



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial

*Título: DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREDICTIVO BASADO EN EL ANÁLISIS DE VIBRACION Y TERMOGRÁFICO
PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BALANCEADO PARA CAMARÓN*

*Title: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PREDICTIVE MAINTENANCE
PLAN BASED ON VIBRATION AND THERMOGRAPHY ANALYSIS FOR SHRIMP
BALANCING PRODUCTION FACTORY*

Autores:

Agustín Fabricio Jiménez Quimiz

Kristel Jazmín Farfán Torres

Director: Ing. Luis Daniel Caamaño Gordillo, Mg.

Guayaquil, Febrero del 2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis primeramente a Dios que es la pieza fundamental de mi vida, que con su gran amor y sabiduría guio cada uno de mis pasos durante todo este tiempo y supo darme fuerzas para seguir adelante.

También se las dedico a mis padres Patricia Torres y Vicente Farfán quienes confiaron siempre en mí, me brindaron todo su apoyo, me aconsejaron y motivaron constantemente para no rendirme a pesar de los obstáculos que se pudieran presentar a lo largo de la vida.

Kristel Jazmín Farfán Torres

AGRADECIMIENTOS

El principal gestor de haber llegado hasta esta instancia es Dios, sin el nada se hubiera edificado, en este largo trayecto de mi camino de mi carrera estudiantil ha presenciado y vivido escoyos, los cuales me han permitido obtener sabiduría y poder de decisión para poder resolver los problemas que se han presentado a diario y así alcanzar mis objetivos y metas propuestas.

Este triunfo u logro como lo llamarían ciertas personas ha sido producto del apoyo, aguante, y millón consejos que me han inculcado. Por eso quiero agradecerles a mis amados padres Agustina Teresa Quimiz Quiroz y Carlos Agustín Jiménez Sánchez, quienes siempre me brindaron su apoyo y nunca me dejaron que desmaye en la lucha por conseguir tan anhelado logro.

Otro pilar importante en mi vida que nunca dejo de acompañarme ha sido mi hermano Carlos Rolando Jiménez Quimiz, a quien agradezco por ser ese pilar ejemplar que siempre anda rompiendo paradigmas y me demuestra que todo es posible con esfuerzo y trabajo.

A mi gran amiga y compañera de tesis Kristel Jazmín Farfán Torres que me ha acompañado en este trayecto académico, donde el compañerismo quedo aun lado y nació una buena amistad, siempre apoyándonos el uno al otro como buenos hermanos. También quiero hacer una mención muy especial a 3 grandes amigos José, Fabiola y Johanna, ellos muy aparte de ser los docentes de la carrera se convirtieron en mis grandes amigos, compartieron su conocimiento y amistad cosa que no muchos docentes logran hacerlo con los alumnos. A Fabi le agradezco por ser esa madre postiza que siempre quiere lo mejor para sus hijos, ya que sin su presión y su preocupación hemos estado trabajando al 100% en el desarrollo de nuestro tema. Ellos me enseñaron que la docencia no es un límite para poder convertirse en una gran familia llamada amigos.

A todo el cuerpo directivo y docente de la Carrera de Ingeniería Industrial por el apoyo y conocimiento brindado durante mis años de estudio.

Este logro también va dirigido para los que no creyeron en mí, porque a pesar de su negativismo y de sus comentarios, pude tomar mayor fuerza para poder continuar con mi sueño y poder culminarlo y a todos quienes en algún momento de este proceso, estuvieron dispuestos a aportar de una u otra manera.

Agustin Fabricio Jimenez Quimiz

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Nosotros, **Agustín Fabricio Jiménez Quimiz** y **Kristel Jazmín Farfán Torres**, declaramos que somos los únicos autores de este trabajo de titulación cuyo tema **“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN EL ANÁLISIS DE VIBRACION Y TERMOGRÁFICO”**. Los conceptos aquí desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Agustín Fabricio Jiménez Quimiz
C. I.

Kristel Jazmín Farfán Torres
C. I.

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quienes suscribimos, en calidad de autores del trabajo de titulación con el tema **“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN EL ANÁLISIS DE VIBRACION Y TERMOGRÁFICO”**, por medio de la presente, autorizamos a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.

Agustín Fabricio Jiménez Quimiz
C. I.

Kristel Jazmín Farfán Torres
C. I.

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de titulación con el tema **“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN EL ANÁLISIS DE VIBRACION Y TERMOGRÁFICO”**, desarrollado por los estudiantes **Agustín Fabricio Jiménez Quimiz y Kristel Jazmín Farfán Torres** previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la Ciudad de Guayaquil, a los 11 días del mes de febrero del 2019

Ing. Daniel Caamaño Gordillo, Mg.
C. I.

RESUMEN

La presente investigación se desarrolla en una empresa del sector acuífero en el cantón San Jacinto de Yaguachi, en el cual se realizan trabajos de producción de balanceado de camarón que requieren un estricto control de calidad para garantizar sus productos. La empresa mantenía a sus equipos mediante un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, sin embargo, la productividad era baja y la indisponibilidad por mantenimiento alta. Las órdenes de trabajo eran abundantes y los recursos eran mal gastados, a veces cambiando piezas cuya vida útil no había terminado.

Debido a esta situación, el objetivo del presente trabajo de titulación era elaborar un plan de mantenimiento predictivo en la empresa de producción de balanceado de camarón para mejorar la producción evitando paradas por fallos de equipos o máquinas.

La metodología empleada tuvo un diseño de fuente mixto, tanto documental como de campo en la que se emplearon diferentes técnicas de investigación y recolección de datos. Mediante los resultados obtenidos de la investigación documental se realizó una metodología de implementación en la organización.

Se desarrolló un diagrama de Pareto para determinar las áreas productivas críticas y una matriz de criticidad para obtener la frecuencia de las inspecciones predictivas de vibraciones y termografías. Como primer paso se realizaron las inspecciones de forma total a todos los equipos de las tres áreas y se arreglaron los desperfectos encontrados para que arranque el nuevo plan de mantenimiento predictivo.

Luego de la implementación en el mes de junio, tomó tres meses hasta empezar a ver mejoras en los tres indicadores de productividad, indisponibilidad y total de mantenimientos correctivos y preventivos. La producción aumentó en 21% entre los meses de septiembre a noviembre, lo que representó 9414 toneladas de balanceado adicional. La ganancia de la fábrica por tonelada es de \$ 773,00, lo que indica una ganancia adicional de \$ 7.277.022,00 gracias al proyecto.

ABSTRACT

The present investigation is carried out in an aquifer company in the canton “San Jacinto de Yaguachi”, in which shrimp production is carried out, which requires a strict quality control to guarantee its products. The company maintained its equipment through a plan of preventive and corrective maintenance, however, the productivity was low and the unavailability due to high maintenance. Work orders were plentiful, and resources were poorly spent, sometimes changing parts whose useful life had not ended.

Due to this situation, the objective of the present titration work was to elaborate a predictive maintenance plan in the shrimp production company to improve the production avoiding stops due to equipment or machinery failures.

The methodology used had a mixed source design, both documentary and field, in which different research techniques and data collection were used. Through the results obtained from the documentary research, an implementation methodology was made in the organization.

A Pareto diagram was developed to determine the critical production areas and a criticality matrix to obtain the frequency of the predictive inspections of vibrations and thermography. As a first step, inspections were carried out in full to all the teams in the three areas and the flaws found were fixed to start the new predictive maintenance plan.

After the implementation in the month of June, it took three months to begin to see improvements in the three indicators of productivity, unavailability and total corrective and preventive maintenance. Production increased by 21% between the months of September and November, which represented 9414 tons of additional balancing. The factory's profit per ton is \$ 773.00, which indicates an additional gain of \$ 7,277,022.00 thanks to the project.

GLOSARIO

Análisis Termográfico: Método de inspección para el estudio e interpretación de los termogramas, habiendo sido captados en condiciones reales de los equipos.

Análisis de vibraciones: Técnica para supervisar y diagnosticar las diferentes fallas que se presentan en la maquinaria rotativa de una fábrica.

Equipos Críticos: Aquellos equipos que en su respectivo proceso conlleven a un paro total del flujo de este.

Informe de Inspección: documento emitido por un organismo de inspección debidamente autorizado, en el cual se manifiesta que un producto, proceso o servicio debidamente identificado está conforme o no con una referencia normativa específica dada por las normas ISO.

Mantenimiento: conjunto de acciones encaminadas a la conservación de la maquinaria, equipo e instalaciones, de tal manera que permanezcan sirviendo en óptimas condiciones, para el objetivo por el cual fueron adquiridas, evitando o minimizando sus fallas durante su vida útil.

Mantenimiento Preventivo: inspección, limpieza y cambio periódicos y sistemáticos de piezas, materiales y sistemas deteriorados.

Mantenimiento Predictivo: trata de determinar el momento en el cual se deben efectuar las reparaciones mediante un seguimiento que determine el periodo máximo de utilización antes de ser reparado.

Máquinas: es el factor encargado de realizar transformaciones a materias primas para la obtención de un producto con un mayor valor agregado.

Monitoreo: Secuencia planificada de observaciones o mediciones relacionadas con el cumplimiento de una buena práctica en particular.

Orden de Trabajo: documento con el cual se realiza la solicitud de cualquier Departamento de la compañía al área de mantenimiento para que realicen una labor ya sea de carácter predictivo, preventivo y/o correctivo en caso de Equipos y Edificaciones.

Procesos: Son los grupos de actividades y métodos de trabajo que realizan y utilizan las personas de la Secretaría de Educación para cumplir con sus objetivos y funciones.

Termografía Infrarroja: Técnica que permite determinar temperaturas a distancia sin necesidad de contacto físico con el objeto de estudiar el tipo de falla que se genera por medio del calor. La termografía permite captar la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras térmicas.

Termograma: Imagen Térmica captada con una cámara infrarroja para su análisis.

Trabajos de Emergencia: Son aquellos que deben ejecutarse inmediatamente para prevenir pérdidas de producción, averías serias en la maquinaria y equipos o para corregir peligros extremos en la seguridad.

Trabajos Normales: Son la mayoría de los trabajos de mantenimiento. Se programan tomando en cuenta los requerimientos de producción y la disponibilidad de la fuerza de trabajo de mantenimiento.

Trabajos Urgentes: Son aquellos que durante la programación normal deben terminarse lo antes posible.

Vibración: Se define vibración a oscilación mecánica alrededor de una posición de referencia. La vibración en equipos es el resultado de fuerzas dinámicas producidas por sus partes en movimiento.

Índice de Contenidos

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA	iv
DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
GLOSARIO	ix
Índice de Contenidos.....	xi
Índice de Tablas	xiii
Índice de Figuras	xiv
Índice de Anexos.....	xv
CAPÍTULO 1. PROBLEMA	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Importancia y Alcance.....	3
1.3. Delimitación	5
1.3.1. Delimitación temporal.....	5
1.3.2. Delimitación geográfica	5
1.4. Formulación del Problema	5
1.5. Objetivos Generales	5
1.6. Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Ventajas del mantenimiento predictivo	8
2.2. Termografías	9
2.3. Análisis de Vibración	9
2.4. Fases de Implementación de un Programa de Mantenimiento Predictivo ..	10
2.4.1. La preparación inicial.....	10
2.4.2. Implementación.....	11
2.4.3. La revisión regular	11
2.5. Secuencia del mantenimiento predictivo.....	11
CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO	12
3.1. Procesos productivos de la empresa	12
3.1.1. Recepción de la materia prima.....	12
3.1.2. Silos Diarios.....	13
3.1.3. Pre-molienda	13
3.1.4. Molienda	13
3.1.5. Micro-ingredientes	13
3.1.6. Mezclado	13
3.1.7. Peletizado y Acondicionamiento.....	13
3.1.8. Preenvasado y Envasado	14
3.1.9. Reproceso.....	14
3.2. Situación inicial	14
3.2.1. Listado de equipos mecánicos.....	16
3.2.2. Listado de equipos Mecánicos	16
3.2.3. Listado de equipos eléctricos	18
3.3. Descripción de equipos mecánicos.....	18
3.3.1. Esclusas	18
3.3.2. Blowers	19

3.3.3.	Aspiradores	19
3.3.4.	Elevador de cangilones	20
3.3.5.	Prensas	21
3.3.6.	Rastra de paletas.....	22
3.3.7.	Transportadores helicoidales.....	23
3.3.8.	Ventiladores	23
3.3.9.	Molinos	24
3.3.10.	Tanques living	25
3.3.11.	Tanques de líquidos.....	25
3.3.12.	Acondicionadores	26
3.3.13.	Post-Acondicionadores.....	27
3.3.14.	Secadores.....	28
3.3.15.	Enfriadores	29
3.3.16.	Zarandas	29
3.3.17.	Tambores de rociado	30
3.3.18.	Ciclones	30
3.4.	Descripción de equipos eléctricos	31
3.4.1.	Tableros.....	31
3.4.2.	Celdas de distribución	31
3.4.3.	Transformadores de planta.....	32
3.4.4.	Subestación	33
3.4.5.	Banco de capacitores.....	33
3.5.	Planificación del mantenimiento predictivo.....	34
3.5.1.	Determinación de la criticidad de los equipos	35
3.5.2.	Análisis de Criticidad por Área de Producción.....	38
3.6.	Implementación del mantenimiento predictivo	39
3.6.1.	Inspección termográfica inicial	39
3.6.2.	Análisis de vibraciones inicial	41
3.6.3.	Programa de mantenimiento predictivo	41
CAPÍTULO 4. RESULTADOS		47
4.1.	Análisis Costo-Beneficio.....	49
CONCLUSIONES		50
RECOMENDACIONES		51
BIBLIOGRAFÍA		52
ANEXOS		54

Índice de Tablas

Tabla 1. Listado de equipos mecánicos por área productiva.	17
Tabla 2. Listado de equipos eléctricos por área productiva.	18
Tabla 3. Tipos de Criticidad.....	35
Tabla 4. Criterios para estimar la frecuencia	37
Tabla 5. Categoría de Impactos.....	37
Tabla 6. Criticidad Área Peletizado.	38
Tabla 7. Criticidad Área Molienda.....	38
Tabla 8. Criticidad Área Recepción.	38

Índice de Figuras

Figura 1. Exportaciones de camarón ecuatoriano: % por mercado (enero – octubre 2018).	1
Figura 2. Historial de indisponibilidad por mantenimiento	4
Figura 3. Mantenimientos preventivos vs Mantenimientos correctivos año 2017.....	4
Figura 4. Proceso de producción de balanceado para camarón	12
Figura 5. Porcentaje de indisponibilidad en el año 2016	14
Figura 6. Porcentaje de indisponibilidad en el año 2017	15
Figura 7. Gastos derivados del mantenimiento en el año 2016.....	15
Figura 8. Gastos derivados del mantenimiento en el año 2017.....	16
Figura 9. Esclusas	19
Figura 10. Blowers.....	19
Figura 11. Aspiradores	20
Figura 12. Elevador de Cangilones	21
Figura 13. Prensa.....	22
Figura 14. Rastra de paletas	22
Figura 15. Transportadores Helicoidales	23
Figura 16. Ventiladores.....	24
Figura 17. Molinos.....	24
Figura 18. Tanques Living	25
Figura 19. Tanques de Líquidos.....	26
Figura 20. Acondicionadores	27
Figura 21. Post-Acondicionadores	28
Figura 22. Secadores	28
Figura 23. Enfriadores.....	29
Figura 24. Zarandas.....	29
Figura 25. Tambores de Rociado	30
Figura 26. Ciclones	30
Figura 27. Tableros Eléctricos	31
Figura 28. Celdas de Distribución.....	32
Figura 29. Transformadores de Planta	32
Figura 30. Subestación	33
Figura 31. Banco de Capacitores	33
Figura 32. Pareto de equipos por área de producción	35
Figura 33. Matriz de criticidad.....	36
Figura 34. Criterios de testeo de severidad térmica	39
Figura 35. Indicaciones de acción por severidad	39

Índice de Anexos

Anexo A. Procedimiento para toma de datos Termográficos.....	69
Anexo B. Procedimiento para toma de datos de vibraciones.....	89

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país que depende de gran manera de la exportación de sus productos de la costa marina, entre ellos el camarón. De acuerdo a información de la Cámara Nacional de Acuicultura, en el 2015 existían 187 empresas camaroneras afiliadas, de los cuales 144 son productores y el restante exportador.

En el 2015, el sector acuícola y pesquero contribuyó en gran porcentaje al PIB del país. De acuerdo a datos del Banco Central de Ecuador, esta industria ocupó el primer lugar en la lista de exportaciones no petroleras. En la figura 1, se puede observar que el mercado principal del camarón ecuatoriano es Asia con un 60% de participación, siguiéndole Europa con un 23% y Estados Unidos con un 15%.

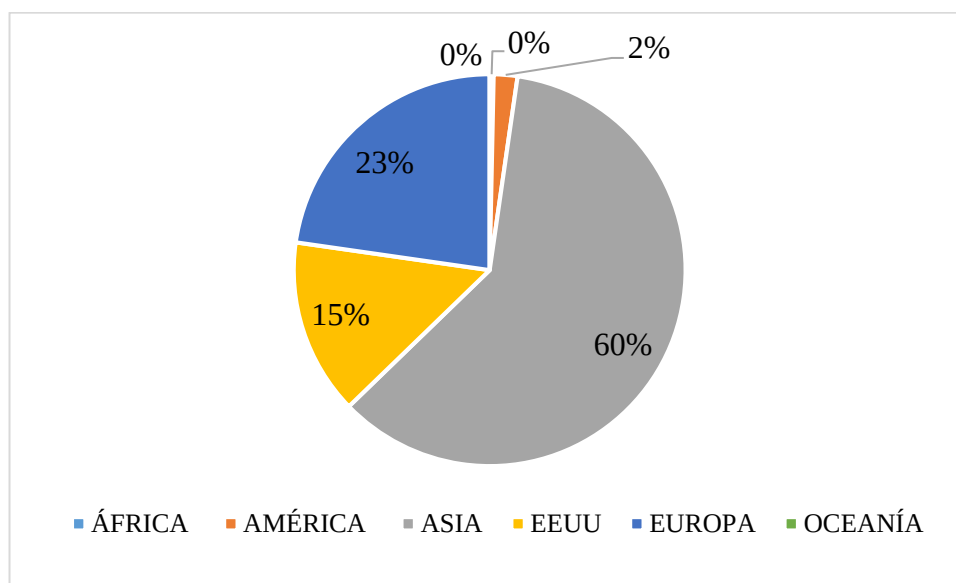


Figura 1. Exportaciones de camarón ecuatoriano: % por mercado (enero – octubre 2018).

Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura

El crecimiento de la industria camaronera ha dado como resultado la introducción de industrias productoras de balanceado de camarón e impulsado la economía del país, introduciendo nuevas tecnologías y generando empleo. El desafío de esta industria es abastecer el mercado local, pero también exportar el excedente a otros países en Centroamérica, uno de los principales mercados del balanceado que se produce a nivel nacional.

En la actualidad, el éxito del crecimiento de la industria ecuatoriana no se reduce sólo a la inversión en nuevas estructuras, equipos o a la utilización de nuevas tecnologías, sino también en el uso eficiente de las instalaciones existentes, mediante una producción continua y aún más importante un mantenimiento adecuado de las líneas de producción.

Por lo consiguiente, el mantenimiento debe optimizarse, para ampliar la vida útil de los activos y evitar fallos que provoquen paradas no programadas que ocasionen pérdidas de producción y dinero a las compañías. El mantenimiento tradicional aplicado por la mayoría de las industrias es el preventivo, basado en los manuales de

los fabricantes con respecto a la frecuencia de cambio de las partes y refinado por el historial de fallas de los equipos.

Entre los problemas que presenta el mantenimiento preventivo, y que limita enormemente su eficacia, es el grado de incertidumbre que presenta: las actividades preventivas tienen un costo y disminuyen su disponibilidad, frecuencias inadecuadas podrían permitir fallas, requiere de datos estadísticos para aumentar su confianza y por lo menos dos años para implementarlo.

Para eliminar esta limitación surge el mantenimiento predictivo, una de las técnicas más novedosas, que basa su actuación sobre el conocimiento del estado operativo del equipo. Entre las ventajas de este mantenimiento está que: disminuye al mínimo las actuaciones correctivas y por ende las paradas de producción, no es intrusivo y se realiza con el equipo en funcionamiento normal (en marcha), y existe una correlación entre la planificación del mantenimiento y la parte operativa y de producción ante cualquier eventualidad crítica.

El trabajo que se describe a continuación tiene como objetivo implementar un plan de mantenimiento predictivo en una planta de balanceado para camarones ubicada en la vía Durán - Milagro de tipo mecánico y eléctrico, haciendo uso de los sistemas de predicción ya disponibles en la empresa con el objetivo de mantener monitoreados los equipos y, predecir fallos para programar reparaciones sin afectar la producción de la empresa.

El trabajo comienza en el capítulo 1, presentando el problema basándose en datos estadísticos de la empresa, descargados del programa virtual de mantenimiento. Adicional se presentan los objetivos principales y específicos del proyecto.

Luego en el capítulo 2, se realiza un análisis del marco teórico presentando lo que es el mantenimiento predictivo y sus tipos y definiciones. En este capítulo se define adicionalmente la metodología de implementación del mantenimiento predictivo a ser utilizada más adelante en el proyecto.

En el capítulo 3, se presenta la descripción de los equipos mecánicos y eléctricos de la planta, y se determina la criticidad (Alta, Media o Baja) de los equipos basados en metodología de fuentes bibliográficas y se presenta el plan de mantenimiento final y la selección de los equipos críticos.

En el capítulo 4, se muestran los resultados luego de la implementación del nuevo plan de mantenimiento predictivo: la mejora de los indicadores de producción y mantenimiento. Por último, se describen las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

CAPÍTULO 1. PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Para la industria alimenticia de balanceado es importante garantizar el estado de sus equipos y máquinas, ya que fallas no previstas o desbalances en sus equipos, pueden afectar la producción y peor aún la calidad de los productos.

En esta planta de balanceado, se trabajaba a una capacidad menor a la nominal (casi un 30% menos), la indisponibilidad de mantenimiento era elevada, debido en parte al gran número de órdenes de trabajo preventivo y a mantenimientos correctivos no planificados debido a fallas graves.

El sistema de mantenimiento hasta ese entonces existente fue creado por personas no especializadas en el tema, basándose más en la experiencia que en lo que dice la teoría del mantenimiento. No se hacía caso a los manuales de operación y mantenimiento de los equipos y maquinarias y tampoco se realizaban análisis predictivos anuales como se recomienda en la teoría.

Debido a esto, la implementación de un sistema que permita minimizar o eliminar las fallas de los equipos productivos surge como una necesidad primordial.

1.2. Importancia y Alcance

La planta de elaboración de balanceado para camarón presenta en la figura 2 el histórico de indisponibilidad por mantenimiento de enero/2016 a diciembre/2017. Como se puede observar el porcentaje de indisponibilidad ha aumentado progresivamente, lo que refleja que el sistema de mantenimiento preventivo actual no da la seguridad necesaria de operatividad de los equipos mecánicos y eléctricos. La meta de la planta es una indisponibilidad máxima del 15% y en la gran parte del 2017, la indisponibilidad sobrepasa este límite.

En la figura 3, se puede observar el total de mantenimientos preventivos y correctivos mensual del año 2017. Recordando que los mantenimientos correctivos son los que generan las mayores indisponibilidades de mantenimiento y, es preocupante que ocupe el 45% de los trabajos de mantenimiento totales de la planta.

Los mantenimientos correctivos significan fallas durante la operación y representan costos de mantenimiento más elevados, debido a la urgencia con las que se debe solucionar y adicionalmente, la productividad de la planta disminuye debido a estos fallos. La planta tiene una capacidad nominal mensual de producción de aproximadamente 20.000 toneladas de balanceado en sus diversos formatos, sin embargo, su promedio de producción en el 2017 fue de aproximadamente 11,000 toneladas (55%), lo que muestra el déficit de las líneas y la necesidad de implementar un nuevo sistema de mantenimiento.

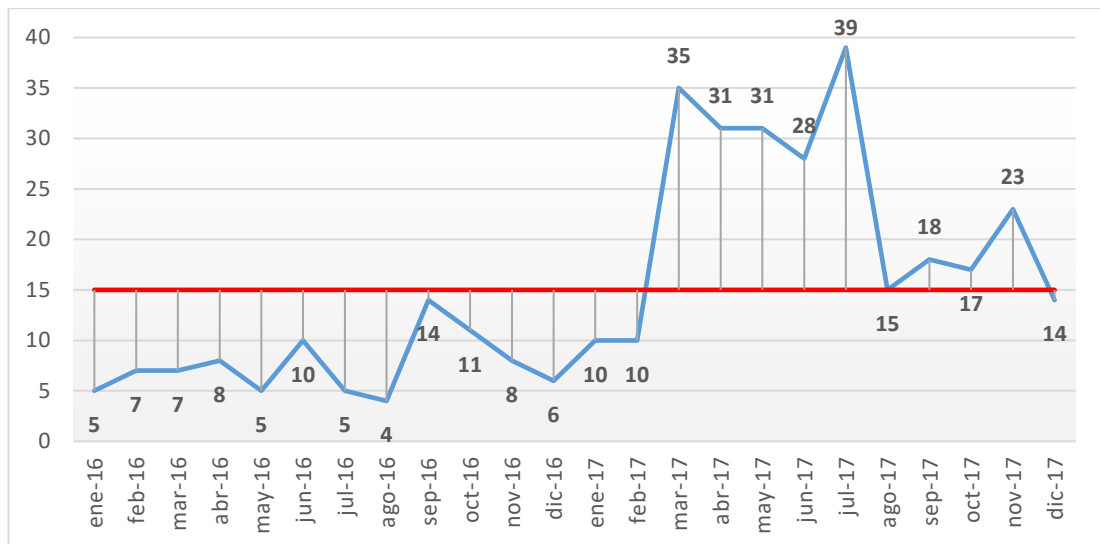


Figura 2. Historial de indisponibilidad por mantenimiento

Fuente: Los Autores

El presente proyecto una vez implementado, permitirá determinar fallas de los equipos de la planta antes de que ocurran, clasificándolas con un rango de severidad para que estas sean subidas al sistema informático de mantenimiento de la empresa y así poder programarlos a futuro o de manera inmediata dependiendo de su criticidad. También la evaluación de las causas raíz permitirá informar al área de los fallos más comunes que se presentan y también recomendar las soluciones para que los fallos no se repitan y las reparaciones no retrasen la producción del balanceado.

Dentro de lo que se espera del proyecto se tiene:

- Reducción de los tiempos de indisponibilidad de las líneas debido a mantenimiento.
- Reducción de los costos de mantenimiento, disminuyendo la cantidad de mantenimientos correctivos y el cambio algunas veces innecesario de partes.
- Aumento de la productividad de la planta para lograr un promedio de 20,000 toneladas mensuales de producción de balanceado de camarón.

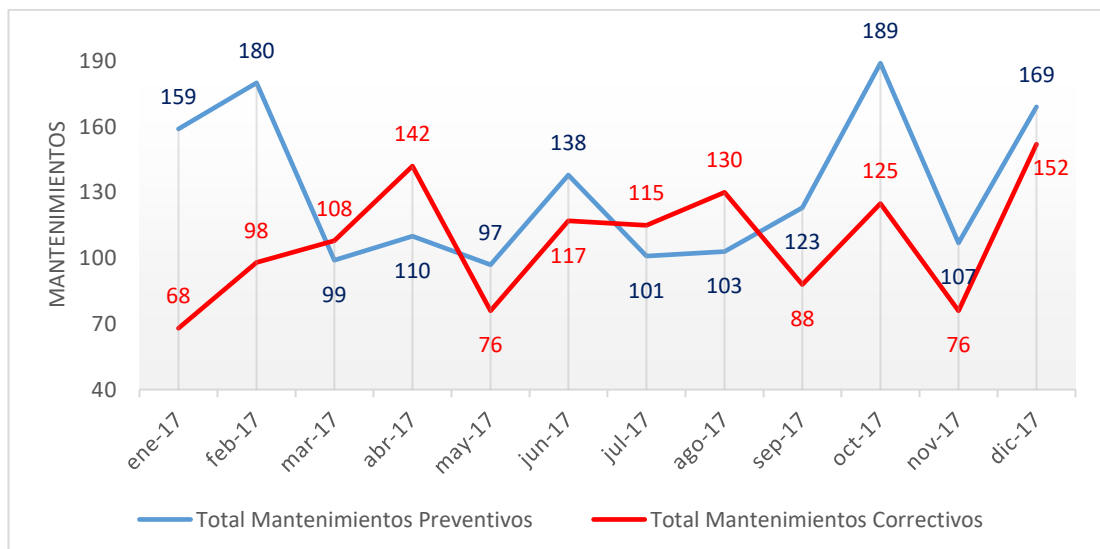


Figura 3. Mantenimientos preventivos vs Mantenimientos correctivos año 2017

Fuente: Los Autores

Por último, todo el proceso productivo de la empresa es dependiente del estado de los equipos y máquinas. Los involucrados en esta propuesta son el área de mantenimiento de la empresa, los ingenieros y técnicos encargados de la parte mecánica y eléctrica.

1.3. Delimitación

1.3.1. Delimitación temporal

El proyecto arrancó el 1 de junio de 2018 y sus etapas fueron:

- Dos meses para desarrollar el plan de mantenimiento predictivo.
- Dos meses para implementarlo.
- Dos meses para monitoreo y control.

1.3.2. Delimitación geográfica

El presente trabajo se desarrolló en una empresa productora de balanceado de camarón localizada en la provincia del Guayas, ciudad de San Jacinto Yaguachi, Vía Durán – Milagro, en el cual se realizó la implementación de un plan de mantenimiento predictivo.

1.4. Formulación del Problema

¿Existe una relación entre la baja productividad de la planta de balanceado de camarón y la indisponibilidad de los equipos y máquinas, debido a un defectuoso plan de mantenimiento?

1.5. Objetivos Generales

Elaborar un plan de mantenimiento predictivo para mejorar la producción evitando paradas por fallos de equipos o máquinas.

1.6. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de los equipos de la planta a monitorear (eléctricos y Mecánicos), aplicando las normas ISO y NETA correspondientes.
- Determinar el estado operativo y funcional de estos equipos.
- Especificar las causas que provocan la aparición de las diferentes fallas en los equipos a inspeccionar.
- Definir las acciones de mejora para minimizar los fallos que los equipos puedan tener y poder programar el correspondiente mantenimiento.
- Contabilizar económicamente el efecto del plan de mantenimiento predictivo en la empresa.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

El mantenimiento industrial está definido como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones que conforman un proceso de producción permitiendo que éste alcance su máximo rendimiento. (OLARTE C., BOTERO A., & CAÑON A., 2010).

Con una mayor competencia global para la fabricación, muchas empresas están buscando formas de obtener ventajas competitivas con respecto al costo, el servicio, la calidad y las entregas a tiempo. La función que desempeña la administración de mantenimiento efectiva para contribuir a la productividad general de la organización ha recibido mayor atención. (James T. Luxhøj, 1997)

Todas las organizaciones están siendo exhortadas a adaptarse a los cambios y, por lo tanto, a introducir tecnología moderna, habilidades de liderazgo y medios de comunicación más efectivos. Se ha hecho evidente que cualquier organización que desee lograr mejoras sustanciales y sostenibles rápidas en la efectividad del mantenimiento, en otras palabras, en el desempeño de los activos físicos, debe actuar estratégicamente. (Mark C. Eti, 2006)

Las acciones de mantenimiento dependen de factores tales como el historial de inactividad de la planta y su vida útil esperada. El mantenimiento debe preservar las funciones de los activos. Con las crecientes expectativas, las restricciones reglamentarias cada vez más onerosas, los paradigmas tecnológicos cambiantes y las reorganizaciones frecuentes, las grandes corporaciones han desarrollado declaraciones de misión formales para ayudarles a mantener un curso exitoso a través de estas muchas demandas. Por lo tanto, vale la pena desarrollar un compromiso correspondiente para facilitar que el equipo de mantenimiento haga lo mismo. La declaración de la misión debe reconocer las necesidades de todas las partes interesadas del servicio de mantenimiento. El mantenimiento sirve a tres grupos distintos: los propietarios del activo, los usuarios (generalmente los operadores) y la sociedad en general. El mantenimiento depende de una gama de personas, desde los diseñadores del equipo hasta sus operadores. Por lo tanto, es deseable reconocer la necesidad de que todas las personas involucradas con el activo compartan un entendimiento común correcto de lo que se debe hacer, y que sean capaces y estén dispuestos a hacer lo que sea necesario la primera vez, siempre. (Juan Gonzalo Ardila Marín, 2016)

En los últimos años, los gerentes de la industria se han ido acercando gradualmente a la idea de que el mantenimiento puede ser una función generadora de beneficios en lugar de un simple centro de costos (Mudavanhu, 2011). Cuando se trata de cuestiones como la confiabilidad, la disponibilidad, la seguridad, la calidad y los niveles de rentabilidad de la planta y el equipo, no hay duda de que el costo del mantenimiento puede ser alto, ya que a menudo representa una parte significativa de los presupuestos recurrentes (ALIREZA AHMADI, 2010). Lofsten indica que entre el 15 y el 40 por ciento del costo total de producción se atribuye a la actividad de mantenimiento en la fábrica (Löfsten, 1999). Muthu et al. van más allá al sugerir que los costos del departamento de mantenimiento representan del 15 al 70 por ciento de los costos totales de producción (Baladhandayutham, 2000). Dekker explicó que, junto con los costos de energía, los gastos de mantenimiento pueden ser la mayor parte del presupuesto operativo (Dekker, 1996).

Los desarrollos social y tecnológico causan la necesidad y dan la posibilidad para la evolución de los modelos gerenciales de mantenimiento, y de los modelos gerenciales en general, de los cuales debe aprovechar, la función mantenimiento, aquellas metodologías y técnicas que, dependiendo de la organización, mejor apliquen a incrementar la eficacia y eficiencia en la prestación del servicio que la define. Un problema que se ha evidenciado en el entorno local está relacionado con el hecho de que la industria suele delegar la responsabilidad gerencial de su función mantenimiento en ingenieros técnicos (mecánicos, eléctricos, instrumentales, civiles...) dependiendo de la infraestructura y los procesos que caracterizan cada organización, el problema es que la formación técnica excluye, en sus perfiles, el conocimiento administrativo que les permitiría aprovechar esas herramientas que brindan los modelos gerenciales hace tanto tiempo y en constante evolución y que de alguna manera operan en cada organización y deben conversar gerencialmente con la función mantenimiento, pero que son desconocidas por sus actuales gerentes.

La historia del mantenimiento inicia desde el desarrollo industrial de la humanidad entre el final del siglo XVIII e inicios del siglo XIX. Con los inicios de la primera guerra mundial y la producción en serie instituida por la compañía Ford Motor, las fábricas sintieron la necesidad de equipos que ayuden a realizar el mantenimiento en el menor tiempo posible. Se comenzaron a controlar daños y paradas de los equipamientos y los accidentes laborales para de esta forma disminuir los retrasos en producción, dando origen al concepto del mantenimiento correctivo hacia el año 1920, que teóricamente sólo se ocupa de la reparación de los equipos una vez se ha producido la falla de este.

Durante la segunda guerra mundial, la industria de la aviación se ve en la necesidad de revisar periódicamente los motores para evitar que fallen durante el vuelo, y se comienza a estudiar la vida útil de cada pieza y a cambiarlas cada cierto número de horas. Es de esta forma que nace el concepto del mantenimiento preventivo, destinado a la conservación de los equipos e instalaciones a través de la realización de revisiones periódicas que garanticen el buen funcionamiento de y fiabilidad de estos. Este nuevo concepto difería del mantenimiento correctivo en que se realiza con el equipo en funcionamiento sin esperar a que este se averíe o dañe.

Entre los problemas que presenta el mantenimiento preventivo, y que limita enormemente su eficacia, es el grado de incertidumbre que presenta: las actividades preventivas tienen un costo y disminuyen su disponibilidad, frecuencias inadecuadas podrían permitir fallas, requiere de datos estadísticos para aumentar su confianza y por lo menos dos años para implementarlo (GONZÁLEZ).

Para eliminar esta limitación surge sobre los años 60 el mantenimiento predictivo, que basa su actuación sobre el conocimiento del estado operativo del equipo. Entre las ventajas de este mantenimiento está que: disminuye al mínimo las actuaciones correctivas y por ende las paradas de producción, no es intrusivo y se realiza con el equipo en funcionamiento normal (en marcha), y existe una correlación entre la planificación del mantenimiento y la parte operativa y de producción ante cualquier eventualidad crítica (Pesántez, 2007).

