016/J.YMSSP.2015.04.010>
- Samat, N., Goh, K. H., & See, K. F. (2024). Review of the application of cost–benefit analysis to the development of production systems in aquaculture. In *Aquaculture* (Vol. 587). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740816>
- Sun, J., Feng, C., Zhang, Y., & Zheng, Y. (2025). Transient vibration analysis of multi-system coupling in pumped storage power Stations: Insights into cavitation-induced flow and shaft dynamics. *Energy*, *328*, 136516. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2025.136516>
- Ullah, I., & Kim, D. H. (2018). An optimization scheme for water pump control in smart fish farm with efficient energy consumption. *Processes*, *6*(6). <https://doi.org/10.3390/pr6060065>

Wang, C., Li, Z., Wang, T., Xu, X., Zhang, X., & Li, D. (2021). Intelligent fish farm—the future of aquaculture. In *Aquaculture International* (Vol. 29, Number 6). <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00773-8>

## Apéndices

### Anexo A. Base de preguntas

1. ¿Cuáles son las fallas más frecuentes que se presentan en los sistemas de bombeo y como afecta a la operación diaria?
2. ¿Con que frecuencia se presentan eventos en el sistema eléctrico de media tensión de la camaronera y que tanto repercute en la producción de camarón?
3. ¿Qué acciones considera que se pueden implementar para reducir los costos por no reposiciones tempranas y mantenimientos correctivos sin afectar la producción de camarón?
4. ¿Qué técnicas o procesos considera que se deberían implementar para mejorar la confiabilidad en la operación de los equipos críticos de la camaronera?
5. Desde su experiencia, en el aspecto administrativo y técnico, ¿qué considera que se debería mejorar para integrar nuevas tecnologías a los procesos para apuntar a una industria eficiente, confiable y revolucionaria?



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Mark Joan Andrade Castillo, con C.C: # 1310927213 autor del trabajo de titulación: *Análisis de costo – beneficio de la implementación de un área de mantenimiento predictivo basado en monitoreo de condición en un grupo camaronero en Durán* previo a la obtención del grado de **MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de graduación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 03 de abril de 2026

f. \_\_\_\_\_

Nombre: Mark Joan Andrade Castillo

C.C: 1310927213



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis de costo – beneficio de la implementación de un área de mantenimiento predictivo basado en monitoreo de condición en un grupo camaronero en Durán	
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Andrade Castillo, Mark Joan	
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Navarro Orellana, Andrés Antonio	
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
<b>UNIDAD/FACULTAD:</b>	Subsistema de Posgrado	
<b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>	Maestría en Administración de Empresas	
<b>GRADO OBTENIDO:</b>	Magíster en Administración de Empresas	
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	03 de abril de 2026	<b>No. DE PÁGINAS:</b> 17
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Gestión de mantenimiento industrial, mantenimiento predictivo y confiabilidad de activos	
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Gestión de mantenimiento. Procesos productivos. Optimización de recursos. Competitividad	
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>	<p>La presente investigación desarrolla un análisis de costo–beneficio sobre la implementación de un área de mantenimiento predictivo basado en monitoreo de condición en un grupo camaronero ubicado en el cantón Durán. El estudio surge ante la necesidad de reducir fallas imprevistas, optimizar los costos de mantenimiento y mejorar la disponibilidad de los equipos utilizados en los procesos productivos y operativos de la industria camaronera. El objetivo principal fue determinar la viabilidad técnica y económica de implementar un sistema de mantenimiento predictivo sustentado en técnicas de monitoreo de condición, tales como análisis de vibraciones, termografía, ultrasonido y control de parámetros operacionales. La metodología empleada tuvo un enfoque cuantitativo y descriptivo, mediante la recopilación y análisis de datos históricos de fallas, costos de reparación, tiempos de parada y consumo de recursos asociados al mantenimiento correctivo y preventivo. Los resultados evidenciaron que la implementación del área de mantenimiento predictivo permite disminuir significativamente las paradas no programadas, reducir costos por reparaciones mayores y aumentar la vida útil de los equipos críticos. Asimismo, se identificó un incremento en la eficiencia operativa y en la continuidad de los procesos productivos, generando beneficios económicos superiores a la inversión inicial requerida para la adquisición de instrumentos, capacitación del personal y adecuación tecnológica.</p>	
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-998363194	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:mark.andrade@cu.ucsg.edu.ec">mark.andrade@cu.ucsg.edu.ec</a> / <a href="mailto:jarkandr@gmail.com">jarkandr@gmail.com</a>
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> María del Carmen Lapo Maza	
	<b>Teléfono:</b> +593-4-3804600	
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:maria.lapo@cu.ucsg.edu.ec">maria.lapo@cu.ucsg.edu.ec</a>	
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>		
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>		
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>		
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		