El mantenimiento predictivo puede definirse como un tipo de mantenimiento que se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla, o al momento en que el equipo, máquina o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Los sistemas de monitorización en línea para la adquisición de parámetros e indicadores de estatus de los equipos pasan a ser una filosofía que se impone poco a poco en las fábricas industriales y presenta una serie de ventajas frente a la tradicional recogida de datos manual. Las actualizadas redes informáticas desarrolladas por las plantas industriales pueden mover la información desde las máquinas, hasta donde sean interpretadas y procesadas, reduciendo de esta manera los costes de operación e incrementando la fiabilidad, al tener disponible abundante información a un costo mínimo (C.A, s.f.).

2.1. Ventajas del mantenimiento predictivo

Dentro de la industria productiva, uno de los aspectos más importantes, es el tiempo de disponibilidad de los equipos. El mantenimiento predictivo y correctivo, aunque tengan sus ventajas, siempre dependerán de usar tiempo valioso de operación. El mantenimiento predictivo ofrece muchas ventajas sobre el resto de los mantenimientos, entre ellos (Ochoa, 2008).

- Incremento en la seguridad de la empresa, debido al monitoreo permanente y preciso por medio de instrumentos avanzados que permiten detectar fallas prematuras en el nivel de aislamiento de conductores y equipos, altas temperaturas (puntos calientes, sobrecarga de transformadores, otras), emisión acústica causada por efecto corona, tracking o por fugas de gases en subestaciones aisladas, y otras.
- Reducción de costos de mantenimiento, ya que el mantenimiento predictivo garantiza una disminución del costo en equipos de monitoreo como una función real de la condición del equipo, maquina o elemento en el tiempo. El inventario de repuestos puede ser reducido si los equipos, máquinas o elementos son monitoreados apropiadamente.
- Aumento de la vida útil de los equipos, maquinas o elementos presentes en la empresa, debido al monitoreo permanente de sus partes esenciales por lo cual podrán operar continuamente hasta que la condición real de funcionamiento óptimo indique el fin de la vida útil de los mismos.
- Mayor disponibilidad operativa de los equipos, máquinas o elementos presentes en la empresa; por lo tanto, las paradas serán programadas solo cuando sea estrictamente necesario, sin interrupciones sorpresivas de la producción y sin problemas de un mantenimiento imprevisto.
- Bajos costos del seguro ya que el sistema de monitoreo programado garantiza la protección de los equipos, máquinas o elementos presentes en la empresa; por lo tanto, los riesgos asumidos son menores, esta característica implica una disminución en los costos de las pólizas del seguro.
- Incremento de la utilidad de la empresa, ya que todas las ventajas anteriores enmarcan una disminución real de los costos por mantenimiento.

- Se obliga al personal de mantenimiento de la empresa a dominar las diferentes fases del proceso realizado y obtener datos técnicos que permiten aplicar un método científico de trabajo riguroso y objetivo.

2.2. Termografías

La termografía es un procedimiento que se emplea para obtener información sobre la temperatura de un objeto a distancia sin emplear el contacto físico con el mismo, a través de captar la radiación infrarroja del espectro electromagnético, mediante unas cámaras que pueden transformar la energía radiada en información sobre la temperatura de dichos elementos [14] (Aldana, 2017).

Las cámaras termográficas poseen una matriz de sensores, que captan las señales infrarrojas que emite el objeto que se desea analizar, a cada una le asignan un color. La composición de todos los colores da como resultado una imagen, donde cada uno representa una zona con una imagen determinada y cada color representa un rango de temperatura expresada en grados centígrados (°C) o Fahrenheit (°F).

Su principal aplicación abarca fundamentalmente la detección de problemas en el comportamiento térmico de los sistemas constructivos de los elementos de la envolvente térmica, así como en la detección de problemas en los componentes de las instalaciones eléctricas y de los equipos energizados. Pero existen otras aplicaciones de útiles de la termografía en el mantenimiento predictivo, tales como [15] (VERONICA BOSSIO, 2008):

- Inspección de motores eléctricos para buscar calentamientos localizados por fallos en el estator.
- Calentamiento de cojinetes y rodamientos por mala lubricación o daños en las pistas de rodadura, en los elementos rodantes o en la jaula.
- Inspección de aislamientos en hornos, calderas, circuitos de vapor, etc.
- Comprobación de purgadores de vapor.
- Inspección de conductos con fluidos calientes o fríos para localizar obstrucciones.
- Localización de tuberías de agua incrustadas en paredes.
- Inspección de cierres mecánicos.
- Verificación de acoplamientos de ejes para identificar desalineaciones o daños en los acoplamientos.
- Inspección de poleas para identificar tensiones mayores que las adecuadas y desalineaciones de las poleas.
- Comprobación del sistema de refrigeración en motores eléctricos.
- Inspecciones de centros de transformación de alta tensión.
- Inspección de líneas de corriente para comprobar el equilibrio entre fases.

2.3. Análisis de Vibración

El análisis de vibraciones permite diagnosticar el estado de las máquinas y sus componentes mientras funcionan normalmente dentro de una planta de producción, es una de las tecnologías más utilizadas en el mantenimiento predictivo de las máquinas rotativas. Con el desarrollo de esta tecnología, se consiguen equipos analizadores de vibración y paquetes informáticos que agilizan y facilitan el análisis de vibraciones,

porque entregan al usuario las gráficas de las señales de las vibraciones ya sea en el dominio del tiempo o en la frecuencia para que se pueda realizar su interpretación y emitir un diagnóstico acertado [16] (López, 2009).

Todas las máquinas generan vibraciones como parte normal de la actividad, sin embargo, cuando falla alguno de sus componentes, las características de estas vibraciones cambian, permitiendo bajo un estudio detallado identificar el lugar y el tipo de falla que se está presentando, su rápida reparación y mantenimiento. El análisis de vibraciones está basado en la interpretación de las señales de vibración tomando como referencia los niveles de tolerancia indicados por el fabricante o por las normas técnicas.

Las fallas que se pueden detectar en las máquinas por medio de sus vibraciones son las siguientes [17] (González, 2009):

- Desbalanceo
- Desalineamiento
- Defecto de rodamientos
- Ejes torcidos
- Desajuste mecánico
- Defecto de transmisiones por correa
- Defectos de engranajes
- Problemas eléctricos

2.4. Fases de Implementación de un Programa de Mantenimiento Predictivo

La mayoría de las metodologías reconocidas para introducir e implementar programas de mantenimiento predictivo dividen el proceso en tres fases principales. (1) La preparación inicial asegura que el centro de atención sea la maquinaria más importante. (2) La implementación bien pensada ayudará a que el programa se monte y ponga en marcha sin dificultades; y por último (3) La revisión regular verificará que el programa sea efectivo y alentará la mejora continua [18] (Cruz, 2011).

2.4.1. La preparación inicial

Esta etapa supone desarrollar las siguientes actividades:

- Determinación de la maquinaria y equipos.
- Identificación, estudio, de sus características y calificación de su importancia en el proceso productivo.
- Definición de los parámetros y técnicas de medidas (KPI's, etc.)

Para cada equipo o máquina crítica en particular y para cada familia de máquinas genéricas se determinan los parámetros y técnicas más adecuados a utilizar para llevar a cabo el control:

- Estructurar la base de datos.
- Para cada máquina se decide y cargan los siguientes datos:
 - Frecuencia de chequeo o medida
 - Alcance de las medidas de cada parámetro
 - Definición de rutas
 - Definición de alarmas, para cada parámetro
- Formación del personal

2.4.2. Implementación

Supone, una vez realizada toda la preparación, llevar a cabo las medidas periódicas acordadas, con las rutas y frecuencias previstas, lo que implica:

- Chequeos y medidas periódicas.
- Registro y volcado de datos en el sistema.
- Valoración de niveles que indican un comportamiento anómalo.
- Análisis y diagnóstico de anomalías.

2.4.3. La revisión regular

Una vez implantado todo el sistema se debería llevar a cabo periódicamente (al menos anualmente) un análisis crítico de resultados:

- Historial de medidas rutinarias y averías.
- Análisis de resultados y dispersión de datos.
- Cambio de parámetros o niveles de alarma, así como de las frecuencias de chequeo, si es necesario.

Adicional, se debería analizar si los indicadores de productividad y mantenimiento mejoran luego de la implementación del sistema predictivo.

2.5. Secuencia del mantenimiento predictivo

La implementación de un programa de mantenimiento predictivo sigue una secuencia lógica desde que se detecta un problema, se analiza, se encuentra su causa, y finalmente se decide la forma de corregirlo en el momento oportuno con la máxima eficiencia. Los pasos que seguir para realizar un buen mantenimiento predictivo son [19] (Sánchez, 2017):

- Detección: Reconocimiento del problema o falla.
- Análisis: Localización de la causa raíz del problema.
- Corrección: Solución del problema en el momento preciso si afectar la producción de la línea.

CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO

La incorporación de ingredientes de calidad es un factor importante en la formulación de raciones que soporten los requerimientos específicos para los camarones. Por lo tanto, un alimento de calidad comienza con ingredientes que hayan sido seleccionados de acuerdo a estrictos estándares nutricionales. La selección de ingredientes tiene un impacto directo en la textura, hidroestabilidad, uniformidad, capacidad productiva (extrusión o peletización), factibilidad (costo) y por sobre todo en su calidad nutricional. Para seleccionar estos ingredientes, es importante considerar el tipo de proceso (extrusión o peletización), ya que dependiendo del proceso utilizado y de la composición final de la fórmula, se puede afectar directamente las características físicas del producto tales como la densidad, la forma, textura, color, y su estabilidad en el agua [20] (Bortone, 2009).

3.1. Procesos productivos de la empresa

En la figura 4, se muestra el proceso productivo de forma general de la empresa de balanceado de camarón. Se compone de 9 pasos principalmente:

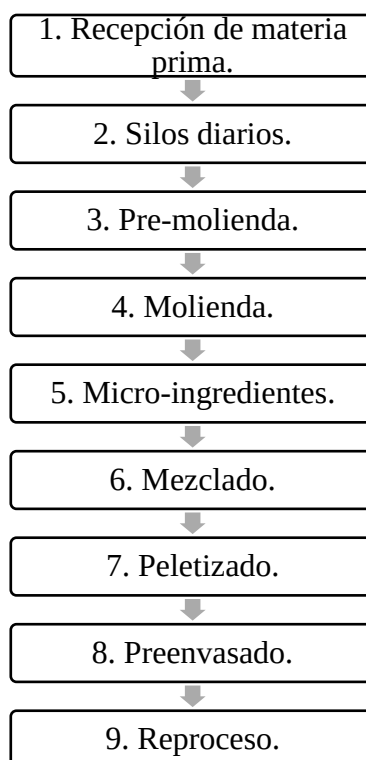


Figura 4. Proceso de producción de balanceado para camarón

Fuente: Los Autores

3.1.1. Recepción de la materia prima

Durante el proceso de recepción de materia prima se verifica que las características de los ingredientes recibidos sean acordes a lo pactado con los proveedores, realizando una evaluación de los productos según sus características organolépticas, tales como su apariencia, olor, color, textura, entre otros. Se revisan las fechas de vencimiento de

los productos, el peso y la cantidad de producto recibido, y se almacena de inmediato en los lugares apropiados como silos o tolvas [21] (Chachapoya, 2014).

3.1.2. Silos Diarios

La materia prima recibida, se almacena en silos y tolvas con su respectiva balanza para reconocer lo que se va consumiendo y poder hacer un nuevo pedido. Luego este material pasa a silos diarios que alimentan el proceso de producción.

3.1.3. Pre-molienda

Es la reducción del tamaño de partícula de los ingredientes e incrementa significativamente la digestibilidad y aprovechamiento de los nutrientes.

3.1.4. Molienda

Se define como la reducción por medios mecánicos del tamaño de las partículas de un ingrediente o mezcla de ingredientes que conforman una formula completa. La molienda es el paso más limitante en la producción de alimentos balanceados y representa el 50-60% de los costos de manufactura. Al considerar la molienda también debemos tomar en cuenta su impacto en el mezclado ya que esta afecta directamente la homogeneidad de la mezcla y del producto final (pellet o producto extrusado).

3.1.5. Micro-ingredientes

Las proteínas vegetales tienen según las que se usan deficiencias de algunos aminoácidos como (metionina y cisteína). En estos casos se puede compensar esta falta combinándola con otras materias primas o agregando el porcentaje que falta en los micro-ingredientes. Se refiere principalmente a las vitaminas y quimioterápicos

3.1.6. Mezclado

Luego de la molienda, los diferentes materiales se mezclan antes de pasar al proceso de peletización. El mezclado es la operación en donde todos los ingredientes se incorporan con el objetivo principal de que la mezcla sea homogénea. Por lo tanto, es una de las operaciones más importantes en la fabricación de alimentos balanceados para el camarón. Crear una mezcla homogénea que cubra todos los requerimientos nutricionales de la especie en la fase de desarrollo específica para la cual se desarrolló la fórmula.

3.1.7. Peletizado y Acondicionamiento

La peletización es el proceso de extrusión forzada (presión) de una mezcla previamente acondicionada (humedad y temperatura) a través de un molde o matriz con orificios que le da la forma, comúnmente cilíndrica o “pellet”, y la densidad. Este proceso proporciona un pellet denso y sumergible que representa una formula completa con todos sus nutrientes listos para ser consumidos por el camarón.

El acondicionador juega un papel extremadamente importante en la estabilidad final del pellet de camarón. Un acondicionador enchaquetado con inyección de vapor vivo

en la mezcla aumenta la gelatinización de los almidones de la mezcla, y ayuda en el desarrollo de las propiedades funcionales de los ingredientes proteicos, como por ejemplo el gluten. La combinación de humedad, tiempo de residencia y temperatura son factores determinantes para alcanzar altas hidroestabilidades de los pellets de camarón. El acondicionador también se puede utilizar para activar aglutinantes comerciales.

3.1.8. Preenvasado y Envasado

Constituye el ensacado del Peletizado previo a su comercialización. Estos son empacados en sacos, etiquetados y cosidos en los equipos de cada línea de producción. Una vez empacados, los productos son colocados en pallets y transportados a la bodega de productos terminados mediante un montacargas.

3.1.9. Reproceso

Tanto los alimentos en textura pellet como granulado pasan por un subproceso de tamizado o zarandeo, donde ocurre una separación del producto en zarandas enviando el producto aceptable a las tolvas de empaque, mientras que las partículas gruesas son direccionadas a reproceso.

3.2. Situación inicial

La empresa de producción de balanceado de camarón llevaba sus operaciones de mantenimiento por el método preventivo, es decir que, planificaban el mantenimiento de acuerdo con la vida útil de las piezas de las máquinas y equipos, y en caso de falla, procedían con el mantenimiento correctivo.

En las siguientes figuras, se pueden observar las estadísticas más importantes del mantenimiento previo a la implementación del mantenimiento predictivo. En las figuras 5 y 6 se puede observar que el porcentaje de indisponibilidad de la planta debido al mantenimiento fue incrementando paulatinamente hasta llegar a un máximo de 39% en Julio del 2017, lo que indica que el sistema de mantenimiento llevado hasta ese momento no estaba siendo eficaz en prevenir daños correctivos que ocasionen paradas de las líneas de producción.

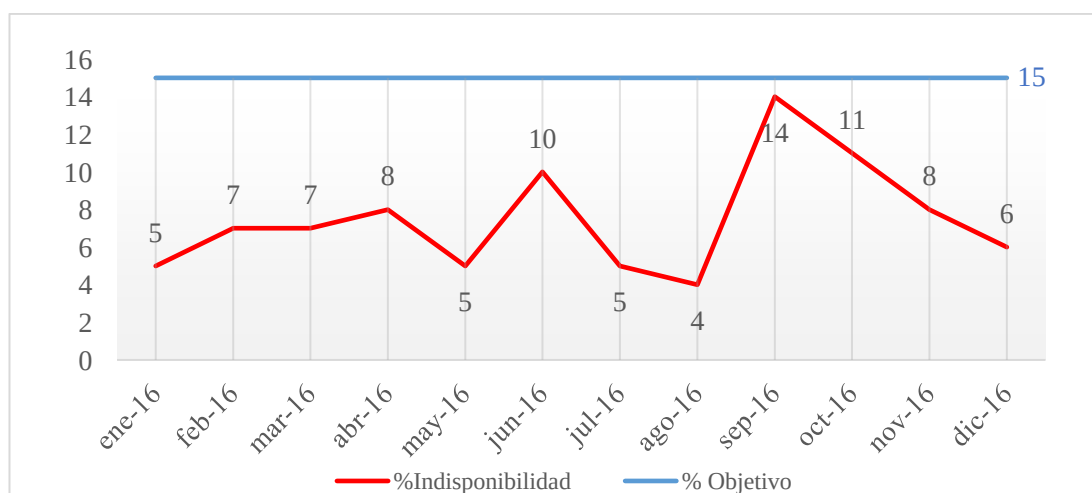


Figura 5. Porcentaje de indisponibilidad en el año 2016

Fuente: Los Autores

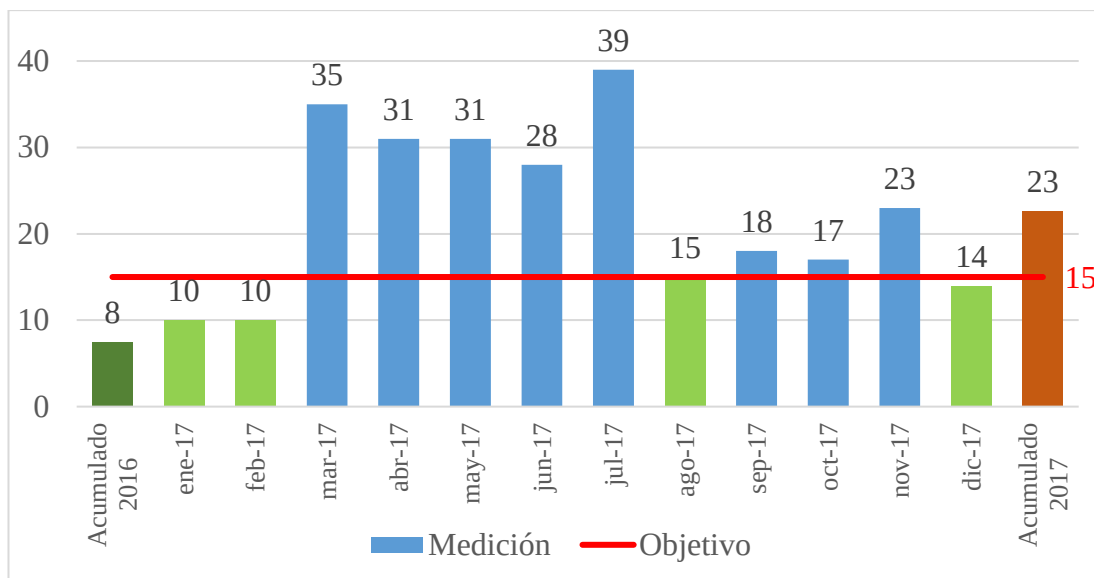


Figura 6. Porcentaje de indisponibilidad en el año 2017

Fuente: Los Autores

Otro indicador importante del mantenimiento es el costo en USD por tonelada de balanceado producido. En el año 2016 el promedio fue de \$14.52 /ton (figura 7) y en el 2017 fue de \$12.81/ton (figura 8), mejor que en el 2016, pero aún sobre la meta de la compañía de \$12/ton.

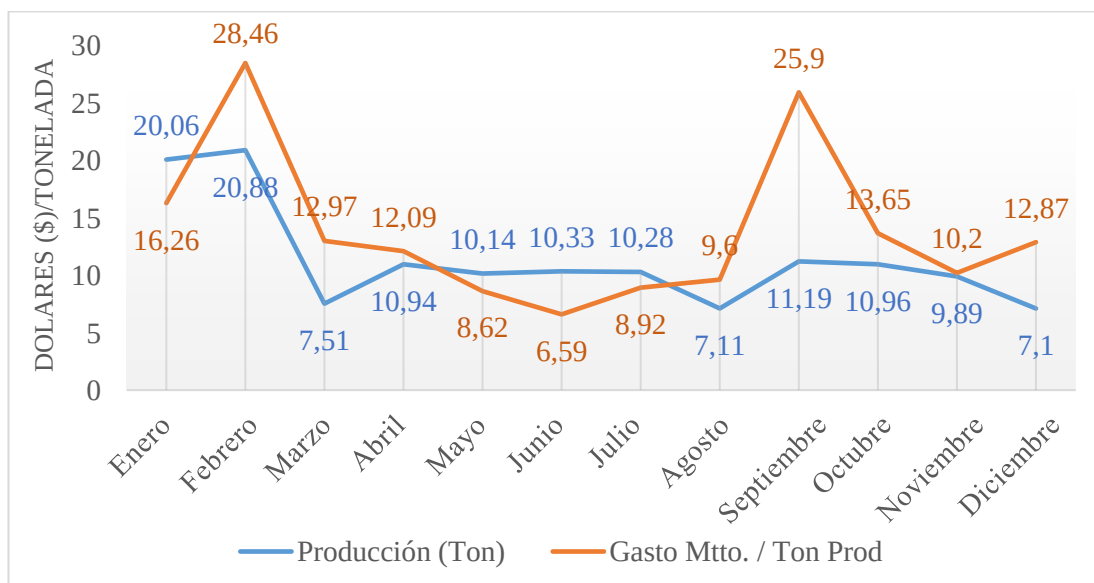


Figura 7. Gastos derivados del mantenimiento en el año 2016

Fuente: Los Autores

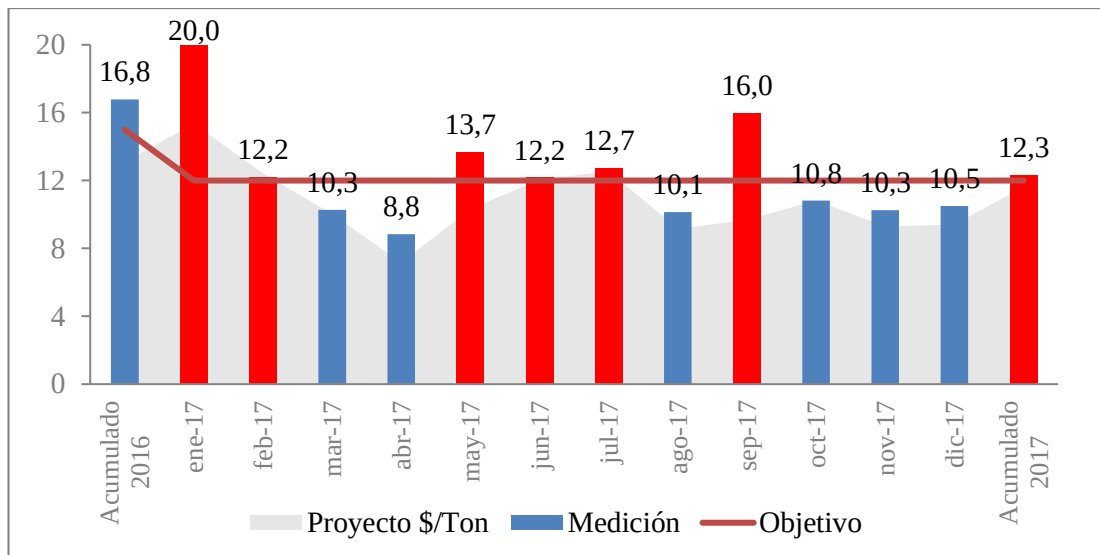


Figura 8. Gastos derivados del mantenimiento en el año 2017

Fuente: Los Autores

3.2.1. Listado de equipos mecánicos

Para la implementación del mantenimiento predictivo es importante conocer todos los equipos que representan mayor costo para la compañía y en caso de daño la empresa tiene repercusiones en paradas, estos equipos son tanto mecánicos como eléctricos. Esto se describe en la tabla 1. Las áreas productivas se representan de la siguiente forma:

- A. Recepción.
- B. Silos diarios.
- C. Pre-molienda.
- D. Molienda.
- E. Microingredientes.
- F. Mezclado.
- G. Peletizado.
- H. Preenvasado.
- I. Reproceso.

3.2.2. Listado de equipos Mecánicos

En la Tabla 1 se puede visualizar los principales equipos mecánicos productivos de cada una de las áreas de la planta.

EQUIPOS /ÁREAS PRODUCTIVAS	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	I.	TOTAL	
1. Esclusas	9	2	3	25	1	2	48	0	0	90	21.90%
2. Blowers	1	0	3	0	0	2	0	0	0	6	1.46%
3. Aspiradores	0	0	0	5	0	0	0	0	1	6	1.46%
4. Elevador de Cangilones	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.22%
5. Prensas	0	0	0	0	0	0	7	0	0	7	1.70%
6. Rastra de Paletas	23	2	1	0	1	0	0	3	3	33	8.03%
7. Transportadores Helicoidales	7	16	0	25	0	2	19	0	0	69	16.79%
8. Ventiladores	9	0	0	10	3	0	18	0	0	40	9.73%
9. Molinos	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15	3.65%
10. Tanques Living	0	0	0	0	0	0	7	0	0	7	1.70%
11. Tanques de Líquidos	0	0	0	0	0	5	2	0	2	9	2.19%
12. Acondicionadores	0	0	0	0	0	0	21	0	0	21	5.11%
13. Post-Acondicionadores	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	1.46%
14. Secadores	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	1.46%
15. Enfriadores	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	1.46%
16. Zarandas	2	0	0	0	0	0	6	0	0	8	1.95%
17. Tambores de Rociado	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	1.46%
18. Ciclones	0	0	3	0	0	0	12	0	0	15	3.65%
TOTAL	56	20	10	80	5	11	164	3	6	355	
	13,63%	4,87%	2,43%	19,46%	1,22%	2,68%	39,90%	0,73%	1,46%		

Tabla 1. Listado de equipos mecánicos por área productiva.

Fuente: Los Autores

3.2.3. Listado de equipos eléctricos

Así mismo se necesita conocer todos los equipos eléctricos principales de la planta, lo cual se puede observar en la Tabla 2.

AREAS EQUIPOS	A. Distribución Nivel 0	B. Distribución	C. Silos	D. Sopladores	E. Transf.	F. Línea envasado	G. Línea Robots	H. Subestación principal	I. UPS	TOTAL	
1. Tableros	28	47	14	8	3	0	0	0	0	100	74,07%
2.Celdas distribución	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4,44%
3. Transf. de planta	5	1	0	0	0	3	1	0	1	11	8,15%
4. Subestación	0	0	0	0	0	0	0	13	0	13	9,63%
5.Banco de capacitores	4	0	0	0	1	0	0	0	0	5	3,70%
TOTAL	43	48	14	8	4	3	1	13	1	135	
	31,85%	35,56%	10,37%	5,93%	2,96%	2,22%	0,74%	9,63%	0,74%		

Tabla 2. Listado de equipos eléctricos por área productiva.

Fuente: Los Autores

3.3. Descripción de equipos mecánicos

3.3.1. Esclusas

Las esclusas se emplean como sello en la descarga de sistemas de transporte neumático, debajo de filtros de aire y ciclones, o bien como medio de dosificación de silos, depósitos y tolvas de almacenamiento. Funciona perfectamente tanto en depresión como en presión efectiva, asegurando la absoluta estanqueidad del producto que está siendo descargado.

Las esclusas de extracción son piezas críticas en cualquier industria que procese productos granulados o en polvo – tales como las industrias molinera, química y plástica – donde integran los sistemas de transporte neumático y de control de polvo y colaborando con los alimentadores y dosificadores de producto a la línea de producción [22] (Prillwitz, s.f.).

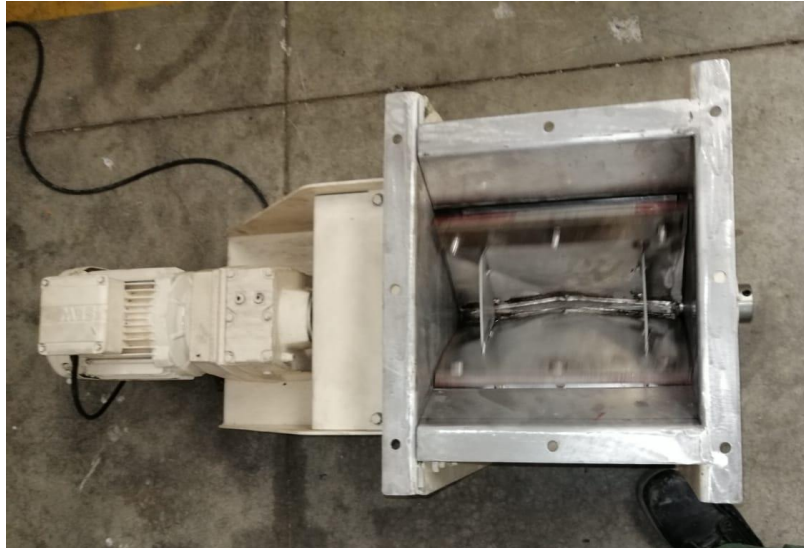


Figura 9. Esclusas
Fuente: Los Autores

3.3.2. Blowers

El sistema de transporte neumático tiene como función transportar materia prima (polvo o granulo) de un origen a uno o más puntos a través del concepto de fluidización, el sistema debe ser totalmente enclaustrado y en él se utilizan presiones alta, baja o negativa para que ocurra transporte de materiales [23] (Jiménez, 2003).



Figura 10. Blowers
Fuente: Los Autores

3.3.3. Aspiradores

Son los encargados de tomar materias primas secas o húmedas y transportarlas a su lugar de uso mediante presión negativa de succión [24] (Exair, s.f.).



Figura 11. Aspiradores

Fuente: Los Autores

3.3.4. Elevador de cangilones

Los elevadores de cangilones son transportadores continuos para el transporte vertical de materiales a granel de todo tipo. Un elevador de cangilones tiene una estación superior (con eje de accionamiento, motor y engranaje) y una estación inferior de desvío. Los pozos del elevador de acero para los movimientos hacia arriba y hacia abajo entre las estaciones de desvío se denominan «chimeneas» o «pozos».

Es un medio de tracción de circulación continua, ya sea una cadena articulada (elevador de cangilones de cadena) o una cinta (elevador de cangilones de cinta), se fijan recipientes en forma de V de acero o plástico. Estos son cargados continuamente con material a través de planos o canales inclinados, lo transportan hacia arriba y lo descargan detrás de la estación de desvío superior en un plano inclinado de descarga [25] (Schrage Conveying Systems, s.f.).



Figura 12. Elevador de Cangilones

Fuente: Los Autores

3.3.5. Prensas

Utilizada para la producción de pellet, la prensa peletizadora es una de las máquinas más importantes en la producción industrial. Normalmente es utilizada para producir alimentos balanceados para animales en pellet. Es utilizada principalmente en la producción comercial a gran escala y se distingue por su larga duración, elevada potencia y bajo consumo. El trabajo de prensado, que lleva a la producción del pellet, se realiza por medio de la matriz, presente en el molino principal [26] (La mecánica, s.f.).



Figura 13. Prensa
Fuente: Los Autores

3.3.6. Rastra de paletas

El transportador de rastra es llamado también transportador de paletas. Se utiliza para mover materiales granulares, en terrones o pulverizados a lo largo de una trayectoria horizontal o sobre un plano inclinado no mayor a 40 grados. No es ideal para la transportación de materiales abrasivos como la ceniza y la arena húmeda [27] (Choque, s.f.).



Figura 14. Rastra de paletas
Fuente: Los Autores

3.3.7. Transportadores helicoidales

Los transportadores helicoidales desde su concepción han sido un método seguro y confiable para el transporte de un amplio rango de materiales a granel y para una gran variedad de aplicaciones. Estos transportadores se utilizan en diversas industrias ya que pueden ser colocados en una gran variedad de configuraciones, de elevaciones y en muchos sectores de procesos. Se pueden utilizar para dosificar, para transportar y almacenar [28] (Conveyor, s.f.).



Figura 15. Transportadores Helicoidales

Fuente: Los Autores

3.3.8. Ventiladores

Es una máquina rotativa que pone el aire, o un gas, en movimiento. Se puede definir también como una turbomáquina que transmite energía para generar la presión necesaria para mantener un flujo continuo de aire. Dentro de una clasificación general de máquinas, los ventiladores son turbomáquinas hidráulicas, tipo generador, para gases [29] (UNET, s.f.).



Figura 16. Ventiladores
Fuente: Los Autores

3.3.9. Molinos

Es una herramienta que se utiliza mucho en el área agrícola con el objetivo principal de triturar alguna cosa, por lo general, cereales o granos, con el fin de convertirlos en harina [30] (<https://conceptodefinicion.de/molino/>, s.f.).



Figura 17. Molinos
Fuente: Los Autores

3.3.10. Tanques living

Son tanques diarios, donde se ubica la mezcla formada de balanceado previo a ser transportada al proceso de extrusión.



Figura 18. Tanques Living

Fuente: Los Autores

3.3.11. Tanques de líquidos

Son tanques de Lecitina (Lípidos saponificables y con función de emulgente que se producen de manera natural en tejidos animales y vegetales). Esta clase de lípido juega un papel importante como agente emulsificante en los sistemas biológicos y es transportado mediante bombas al proceso de extrusión [31] (Elizabet Cruz, 1996).



Figura 19. Tanques de Líquidos
Fuente: Los Autores

3.3.12. Acondicionadores

El acondicionador juega un papel extremadamente importante en la estabilidad final del pellet de camarón. Un acondicionador enchaquetado con inyección de vapor vivo en la mezcla aumenta la gelatinización de los almidones de la mezcla, y ayuda en el desarrollo de las propiedades funcionales de los ingredientes proteicos, como por ejemplo el gluten. La combinación de humedad, tiempo de residencia y temperatura son factores determinantes para alcanzar altas hidroestabilidades de los pellets de camarón. El acondicionador también se puede utilizar para activar aglutinantes comerciales [32] (Bortone, Diseño de plantas de alimentos balanceados especializadas para peces y crustáceos, 2007).



Figura 20. Acondicionadores

Fuente: Los Autores

3.3.13. Post-Acondicionadores

Seguidamente de la peletizadora los pellets entran a lo que se le conoce como post – acondicionador. Este es un equipo diseñado para retener los pellets calientes por más de 5 minutos. Los post-acondicionadores pueden ser horizontales y tan sencillos como un transportador de paletas, al cual se le ha colocado un variador de frecuencia para reducirle la velocidad y así darle mayor retención al pellet caliente. También pueden ser transportadores de arrastre enchaquetados que permiten mantener la temperatura del pellet entre 90-100 grados centígrados, o equipos más sofisticados que permiten inyección de vapor y mantener el pellet por más de 10 minutos [32] (Bortone, Diseño de plantas de alimentos balanceados especializadas para peces y crustáceos, 2007).



Figura 21. Post-Acondicionadores

Fuente: Los Autores

3.3.14. Secadores

Debido a los altos niveles de humedad del producto a la salida de la peletizadora o post-acondicionador es muy posible que se necesite un secador. Esto se debe a que los pellets son suaves y pueden compactarse en los secadores. Se trabaja con aire caliente.



Figura 22. Secadores

Fuente: Los Autores

3.3.15. Enfriadores

Su función es la misma que la de los secadores, reducir la humedad, pero a diferencia de ellos secadores se trabaja como aire frío.



Figura 23. Enfriadores
Fuente: Los Autores

3.3.16. Zarandas

Después del enfriador los pellets enteros o migajas se pasan por unas zarandas para remover los finos los cuales son reciclados a la peletizadora y reprocesados.



Figura 24. Zarandas
Fuente: Los Autores

3.3.17. Tambores de rociado

Los ingredientes deben ser rociados en forma de cortina sobre la mayor parte de mezcla y no en chorros. La adición de líquidos como un chorro directo produce apelmazamiento de la mezcla (grumos), que a su vez pueden atrapar ingredientes menores y no permitan su distribución homogénea en la mezcla. Por eso es imprescindible, que los líquidos sean rociados utilizando el número de boquillas de aspersión necesarias para lograr la su distribución en toda la mezcla. Los líquidos como los aceites, lecitina, y solubles deben tener su propio sistema de adición separado de la línea de agua [33] (Bortone, Interacción de Ingredientes y Procesos en la Producción de Alimentos Hidroestables para Camarones, 2002).



Figura 25. Tambores de Rociado

Fuente: Los Autores

3.3.18. Ciclones

Un separador ciclónico es un equipo utilizado para separar partículas sólidas suspendidas en el aire, gas o flujo de líquido, sin el uso de un filtro de aire, utilizando un vórtice para la separación. Una alta velocidad del flujo de aire se establece dentro del contenedor cilíndrico o cónico llamado ciclón.



Figura 26. Ciclones

Fuente: Los Autores

3.4. Descripción de equipos eléctricos

3.4.1. Tableros

En términos generales los tableros son gabinetes que contienen los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, que cumplen una función específica dentro de un sistema eléctrico. Su principal función es proteger cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación. Deben también soportar los niveles de corrientes de cortocircuito.



Figura 27. Tableros Eléctricos

Fuente: Los Autores

3.4.2. Celdas de distribución

Las Celdas de Distribución de Baja Tensión son aptos para su utilización en las subestaciones principales, secundarias y en lugares donde se desee tener un grupo de interruptores con relés de sobrecargas y cortocircuitos; destinados a proteger y alimentar a las cargas eléctricas.



Figura 28. Celdas de Distribución

Fuente: Los Autores

3.4.3. Transformadores de planta

Los Transformadores de Distribución son utilizados para reducir el voltaje de la red de media tensión a los niveles de las redes de distribución de baja tensión, aplicables en zonas urbanas, industrias, minería, explotaciones petroleras, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica.



Figura 29. Transformadores de Planta

Fuente: Los Autores

3.4.4. Subestación

Una subestación eléctrica es una instalación destinada a establecer los niveles de tensión adecuados para la transmisión y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador. Normalmente está dividida en secciones, por lo general tres principales, y las demás son derivadas.



Figura 30. Subestación

Fuente: Los Autores

3.4.5. Banco de capacitores

El capacitor es un dispositivo formado por dos elementos conductores separados por un material dieléctrico, confinados en un contenedor o carcasa y cuyo propósito es producir capacitancia en un circuito eléctrico. Un banco de capacitores se utiliza usualmente para corregir el factor de potencia mediante la instalación o conexión de capacitores.



Figura 31. Banco de Capacitores

Fuente: Los Autores

3.5. Planificación del mantenimiento predictivo

Dado que la empresa de producción de balanceado posee muchos equipos tanto mecánicos como eléctricos, se tomó la decisión de empezar el nuevo sistema de mantenimiento con las áreas que poseen mayor cantidad de equipos.

En la tabla 3 hace referencia a las actividades a realizarse durante la implementación del sistema propuesto

Cronograma de actividades																
No	Actividades	Semanas														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Elaboración del plan de mantenimiento predictivo.															
2	Mapear los equipos de la empresa a ser monitoreados.															
3	Realizar metodología para la priorización de los equipos.															
4	Elaborar el cronograma de inspección de los equipos mecánicos. (Vibraciones)															
5	Implementación del plan de mantenimiento predictivo															
6	Realizar las inspecciones con los formatos establecidos para las diferentes áreas.															
7	Evaluar los diferentes datos obtenidos por medio de las inspecciones de ruta definidas por áreas.															
8	Realizar los informes de los equipos inspeccionados, especificando las causas que provocan la aparición de las diferentes fallas en los equipos.															
9	Revisión de indicadores de los equipos.															
10	Entrega de los productos al encargado de mantenimiento.															

Tabla 3. Cronograma de Actividades de mantenimiento Predictivo

Fuente: Los Autores

En la figura 32, se puede observar el Pareto de las áreas productivas y su cantidad de equipos mecánicos, que viene a su vez de la Tabla 1. Se presenta organizado de mayor

número de equipos a menor, para poder realizar el análisis del 80/20. Como se puede ver, las áreas de Peletizado, Molienda y Recepción, poseen un poco más del 80% de los equipos por lo que estas tres áreas serán las primeras en ser intervenidas.

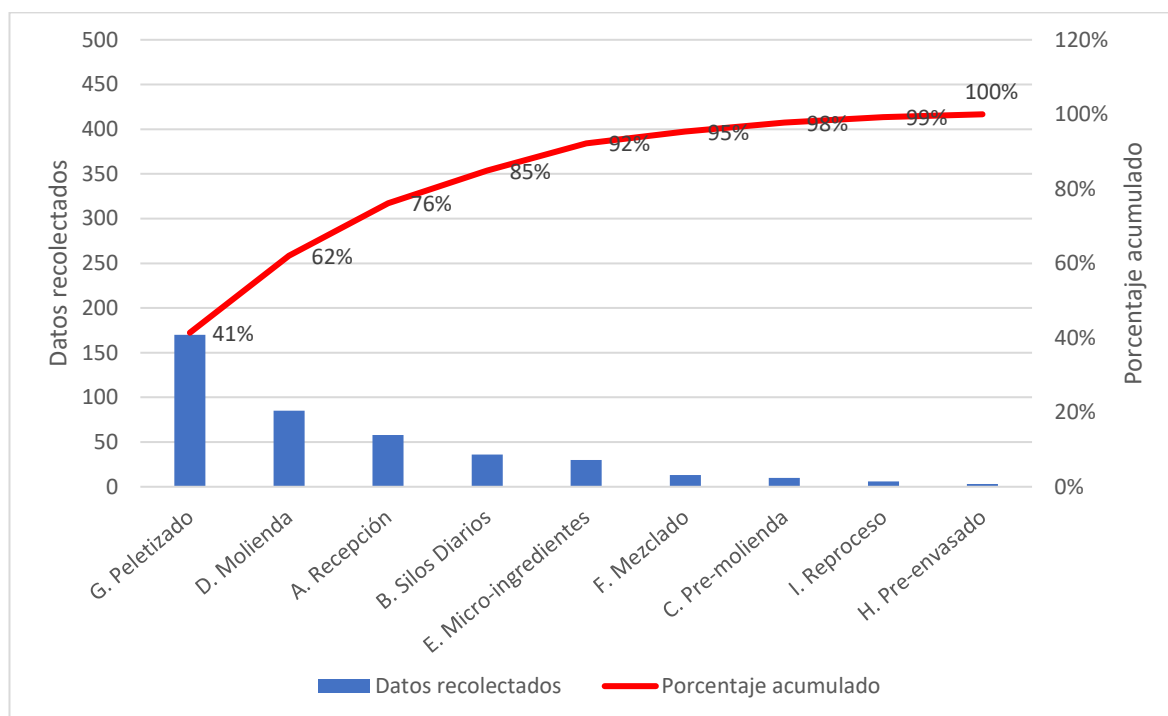


Figura 32. Pareto de equipos por área de producción

Fuente: Los Autores

3.5.1. Determinación de la criticidad de los equipos

Una vez fueron definidas las áreas de actuación, fue necesario establecer la criticidad de los equipos que pertenecen a estas áreas, con el objetivo de definir la periodicidad de las inspecciones de vibraciones. Para esto se define tres tipos de criticidad con su respectiva frecuencia de inspección:

CRITICIDAD	CÓDIGO DE COLOR	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN
Baja	Verde	Anual
Media	Amarillo	Semestral
Alta	Rojo	Trimestral

Tabla 4. Tipos de Criticidad

Fuente: Los Autores

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla.

La matriz de criticidad se la representa con código de colores en donde se podrá determinar si los riesgos que se encuentran relacionados con los valores de criticidad son bajos o altos.



Figura 33. Matriz de criticidad
Fuente: SCO (Metodología Análisis de Criticidad)

Para determinar la criticidad de manera cuantitativa se debe multiplicar la frecuencia de una falla por la sumatoria de las consecuencias de esta de manera que se establezcan rasgos de valores que permiten homologar los criterios de evaluación.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

La siguiente Tabla 4, muestra los criterios para estimar la frecuencia. Se utiliza el Tiempo Promedio entre Fallas (TPEF) o la frecuencia de falla en número de eventos por año, en caso de no contar con esta información utilizar la opinión de expertos.

Para la estimación de las consecuencias o impactos de la falla, se emplean los siguientes criterios y sus rasgos preestablecidos: Calidad, Seguridad, Productividad, Medio Ambiente.

Los Impactos en la Productividad (IP) cuantifican las consecuencias que los eventos no deseados generan sobre el negocio. Este criterio se evaluará considerando los siguientes factores: Tiempo Promedio para Reparar (TPPR), Producción Diferida, Costos de Producción. Los impactos al ambiente, seguridad y calidad serán categorizados considerando los criterios de la Tabla 5, Categoría de Impactos.

CATEGORÍA	TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS TPEF, EN AÑOS	NÚMERO DE FALLAS POR AÑO	INTERPRETACIÓN
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 2$	$0.5 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 2 años, pero es poco probable que ocurra en un año.
3	$2 \leq TPEF < 3$	$0.3 < \lambda \leq 0.5$	Es probable que ocurran varias fallas en 3 años, pero es poco probable que ocurra en dos años.
2	$3 \leq TPEF < 5$	$0.2 < \lambda \leq 0.3$	Es probable que ocurran varias fallas en 5 años, pero es poco probable que ocurra en tres años.
1	$TPEF \geq 5$	$0.3 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 5 años.

Tabla 5. Criterios para estimar la frecuencia

Fuente: Los Autores

CATEGORÍA	SEGURIDAD	CALIDAD	MEDIO AMBIENTE	PRODUCTIVIDAD
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa	Daños irreversibles al producto y requerimiento de un reproceso total.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Pérdida de productividad mayor al 10%.
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Daños irreversibles al producto, pero requerimiento de un reproceso parcial.	Daños irreversibles al ambiente pero que no violen regulaciones y leyes ambientales.	Pérdida de productividad mayor al 7% pero menor al 10%.
3	Daños o enfermedades severas de varias personas en la instalación. Requiere suspensión laboral.	Daños corregibles dentro del mismo proceso.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	Pérdida de productividad mayor al mayor al 4% pero menor al 7%.
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Daños no afectan los rangos de calidad.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	Pérdida de productividad menor al 4%.
1	Sin impacto en el personal de la planta.	No existen daños en la calidad del producto.	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Sin pérdidas de productividad.

Tabla 6. Categoría de Impactos.

Fuente: Los Autores.

3.5.2. Análisis de Criticidad por Área de Producción

En las tablas 6, 7 y 8, se muestran las criticidades de los equipos separados por área de producción y su frecuencia de inspecciones de análisis de vibración.

Equipos	Frecuencia	Impacto	Criticidad	Frecuencia
1. Esclusas	4	3	A	Trimestral
2. Prensas	1	4	M	Semestral
3. Transportadores Helicoidales	2	3	M	Semestral
4. Ventiladores	3	2	M	Semestral
5. Tanques Living	1	4	M	Semestral
6. Tanques Líquidos	1	4	M	Semestral
7. Acondicionadores	2	4	M	Semestral
8. Post-Acondicionadores	2	4	M	Semestral
9. Secadores	1	4	M	Semestral
10. Enfriadores	2	3	M	Semestral
11. Zarandas	2	3	M	Semestral
12. Tambores de Rociado	2	3	M	Semestral
13. Ciclones	2	3	M	Semestral

Tabla 7. Criticidad Área Peletizado.

Fuente: Los Autores.

Equipos	Frecuencia	Impacto	Criticidad	Frecuencia
1. Esclusas	3	2	M	Semestral
2. Aspiradores	4	3	A	Trimestral
3. Transportadores Helicoidales	2	3	M	Semestral
4. Ventiladores	3	2	M	Semestral
5. Molinos	3	2	M	Semestral

Tabla 8. Criticidad Área Molienda.

Fuente: Los Autores.

Para los equipos eléctricos: tableros, celdas de distribución, transformadores de planta, subestación y banco de capacitores, las frecuencias de inspección de termografías serán de 6 meses con una criticidad media.

Equipos	Frecuencia	Impacto	Criticidad	Frecuencia
1. Esclusas	4	3	A	Trimestral
2. Blowers	4	3	A	Trimestral
3. Elevador de Cangilones	3	4	A	Trimestral
4. Rastra de Paletas	3	4	A	Trimestral
5. Transportadores Helicoidales	4	3	A	Trimestral
6. Ventiladores	3	2	M	Semestral
7. Zarandas	2	3	M	Semestral

Tabla 9. Criticidad Área Recepción.

Fuente: Los Autores.

3.6. Implementación del mantenimiento predictivo

Para la implementación del sistema de mantenimiento predictivo, se procedió con una primera inspección de todos los equipos de las tres áreas productivas, previamente seleccionadas.

3.6.1. Inspección termográfica inicial

Se realizó un análisis termográfico de los principales paneles de distribución de la planta y transformadores de alta capacidad, para detectar o no la presencia de eventuales fallas. El equipo utilizado fue una cámara termográfica de baja resolución Marca FLIR T-420. El informe fue realizado utilizando el software de la propia cámara, en el cual se recogen las notas de campo efectuados por el termografista, usando como referencia de criticidad las normas N.E.T.A. (National Electric Testing Association) y el procedimiento creado que se puede observar en el Anexo 1.

Las figuras 34 y 35, muestran los criterios utilizados para medir la severidad del análisis termográfico efectuado durante la inspección inicial de los tableros eléctricos y paneles de distribución.

1°C - 10°C O/A 1°C - 3°C O/S	POSSIBLE DEFICIENCY	O/A sobre el ambiente O/S sobre un componente similar
11°C - 20°C O/A 4°C - 15°C O/S	PROBABLE DEFICIENCY	Major Deficiency Shut Down / Repair immediately
21°C - 40°C O/A > 15°C O/S	DEFICIENCY	Deficiency Repair ASAP Probable Deficiency Repair at next Shut Down Possible Deficiency Repair / Monitor Condition
> 40 °C O/A > 15 °C O/S	MAJOR DEFICIENCY	

Figura 34. Criterios de testeo de severidad térmica

Fuente: N.E.T.A. (National Electric Testing Association)

SEVERIDAD	INDICACION
P5	CASO CRITICO / REPARACION INMEDIATA
P4	CASO SEMI - CRITICO / REPARACION EN DOS SEMANAS
P3	CASO SEVERO / REPARACION EN UN MES
P2	CASO LEVE / REPARACION EN DOS MESES
P1	CASO SEMI - LEVE / REPARACION PROGRAMADA EN OTRA REPARACION DEL EQUIPO

Figura 35. Indicaciones de acción por severidad

Fuente: N.E.T.A. (National Electric Testing Association)

La Tabla 9 muestra El estado inicial de los equipos eléctricos de la planta, junto a su severidad y recomendación. Los trabajos de mantenimiento correctivos fueron aplicados luego de esta primera inspección termográfica, corrigiendo de esta forma las fallas y dando el punto de arranque a la frecuencia indica de inspecciones de ruta predictiva posteriores.

De un total de 32 equipos eléctricos a los que se realizó una imagen termográfica, 34% dio una severidad P1, 25% una severidad P2 y P3 cada una, 3% severidad P4 y, por último, 13% severidad P5. Las recomendaciones en cada caso se dan en la tabla y los correctivos fueron aplicados mediante órdenes de trabajo en el mes de agosto del 2018.

#	Equipo	Severidad	Recomendación	#	Equipo	Severidad	Recomendación
1	TD Control Vibrafloor	P2	Revisión	17	TD Transformador 1	P1	Limpieza y Reajuste
2	Tablero +W03	P1	Limpieza y Reajuste	18	TD Transformador 2	P1	Limpieza y Reajuste
3	Tablero Molienda 3	P5	Revisión	19	TD Capacitores Banco 1	P2	Revisión
4	Tablero EQ-419	P2	Revisión	20	Tablero MCC-480	P3	Revisión
5	Tablero Molienda 1	P3	Revisión	21	TD-EQ484	P3	Cambio de equipo
6	Tablero MCC-240	P3	Revisión	22	TD Línea 6A y 6B	P1	Limpieza y Reajuste
7	Tablero EQ-433	P5	Revisión	23	TD MCC-1111	P3	Revisión
8	Tablero MCC-470	P1	Limpieza y Reajuste	24	Tablero 811-911	P1	Limpieza y Reajuste
9	Tablero MCC-464	P1	Limpieza y Reajuste	25	Tablero MCC-350	P2	Revisión
10	Tablero TD-7	P2	Limpieza y Reajuste	26	TD Recepción de Líquidos	P3	Revisión
11	TD Transformador 3	P2	Limpieza y Reajuste	27	Tablero 1150	P5	Cambio de equipo
12	TD Capacitores Banco B	P1	Limpieza y Reajuste	28	TD MCC-1000	P2	Revisión
13	TD Capacitores Banco A	P1	Limpieza y Reajuste	29	Tablero 750	P2	Limpieza y Reajuste
14	TD Capacitores Banco 2	P1	Revisión	30	TD MCC-1050	P1	Limpieza y Reajuste
15	TD Sala de Tableros	P3	Limpieza y Reajuste	31	Entrada de 60 KV	P3	Revisión
16	TD Servicios	P3	Limpieza y Reajuste	32	TD MCC-500	P4	Revisión

Tabla 10. Estado inicial de los equipos eléctricos

Fuente: Los Autores.

3.6.2. Análisis de vibraciones inicial

Para cada equipo se efectuó un análisis de vibración total y demodulada a alta frecuencia, con su correspondiente diagnóstico y sus respectivas recomendaciones. Para el análisis se recolectaron datos de vibración total, gráficos de espectro de frecuencias, y de la señal demodulada a alta frecuencia (> 30000 cpm). Los equipos fueron evaluados según la norma ISO10816-3, para equipos generales y de acuerdo con el procedimiento que se adjunta en el Anexo 2 y de acuerdo con la figura 36.

ISO 10816-3		Machinery Groups 2 and 4		Machinery Groups 1 and 3	
Velocity		Rated Power			
CMVP 40 in/sec eq. Peak	CMVP 50 mm/sec RMS	15 kW – 300 kW		Group 1: 300 kW – 50 MW Group 3: Above 15 kW	
0.61	11.0		DAMAGE OCCURS		
0.39	7.1				
0.25	4.5		RESTRICTED OPERATION		
0.19	3.5		UNRESTRICTED OPERATION		
0.16	2.8				
0.13	2.3		NEWLY COMMISSIONED MACHINERY		
0.08	1.4				
0.04	0.7				
0.00	0.0				
Foundation		Rigid	Flexible	Rigid	Flexible

Figura 36. Norma ISO 10816-3 para análisis vibracional

Fuente: Norma ISO 10816-3

La medición se realizó en 4 puntos para cada equipo, de manera horizontal, vertical y axial. Los valores fueron registrados en mm/s comparados con los de la figura 37. Por último, recomendaciones fueron dadas por cada equipo que se muestran en las Tablas 10, 11 y 12.

En total 73 equipos fueron analizados, de los cuales 71% dieron valores dentro de los rangos normales. Los equipos que dieron alarmas de fallas fueron programados para mantenimiento correctivo en el mes de agosto del 2018.

3.6.3. Programa de mantenimiento predictivo

Una vez se ha realizado la inspección inicial de los equipos mecánicos y eléctricos, se procedió a realizar el mantenimiento correctivo respectivo y se estructuró el programa de mantenimiento predictivo mediante análisis de vibraciones y termográfico. El programa se estructuró siguiendo el modelo de la norma ISO 17359: Condition, monitoring and diagnosis of machines – General Guidelines, en la siguiente secuencia de eventos:

- Registro de información de los equipos críticos a monitorear.
- Establecimiento de los niveles permitidos de vibración y temperatura.

- Registro de la información en el software de mantenimiento de la empresa.
- Entrenamiento de los técnicos en el uso de los equipos de medición.
- Establecimiento del cronograma de mantenimiento predictivo-correctivo.
- Aplicación del programa de mantenimiento predictivo a los equipos seleccionados.

Condition	Fan-application category	Rigidly mounted mm/s		Flexibly mounted mm/s	
		Peak	r.m.s.	Peak	r.m.s.
Start-up	BV-1	14,0	10	15,2	11,2
	BV-2	7,6	5,6	12,7	9,0
	BV-3	6,4	4,5	8,8	6,3
	BV-4	4,1	2,8	6,4	4,5
	BV-5	2,5	1,8	4,1	2,8
Alarm	BV-1	15,2	10,6	19,1	14,0
	BV-2	12,7	9,0	19,1	14,0
	BV-3	10,2	7,1	16,5	11,8
	BV-4	6,4	4,5	10,2	7,1
	BV-5	5,7	4,0	7,6	5,6
Shutdown	BV-1	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
	BV-2	Note 1	Note 1	Note 1	Note 1
	BV-3	12,7	9,0	17,8	12,5
	BV-4	10,2	7,1	15,2	11,2
	BV-5	7,6	5,6	10,2	7,1

NOTE 1 Shutdown levels for fans in fan-application grades BV-1 and BV-2 should be established based on historical data.

NOTE 2 The r.m.s. values given in this Table are preferred. They are rounded to a R20 series as specified in ISO 10816-1. Peak values are widely used in North America. Being made up of a number of sinusoidal wave forms, these do not necessarily have an exact mathematical relationship with the r.m.s. values. They may also depend to some extent on the instrument used.

Figura 37. Esquema de la norma ISO 14694.

Fuente: Norma ISO 17359

#	Equipo	Estado	Recomendación
1	Prensa 1 EQ811 A y B	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
2	Prensa 2 EQ911 A y B	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
3	Prensa 3 EQ1011 A y B	NOK	Se recomienda revisar estado de cajas, verificar ajuste de la base del motor, verificando su alineación y continuar atento a la tendencia
4	Prensa 4 EQ1411 A y B	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
5	Prensa 4 EQ1111 A y B	OK	Dentro de rangos normales
6	Acondicionador 1 Prensa 1	OK	Dentro de rangos normales
7	Acondicionador 2 Prensa 1	OK	Dentro de rangos normales
8	Acondicionador 3 Prensa 1	OK	Dentro de rangos normales
9	Acondicionador 1 Prensa 2	OK	Dentro de rangos normales
10	Acondicionador 2 Prensa 2	OK	Dentro de rangos normales
11	Acondicionador 3 Prensa 2	OK	Dentro de rangos normales
12	Acondicionador 1 Prensa 3	OK	Dentro de rangos normales
13	Acondicionador 2 Prensa 3	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional

Tabla 11. Estado inicial de los equipos mecánicos – 1

Fuente: Los Autores.

#	Equipo	Estado	Recomendación
14	Acondicionador 3 Prensa 3	OK	Dentro de rangos normales
15	Acondicionador 1 Prensa 4	OK	Dentro de rangos normales
16	Acondicionador 2 Prensa 4	OK	Dentro de rangos normales
17	Acondicionador 3 Prensa 4	OK	Dentro de rangos normales
18	Acondicionador 1 Prensa 5	OK	Dentro de rangos normales
19	Acondicionador 2 Prensa 5	OK	Dentro de rangos normales
20	Acondicionador 3 Prensa 5	OK	Dentro de rangos normales
21	Ventilador Aspirador EQ1151	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
22	Ventilador Aspirador EQ1451	NOK	Se recomienda revisar ajuste de cajas del motor, chumaceras y los pernos de la base del motor, verificar la limpieza del ventilador y continuar atento a la tendencia vibracional.
23	Ventilador Aspirador EQ486	NOK	Se recomienda revisar el alineamiento y excentricidad de las poleas, también revisar el ajuste de los pernos de la base.
24	Ventilador Aspirador EQ951	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
25	Ventilador Aspirador EQ851	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
26	Ventilador Aspirador EQ829	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
27	Ventilador Aspirador EQ1029	NOK	Se recomienda revisión y limpieza del ventilador, revisar la concentricidad de las poleas y revisar las bandas, si la vibración persiste realizar su respectivo balanceo dinámico.
28	Ventilador Aspirador EQ1051	NOK	Se recomienda revisión y limpieza del ventilador, ajuste de los pernos del motor, verificar holguras en las chumaceras, y cambiar los rodamientos del ventilador si la vibración persiste elevada, realizar su respectivo balanceo dinámico.
29	Ventilador Aspirador EQ1151	NOK	Se recomienda revisión y limpieza del ventilador, ajuste de los pernos del motor, verificar holguras en las chumaceras, y cambiar los rodamientos del ventilador si la vibración persiste elevada, realizar su respectivo balanceo dinámico.
30	Ventilador Aspirador EQ1329	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
31	Ventilador Aspirador EQ1351	NOK	Se recomienda revisión y limpieza del ventilador, revisar la concentricidad de las poleas y revisar las bandas, si la vibración persiste realizar su respectivo balanceo dinámico.
32	Ventilador Aspirador EQ1426	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional

Tabla 12. Estado inicial de los equipos mecánicos – 2

Fuente: Los Autores.

#	Equipo	Estado	Recomendación
33	Ventilador Aspirador EQ1429	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
34	Ventilador Aspirador EQ426	NOK	Se recomienda revisión y lubricación de los rodamientos de lado del ventilador, y continuar atento a la tendencia vibracional.
35	Ventilador Aspirador EQ466	NOK	Se recomienda ajustar los pernos del motor, y continuar atento a la tendencia vibracional.
36	Ventilador Aspirador EQ479	NOK	Se recomienda revisión y limpieza del ventilador, revisar la concentricidad de las poleas y revisar las bandas, ajustar los pernos de la base, si la vibración persiste realizar su respectivo balanceo dinámico.
37	Ventilador Aspirador EQ489	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
38	Ventilador Aspirador EQ890	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
39	Ventilador Aspirador EQ1026	NOK	Se recomienda balancear dinámicamente el rotor del ventilador.
40	Ventilador Aspirador EQ1326	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
41	Ventilador Aspirador EQ826	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
42	Ventilador Aspirador EQ926	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
43	Ventilador Aspirador EQ1126	NOK	Se recomienda revisar ajuste de pernos de sujeción del motor y continuar atento a la tendencia vibracional
44	Ventilador Aspirador EQ406	NOK	Se recomienda revisar ajuste de pernos de sujeción del motor y continuar atento a la tendencia vibracional
45	Ventilador Aspirador EQ419	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
46	Ventilador Aspirador EQ432	NOK	Se recomienda revisión y limpieza del ventilador, revisar la excentricidad de las poleas, si la vibración persiste elevada, realizar su respectivo balanceo dinámico.
47	Ventilador Aspirador EQ439	NOK	Se recomienda revisar las cajas, verificar la lubricación de los rodamientos del motor, estar atento a la tendencia de los rodamientos del ventilador, en caso de incrementarse realizar su respectivo cambio de rodamientos.
48	Ventilador Aspirador EQ446	OK	Dentro de rangos normales
49	Blower EQ363	NOK	Se recomienda revisión y limpieza del ventilador, revisar la excentricidad de las poleas, si la vibración persiste elevada, realizar su respectivo balanceo dinámico

Tabla 13. Estado inicial de los equipos mecánicos – 3

Fuente: Los Autores.

#	Equipo	Estado	Recomendación
50	Blower EQ615	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
51	Blower EQ120	NOK	Se recomienda revisión y limpieza del ventilador, revisar la excentricidad de las poleas, si la vibración persiste elevada, realizar su respectivo balanceo dinámico
52	Blower EQ1250	NOK	Continuar atento a la tendencia vibracional
53	Blower EQ2315	NOK	Se recomienda revisión y limpieza del ventilador, revisar la excentricidad de las poleas, si la vibración persiste elevada, realizar su respectivo balanceo dinámico
54	Blower EQ353	NOK	Se recomienda revisión y limpieza del ventilador, revisar la excentricidad de las poleas, si la vibración persiste elevada, realizar su respectivo balanceo dinámico
55	Blower EQ533	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional
56	Compresor Shuld 200 HP	OK	Dentro de rangos normales
57	Compresor CP03	OK	Dentro de rangos normales
58	Compresor CP04	OK	Dentro de rangos normales
59	Compresor Shuld 50 HP	OK	Dentro de rangos normales
60	Molino EQ404	NOK	La máquina presentaba indicaciones de soldadura mecánica, la cual se debía a soldaduras en cajas, pernos de fijación flojos o una baja rigidez en general de la estructura de soporte.
61	Molino EQ410	NOK	Se recomienda revisión y limpieza del ventilador, revisar la excentricidad de las poleas, si la vibración persiste elevada, realizar su respectivo balanceo dinámico
62	Molino EQ418	NOK	La máquina presentaba indicaciones de soldadura mecánica, la cual se debía a soldaduras en cajas, pernos de fijación flojos o una baja rigidez en general de la estructura de soporte.
63	Molino EQ424	NOK	La máquina presentaba indicaciones de soldadura mecánica, la cual se debía a soldaduras en cajas, pernos de fijación flojos o una baja rigidez en general de la estructura de soporte.
64	Molino EQ430	NOK	La máquina registraba indicaciones de desbalance; síntoma que se dio por holguras en las cajas.

Tabla 14. Estado inicial de los equipos mecánicos – 4

Fuente: Los Autores.

#	Equipo	Estado	Recomendación
65	Molino EQ438	NOK	La máquina presentaba indicaciones de soltura mecánica, la cual se debía a solturas en cajas, pernos de fijación flojos o una baja rigidez en general de la estructura de soporte.
66	Molino EQ444	NOK	La máquina presentaba indicaciones de soltura mecánica, la cual se debía a solturas en cajas, pernos de fijación flojos o una baja rigidez en general de la estructura de soporte.
67	Molino EQ450	NOK	La máquina presentaba indicaciones de soltura mecánica, la cual se debía a solturas en cajas, pernos de fijación flojos o una baja rigidez en general de la estructura de soporte.
68	Molino EQ458	NOK	La máquina registra indicaciones de desbalance; síntoma que puede estar siendo amplificado por holguras en las cajas.
69	Molino EQ464	NOK	La máquina registra indicaciones de desbalance; síntoma que puede estar siendo amplificado por holguras en las cajas.
71	Molino EQ478	NOK	La máquina registra indicaciones de desbalance; síntoma que puede estar siendo amplificado por holguras en las cajas.
72	Molino EQ484	NOK	La máquina registra indicaciones de desbalance; síntoma que puede estar siendo amplificado por holguras en las cajas.
73	Molino EQ498	OK	Continuar atento a la tendencia vibracional

Tabla 15. Estado inicial de los equipos mecánicos – 5

Fuente: Los Autores.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

En la planta productora de balanceado de camarón, se obtuvieron mejoras en el sector productivo gracias a la validación e implementación del mantenimiento predictivo en las tres áreas seleccionadas: Recepción, Molienda y Peletizado. La implementación del mantenimiento predictivo ocurrió el mes de junio de 2018, mediante una inspección inicial a todos los equipos mecánicos de las tres áreas productivas. Se realizó el análisis de vibraciones a todos los motores de los equipos mecánicos. En total se encontraron 135 fallas, de las cuales 42 requirieron trabajos correctivos menores a dos horas de intervención, 36 requirieron paradas correctivas mayores a 2 horas y menores de 5 horas, y 57 requirieron intervenciones de más de 5 horas.

La figura 38 muestra la evolución de la producción de la planta desde junio del 2016 hasta mayo del presente año, dado que el sistema de mantenimiento predictivo empezó a implementarse desde inicios de junio. El volumen de producción incrementó un 22 % entre jun 16/may 17 hasta jun 17/may 18.

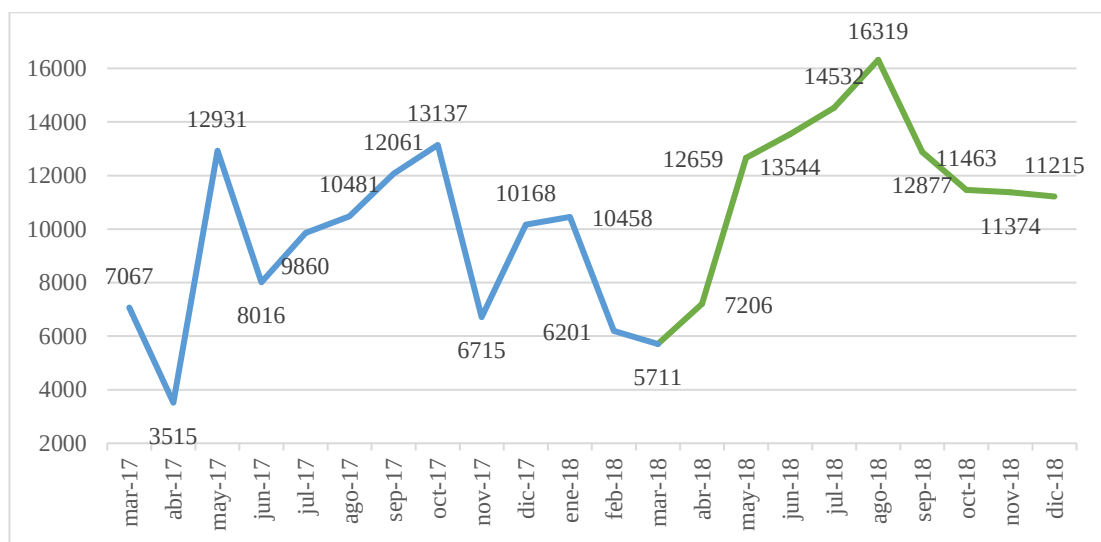


Figura 38. Evolución de la producción previo a la implementación del mantenimiento predictivo.

Fuente: Los Autores

En la figura 39, se puede observar que luego de la implementación del mantenimiento en el mes de junio del 2018, toma tres meses adaptarse al nuevo sistema de mantenimiento propuesto y a medida que los equipos mejoran la productividad aumenta. Las toneladas producidas en los meses de septiembre a noviembre superan en 21 % las producidas en esos mismos tres meses del año anterior 2017, lo que indica que el mantenimiento predictivo funciona.

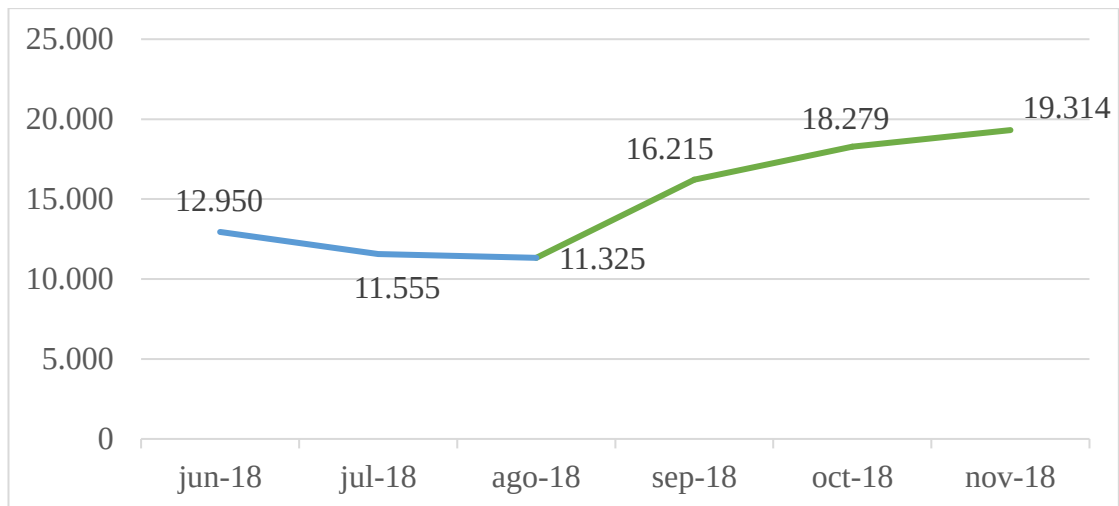


Figura 39. Evolución de la producción en toneladas luego de la implementación.
Fuente: Los Autores

En la figura 40, se observa la evolución de la indisponibilidad debido al mantenimiento del año 2018. Así como en la figura anterior, a partir del mes de septiembre este índice se reduce radicalmente (casi 70%), lo que demuestra nuevamente la efectividad del sistema de mantenimiento nuevo.

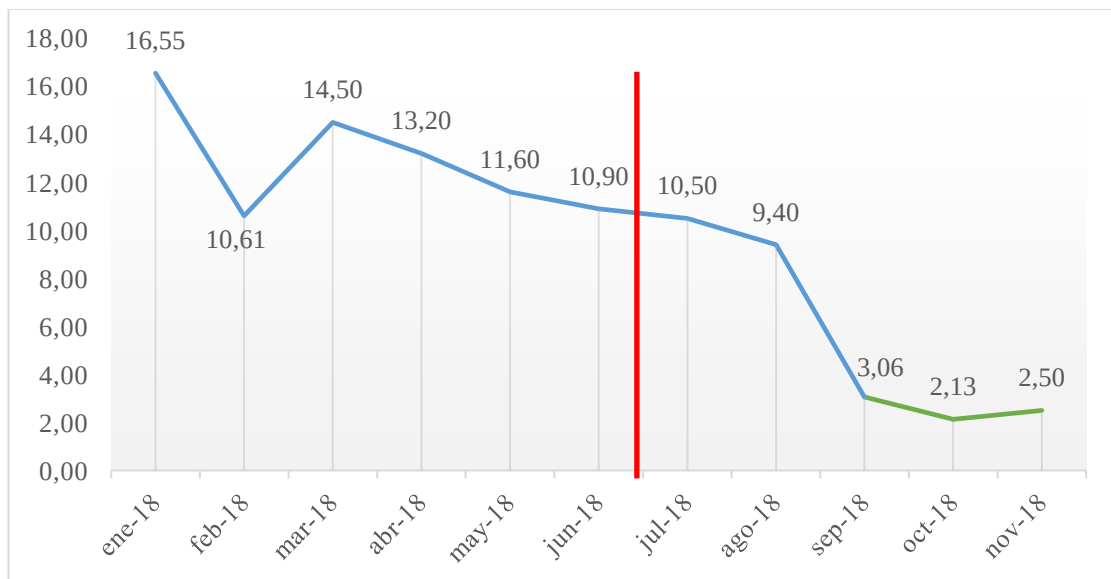


Figura 40. Indisponibilidad por mantenimiento 2018.
Fuente: Los Autores.

En la figura 41, se observa la cantidad de mantenimientos correctivos y preventivos en el año 2018. A partir del mes septiembre se disminuye la cantidad de mantenimientos correctivos, lo que significa menos paradas de línea no programadas y disminuye el costo de mantenimiento y mejora la productividad de la planta.

El tener un mantenimiento basado en condición, genera beneficios en un 100% reduciendo los costos de producción, estando así obligado el personal de mantenimiento a realizar sus procedimientos con normatividad vigente.

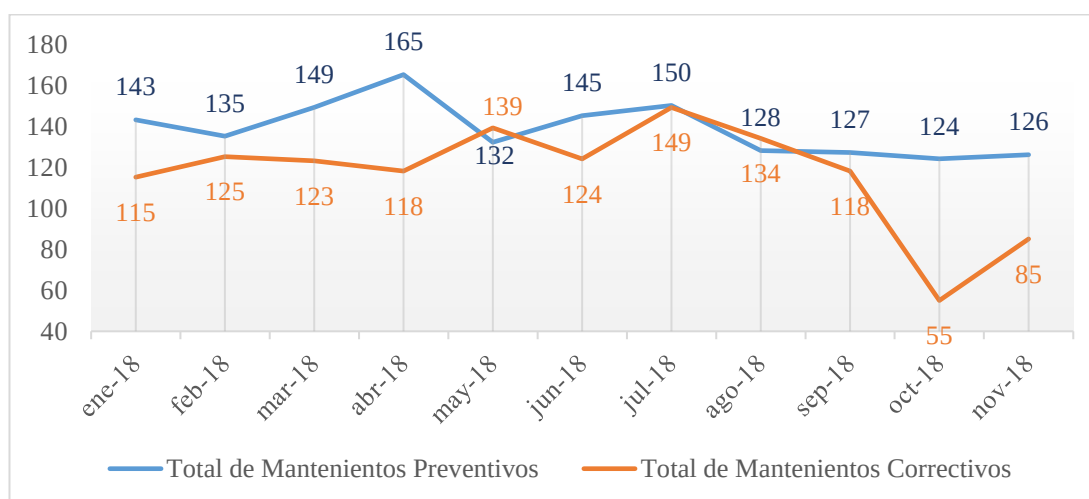


Figura 41. Total de mantenimientos preventivos vs correctivos 2018.
Fuente: Los Autores.

4.1. Análisis Costo-Beneficio

El aumento del 21% de la producción en los meses de septiembre a noviembre representan 9414 toneladas de balanceado adicional. La ganancia de la fábrica por tonelada es de \$ 773,00, lo que representa una ganancia adicional de \$ 7.277.022,00.

La evolución del costo de mantenimiento se puede observar en la figura 42, y luego de la implementación del plan de mantenimiento predictivo, tiene tendencia a la baja, aunque aún no se puede ver una reducción significativa. Esto se debe en parte a los mantenimientos correctivos iniciales que se desarrollaron para lograr que los equipos críticos se encuentren en estado funcional total. Para esto se tuvo que adquirir nuevos equipos por un costo de \$60.000.

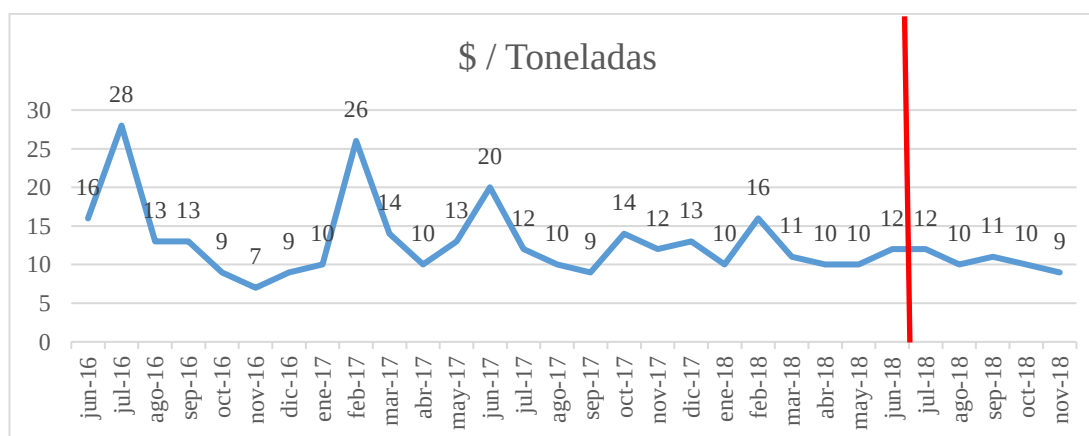


Figura 42. Evolución de los costos de mantenimiento.
Fuente: Los Autores.

CONCLUSIONES

El proyecto de tesis realizado en la planta productora de balanceado de camarón resolvió problemas de carácter general del control de la planeación de mantenimiento basado en confiabilidad y disponibilidad de las máquinas que había impedido o retardado los procesos en el sector productivo.

Se incrementó la producción en un 22% (9414 toneladas), lo que provocó un incremento en las ganancias de la empresa de aproximadamente 7.3 millones USD. Adicionalmente, se redujo la indisponibilidad de mantenimiento en casi un 70% y por último se ve una tendencia a la baja en los costos de mantenimiento por tonelada producida de producto.

Para esto la información de la planeación de rutas predictivas fue cargada en la base de datos y controlada por el software de mantenimiento de la empresa, según el procedimiento basado en la normatividad interna. Sabiendo que para realizar el levantamiento oficial de datos para las fichas técnicas de las máquinas en general, se tuvieron que analizar las fallas y causas específicas de las máquinas para dar confiabilidad y disponibilidad en el proceso mediante las técnicas de aplicación del mantenimiento basado en condición.

Los conceptos e información de los datos técnicos plasmados en este proyecto surgen de la experiencia y trabajo en la planta por parte de los empleados y encargados del área de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

Como recomendación general, se debe proceder al análisis de criticidad del resto de áreas de producción, y se debe refinar las frecuencias de las revisiones predictivas de las tres áreas trabajadas durante este proyecto de graduación, dependiendo de la evolución del desempeño de los equipos y máquinas.

Dado que el mantenimiento es un campo de investigación aplicada y la gestión del mantenimiento tiene una importancia estratégica para casi todas las organizaciones competitivas, los autores e investigadores deben hacer un esfuerzo mucho mayor para producir resultados de investigación vinculados a la solución de problemas del "mundo real". Se espera que, al proporcionar evidencia de la brecha entre la investigación y la práctica, se obtenga la conciencia necesaria para mejorar la situación actual.

Por lo tanto, en nombre de la "relevancia" es importante que la academia y los académicos de investigación permanezcan atentos y enfocados en las necesidades de los profesionales, y aseguren que el financiamiento de los contribuyentes se maximice al ayudar a resolver una lista interminable de problemas del "mundo real".

BIBLIOGRAFÍA

- Aldana, D. (2017). *Aplicación de la termografía infrarroja como método de inspección no destructivo para el mantenimiento predictivo del proceso de extrusión de tubería en PVC*. Universidad Nacional de Colombia.
- ALIREZA AHMADI, S. G. (2010). SELECTION OF MAINTENANCE STRATEGY FOR AIRCRAFT SYSTEMS USING MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODOLOGIES. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering* Vol. 17, No. 3, 223-243.
- Baladhandayutham, S. M. (2000). Benchmarking for strategic maintenance quality improvement. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 7 Iss 4, 292-303.
- Bortone, E. (2002). Interacción de Ingredientes y Procesos en la Producción de Alimentos Hidroestables para Camarones. *Balanceados Lamar, C.A., Venezuela & Omega Protein, Inc. USA*.
- Bortone, E. (2007). *Diseño de plantas de alimentos balanceados especializadas para peces y crustáceos*. Retrieved from <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/disenio-plantas-alimentos-balanceados-t27297.htm>.
- Bortone, E. (2009, 9 5). *Interacción de Ingredientes y Procesos en la Producción de Alimentos Hidroestables para Camarones*. Retrieved from <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/interaccion-ingredientes-procesos-produccion-t27301.htm>
- C.A, K. E. (n.d.). <https://www.kayelectric.com.ve/8-servicios>.
- Chachapoya, D. (2014). *PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS EN UNA PLANTA PROCESADORA EN EL CANTÓN CEVALLOS*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- Choque, H. (n.d.). <https://es.scribd.com/document/331829093/Transportador-de-Rastra>. Retrieved from Transportador de Rastra.
- Conveyor, S. (n.d.). <http://www.transportadoreshelicoidales.com.mx/>. Retrieved from Transportadores Helicoidales.
- Cruz, A. (2011). *IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LA EMPRESA AGR-RACKEND*.
- Dekker, R. (1996). Applications of maintenance optimization models: a review and analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 51 No. 3,, 229-240.
- Elizabet Cruz, D. R. (1996). *Utilización de la lecitina de soya: Crustáceos*.
- Exair. (n.d.). <http://www.directindustry.es/prod/exair-corporation/product-17836-681159.html>.
- GONZÁLEZ, G. C. (n.d.). *REALIZAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MAQUINARIA DEL DEPARTAMENTO DE MARCOS Y MOLDURAS EN LA EMPRESA ANTIGUO ARTE EUROPEO S. A. DE C. V.* UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA TULA-TEPEJI.
- González, R. (2009). *IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN EL ANÁLISIS DE VIBRACIÓN EN LOS COMPRESORES DE*

TORNILLO DE UNA EMPRESA PROCESADORA Y ENLATADORA DE PRODUCTOS DE MAR.

<https://conceptodefinicion.de/molino/>. (n.d.).

James T. Luxhøj, J. O. (1997). Trends and perspectives in industrial maintenance management. *Journal of Manufacturing Systems*, Volumen 16, 437-453.

Jiménez, Á. (2003). *DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA PARA LA PLANTA DE PVC DE TUVINIL DE COLOMBIA S.A.* CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR.

Juan Gonzalo Ardila Marín, M. I. (2016). LA GERENCIA DEL MANTENIMIENTO: UNA REVISIÓN. *Dimensión Empresarial*, 14 (2), 127-142.

La mecánica. (n.d.). <https://www.lameccanica.it/es/alimentos-balanceados/prensas-pelletizadoras>.

Löfsten, H. (1999). Management of industrial maintenance – economic evaluation of maintenance policies. *International Journal of Operations & Production Management Vol. 19 Iss 7*, 716-737.

López, A. (2009). *IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS ROTATIVOS BASADO EN EL ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN UNA PLANTA EMBOTELLADORA.*

Mark C. Eti, S. O. (2006). Strategic maintenance-management in Nigerian Industries. *Applied Energy* 83, 211-227.

Mudavanhu, S. F. (2011). Application of RCM for a chipping and sawing mill. *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol 9, 204-226.

Ochoa, J. (2008). *PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN SUBESTACIONES DE 115 / 34,5 / 13,8 kV, UTILIZANDO TÉCNICAS DE TERMOGRAFÍA Y ULTRASONIDO. CASO DE ESTUDIO. EMPRESA ELECTRICIDAD DE VALENCIA.*

OLARTE C., W., BOTERO A., M., & CAÑÓN A., B. (2010). IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE. *Scientia Et Technica*, 354 - 356.

Pesántez, Á. (2007). *Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón.*

Prillwitz. (n.d.). <https://www.prillwitz.com.ar/esclusa-de-extraccion-hsd/>.

Sánchez, A. (2017). *TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO. METODOLOGIA DE APLICACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES.*

Schrage Conveying Systems. (n.d.). <https://www.schrage.de/es/schrage-informa/diccionario-tecnico/elevador-de-cangilones.html?mobile=1>.

UNET. (n.d.). <http://www.unet.edu.ve/~maqflu/doc/LAB-1-128.htm>.

VERONICA BOSSIO, A. R. (2008). *TERMOGRAFÍA EN EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INSTALADOS EN SUBESTACIONES DE POTENCIA CONVENCIONALES.* UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR.

ANEXOS

ANEXO A. PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE DATOS TERMOGRÁFICOS



Contenido

SEGURIDAD.....	57
IDENTIFICACIÓN CAMARA FLIR T-540.....	58
ELEMENTOS DE PANTALLA	61
MENU DE SISTEMA	61
BOTONES BLANDOS	62
ÍCONOS E INDICADORES DE ESTADO	62
MOVIMIENTOS CON LA CAMARA.....	63
MENU DESLIZABLE HACIA ABAJO:	63
ELEMENTOS DE PANTALLA	64
NAVEGANDO POR EL SISTEMA DE MENU.	64
NAVEGACIÓN USANDO EL PAD DE NAVEGACIÓN.	65
MANEJANDO LA CAMARA.....	65
INDICADOR LED DE CARGADOR DE BATERIA INDEPENDIENTE.	65
PASOS PARA CARGAR LAS BATERIAS:.....	65
INSTALACION Y EXTRACCIÓN DE LA BATERIA.	66
ENCENDER Y APAGAR LA CAMARA:	66
AJUSTES DEL ANGULO DE LA LENTE.....	67
AJUSTE DEL ENFOQUE DE LA CAMARA INFRARROJA MANUALMENTE.	67
AUTOENFOQUE DE LA CAMARA T-540.....	68
AREAS DE MEDICIÓN.	68
CONEXIÓN DE DISPOSITIVOS EXTERNOS Y MEDIOS DE ALMACENAMIENTO.	69
ASIGNACIÓN DE FUNCIONES A LOS BOTONES PROGRAMABLES....	69
GUARDANDO Y TRABAJANDO CON IMÁGENES.	71
Convención de nomenclatura de archivos.....	72
Capacidad de almacenamiento.....	72
Sobre UltraMax.....	72
GUARDAR UNA IMAGEN.	73
VISTA PREVIA DE UNA IMAGEN.....	73
ABRIENDO UNA IMAGEN GUARDADA.	73
PROCEDIMIENTO:	73
COMO EDITAR UNA IMAGEN GUARDADA. GENERAL.....	74
PROCEDIMIENTO.	74
COMO REALIZAR ZOOM A UNA IMAGEN.....	75
Procedimiento:	75
TRABAJANDO CON LOS ARCHIVOS DE IMAGEN.	75
TOMAS DE IMÁGENES TERMOGRAFICAS.	76
AJUSTE DEL ENFOQUE DE LA CAMARA.....	76
AJUSTE MANUAL DE LA CAMARA.....	77
AJUSTE AUTOMATICO DE LA IMAGEN EN MODO MANUAL.....	78
CAMBIAR EL RANGO DE TEMPERATURA DE LA CAMARA.....	78
COMO CAMBIAR LA PALETA DE COLORES DE LA CAMARA.....	79
COMO CAMBIAR LOS PARAMETROS DE MEDICION DE LA CAMARA.	79
COMO OCULTAR LA SUPERPOSICIÓN.....	80
DIFERENCIACION DE IMÁGENES TERMOGRAFICAS.	80
HERRAMIENTAS DE MEDICION DE LA CAMARA.....	83

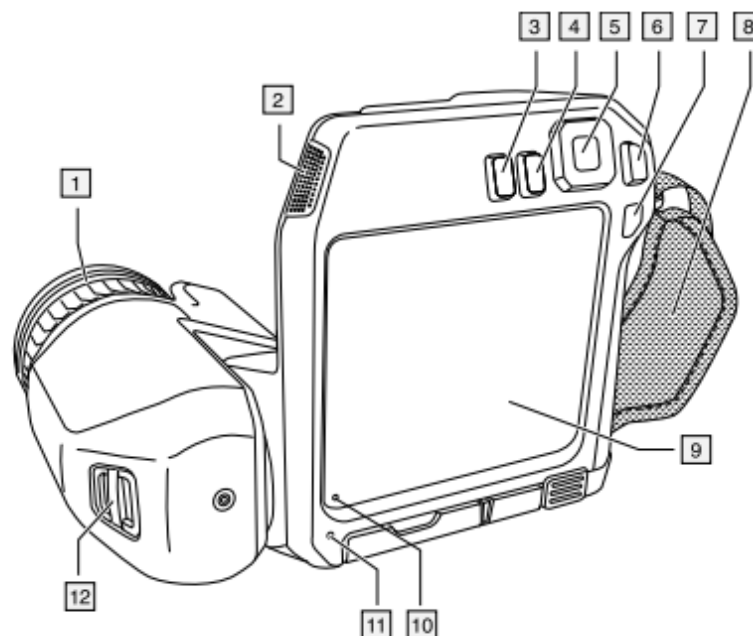
AGREGAR/ELIMINAR HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN.....	83
VALORES RECOMENDADOS.....	83
Configuración de parámetros globales.....	84
TECNICA DE TERMOGRAFIA.....	84
Método 1:	85
FUENTE DE REFLEXIÓN.....	87
Método 2:	87
TEMPERATURA REFLEJADA.....	87
DISTANCIA.....	87
HUMEDAD RELATIVA.....	87
OTROS PARAMETROS.....	88

SEGURIDAD

- Antes de utilizar la cámara, lea y comprenda este manual y siga las normas de seguridad y las recomendaciones del fabricante.
- El uso de cámaras distintas de las especificadas en este manual, puede causar daño y ser una fuente de grave peligro para el usuario.
- Las cámaras no debe utilizarse en zonas con condiciones especiales, tales como atmósferas con peligro de incendio y/o explosión.
- No utilizar cámaras dañadas.
- En caso de no utilizar la unidad durante un largo tiempo quitar la batería. Si deja la batería en la cámara esta puede sufrir daños.
- No utilice la cámara con cierre o abra la tapa de la batería (batería) o use un adaptador distinto del suministrado con la cámara.
- Las reparaciones sólo pueden ser realizados por personal cualificado.
- La cámara FLIR T540 está diseñada para medir y registrar las imágenes en el infrarrojo.
- La cámara se construyó de manera que da el máximo rendimiento y seguridad en el trabajo, pero es necesario que se cumplan las siguientes condiciones y recomendaciones (además de las medidas cautelares aplicables en el área de trabajo): Por favor, guarde la cámara en una posición estable durante el manejo.
- No utilice la cámara a temperaturas superiores de los límites establecidos de funcionamiento y almacenamiento.
- No apunte la cámara hacia las fuentes de radiación infrarroja de calor con una intensidad muy alta, como el sol, el láser, la soldadura de arco, etc.
- Cuando la cámara de infrarrojos no se utiliza o se está preparando para el transporte, asegúrese de que el dispositivo y sus accesorios se guardan en un estuche protector.
- No bloquee las aberturas en el cuerpo ni el altavoz de la cámara.
- Espere un mínimo de 15 segundos antes de apagar o encender la cámara después del último encendido o apagado.
- No tire, golpee ni sacuda fuertemente la cámara.
- No intente abrir la cámara; esto implicaría la pérdida de garantía.
- Utilice una tarjeta de memoria tipo SD exclusivamente.
- Durante la operación de la cámara si es necesario pasar de lugares con mucha diferencia de temperatura ambiente, por ejemplo desde el interior al exterior o viceversa, apague la cámara y déjela en el nuevo lugar de trabajo durante 10 minutos, vuelva a encenderla y comience el funcionamiento normal con una medición precisa de la temperatura. Cambios repentinos y rápidos en la temperatura ambiente puede causar un error de medición de temperatura, e incluso dañar el sensor.

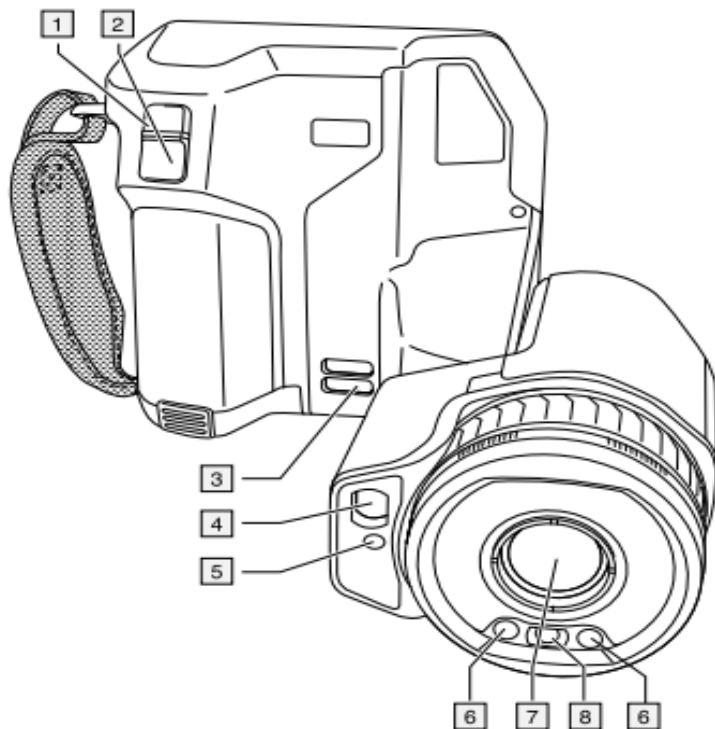
IDENTIFICACIÓN CAMARA FLIR T-540

VISTA PARTE TRASERA



1. Anillo de enfoque.
2. Ponente.
3. Botón programable.
4. Botón de archivo de imagen.
5. Teclado de navegación con pulsador central.
6. Botón de retroceso.
7. Botón de encendido / apagado.
8. Correa de mano.
9. Pantalla LCD multitáctil.
10. Sensor de luz.
11. Micrófono.
12. Punto de sujeción para la correa del cuello.

VISTA PARTE FRONTAL



1. Botón láser.
2. Botón programable.
3. Montaje en trípode.
4. Tapa para el compartimento conector.
5. Batería.

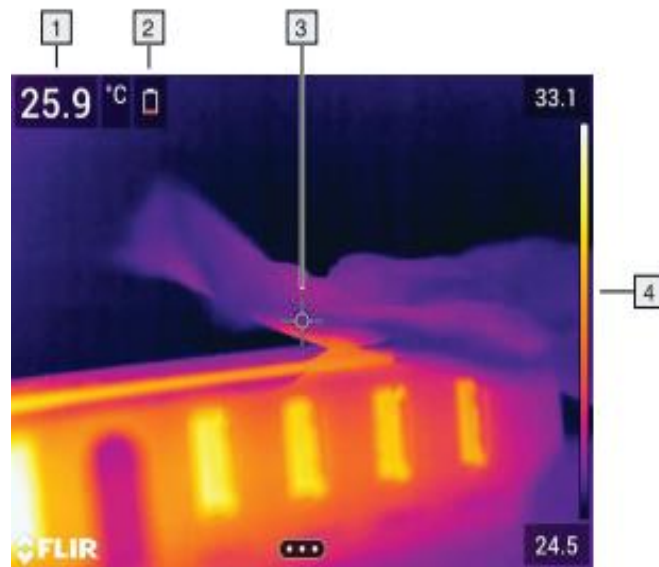
Nota:

- El medidor de distancia láser consiste en un transmisor láser y un receptor láser. La distancia laser
- El medidor determina la distancia a un objetivo midiendo el tiempo que tarda un láser.
- Pulsar para alcanzar el objetivo y volver al receptor láser. Este tiempo se convierte a una distancia, que se muestra en la pantalla. El receptor láser también funciona como un puntero láser.
- El láser está habilitado por un ajuste. Seleccione (Configuración)> Configuración del dispositivo> Lámpara y láser > Habilitar lámpara y láser.
- El símbolo se muestra en la pantalla cuando el láser está encendido.
- La cámara se puede configurar para medir automáticamente la distancia cuando una imagen se guarda Seleccione (Configuración)> Guardar opciones y almacenamiento> Medir distancia. Con este ajuste, el parámetro Distancia del objeto en los datos de la imagen se actualiza automáticamente con el medido Distancia cuando se guarda una imagen. (No hay efecto en la configuración de la distancia del objeto en modo en vivo.)

- Si la reflexión del objetivo es baja o si el objetivo está en ángulo con respecto al rayo láser, puede haber no hay señal de retorno, y la distancia no se puede medir.
- El medidor de distancia láser puede no estar habilitado en todos los mercados.

Peligro: No mire directamente al rayo láser. El rayo láser puede causar irritación en los ojos.

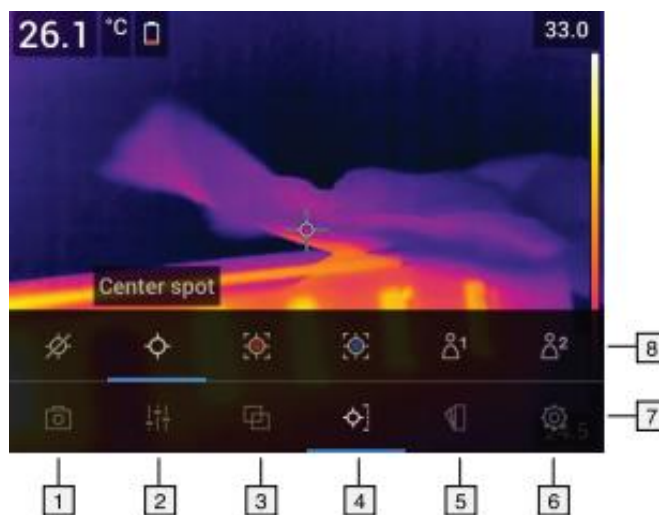
ELEMENTOS DE PANTALLA



1. Tabla de resultados.
2. Estado de Batería.
3. Herramienta de medición (por ejemplo, medidor de punto).
4. Escala de temperatura. (Campo, rango y nivel).
5. Botón del sistema de menú.

MENU DE SISTEMA

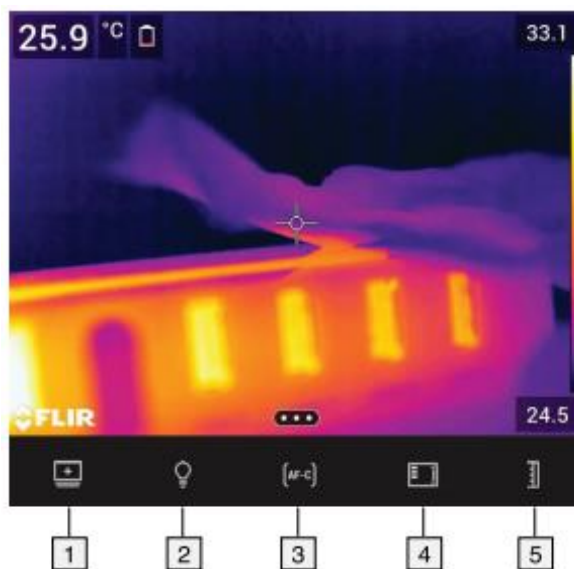
Para mostrar el sistema de menús, presione la tecla de navegación o toque el botón del sistema de menú.



1. Botón de modo de grabación.
2. Botón de parámetros de medición.
3. Botón de modo de imagen.
4. Botón de medición.
5. Botón de color.

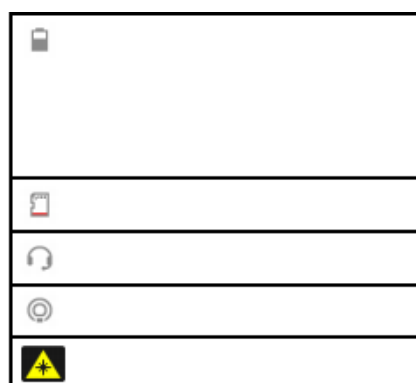
6. Botón de configuración.
7. Menú principal.
8. Submenú.

BOTONES BLANDOS



1. Botón de carpeta de trabajo: toque para abrir un menú donde puede crear nuevas carpetas y cambiar la carpeta activa.
2. Botón de lámpara: toque para encender / apagar la lámpara de la cámara.
3. Botón de enfoque automático continuo: toque para habilitar / deshabilitar el enfoque automático continuo.
4. Botón de superposición: toque para mostrar / ocultar todos los gráficos de superposición y la información de superposición de imágenes.
5. Botón de escala de temperatura: toque para cambiar entre la imagen automática y manual modos de ajuste.

ÍCONOS E INDICADORES DE ESTADO



1. Indicador de estado de la batería. Cuando el estado de la batería es 20–100%, el indicador es blanco. Cuando la batería se está cargando, el indicador está verde. Cuando el estado de la batería es inferior al 20%, el indicador es rojo.
2. La capacidad de almacenamiento restante es inferior a 100 MB.

3. Un auricular Bluetooth está conectado.
4. La compensación de la ventana infrarroja externa está habilitada.
5. El láser está encendido.

MOVIMIENTOS CON LA CAMARA.

POSICIONES ERGONOMICAS CON LA CAMARA:

- Para evitar lesiones relacionadas con la tensión, es importante que sostenga la cámara de manera correcta para poder tener una buena ergonomía.
- Siempre incline la pantalla LCD para adaptarse a su posición de trabajo.
- Cuando sostenga la cámara, asegúrese de apoyar la carcasa de la óptica con su mano izquierda también esto disminuye la tensión en su mano derecha.
- A continuación se detalla de manera gráfica lo antes mencionado.



MENU DESLIZABLE HACIA ABAJO:

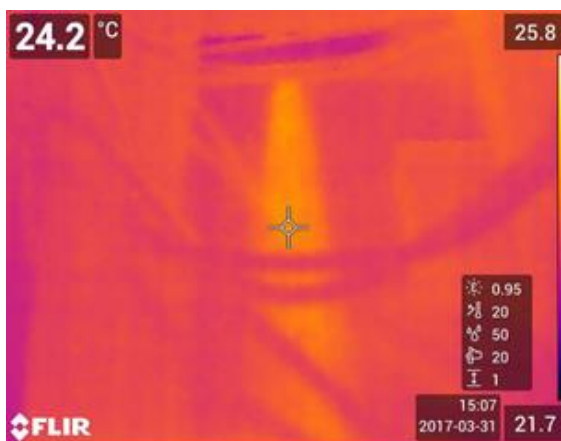
Para abrir el menú deslizable hacia abajo, coloque el dedo en la parte superior de la pantalla y deslice el dedo hacia abajo.

1. Indicador de estado de la batería.
2. Indicador de estado de almacenamiento de la tarjeta de memoria.
3. Botón de Wi-Fi: toque para activar / desactivar Wi-Fi.
Botón Bluetooth: toque para activar / desactivar Bluetooth.
Botón de rotación de pantalla: toque para habilitar / deshabilitar la rotación de pantalla.
4. Brillo y contraste de la pantalla



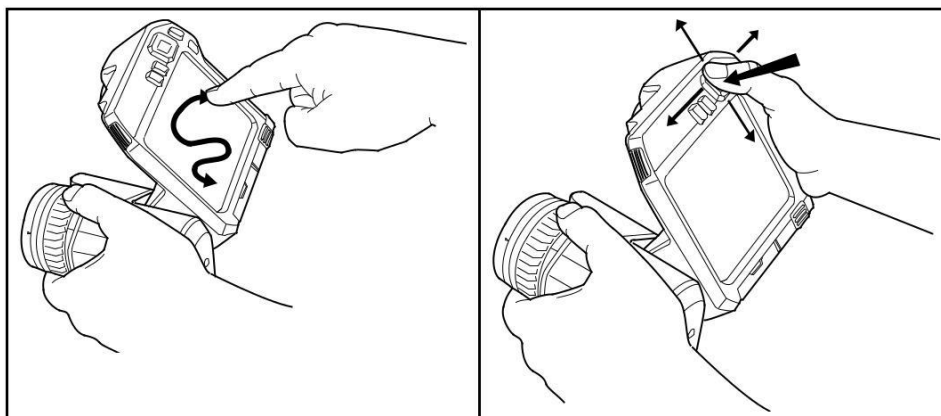
ELEMENTOS DE PANTALLA

Toda la información de las imágenes que se muestra en la imagen en vivo también se mostrará en las imágenes guardadas.



NAVEGANDO POR EL SISTEMA DE MENU.

GENERAL



La figura de arriba muestra las dos formas de navegar por el sistema de menús de la cámara: Con el dedo o un lápiz óptico especialmente diseñado para uso táctil

capacitivo para navegar por el sistema de menús (izquierda). Uso del teclado de navegación para navegar por el sistema de menú (derecha) y el botón Atrás. También puede utilizar una combinación de los dos. En este procedimiento, se supone que se utiliza el teclado de navegación, pero la mayoría de las tareas también se pueden llevar a cabo con el dedo o un lápiz óptico.

NAVEGACIÓN USANDO EL PAD DE NAVEGACIÓN.

- Navegas por el sistema de menús utilizando el teclado de navegación y el botón Atrás:
- Para mostrar el sistema de menús, presione el centro del teclado de navegación.
- Para navegar en los menús, submenús y cuadros de diálogo, y para cambiar los valores en los cuadros de diálogo, presione el control de navegación hacia arriba / abajo o hacia la izquierda / derecha.
- Para confirmar los cambios y la configuración en los menús y cuadros de diálogo, presione el centro del panel de navegación.
- Para salir de los cuadros de diálogo y volver al sistema de menús, presione el botón Atrás.

MANEJANDO LA CAMARA.

CARGANDO LA BATERIA

Antes de encender la cámara por primera vez, cargue la batería durante 3 horas con el cargador de batería independiente. Seleccione una toma de corriente que esté cerca del equipo y que sea fácilmente accesible.

INDICADOR LED DE CARGADOR DE BATERIA INDEPENDIENTE.

TIPO DE SEÑAL	EXPLICACIÓN
El led blanco parpadea.	La batería se está cargando.
El led blanco brilla continuamente.	La batería está completamente cargada.

PASOS PARA CARGAR LAS BATERIAS:

- Coloque una o dos baterías en el cargador de baterías.
- Conecte el enchufe del cable de alimentación al conector del cargador de batería.
- Conecte la fuente de alimentación a la toma de corriente eléctrica.
- Cuando el LED blanco en el cargador de baterías se ilumina continuamente, las baterías están completamente cargadas.
- Es una buena práctica desconectar el cargador de batería independiente de la toma de corriente cuando las baterías están completamente cargadas.

INSTALACION Y EXTRACCIÓN DE LA BATERIA.

INSTALACIÓN DE LA BATERÍA:

Use un paño limpio y seco para eliminar el agua o la humedad de la batería antes de instalarla.

Procedimiento:

Empuje la batería en el compartimiento de la batería. La batería hace un clic cuando se bloquea en su lugar.

REMOVER LA BATERÍA:

Use un paño limpio y seco para eliminar el agua o humedad de la batería antes de removerla.

Procedimiento:

Apagar la cámara. Luego presione los dos botones de liberación y retire la batería de la cámara.



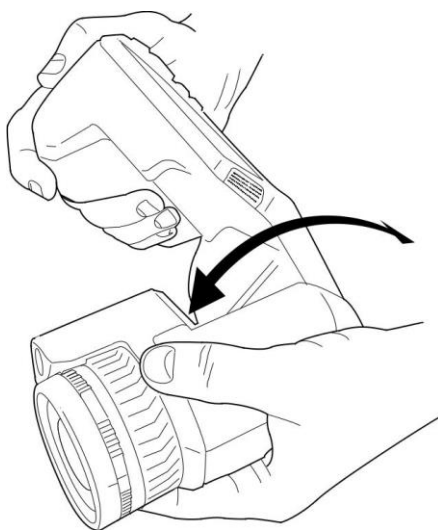
ENCENDER Y APAGAR LA CAMARA:

Para encender la cámara, presione el botón de encendido / apagado. ①

Para apagar la cámara, mantenga presionado el botón de encendido / apagado ① durante más de 0,5 segundos.

Nota: No retire la batería para apagar la cámara.

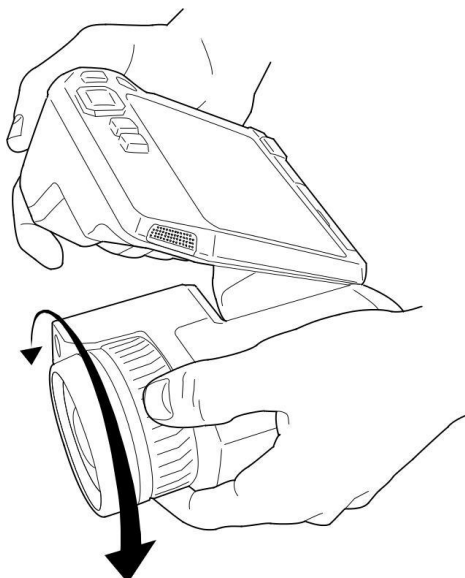
AJUSTES DEL ANGULO DE LA LENTE.



PROCEDIMIENTO:

Para ajustar el ángulo, incline la lente hacia arriba o hacia abajo.

AJUSTE DEL ENFOQUE DE LA CAMARA INFRARROJA MANUALMENTE.



PROCEDIMIENTO:

Para un enfoque lejano, gire el anillo de enfoque hacia la derecha (con la pantalla LCD orientada hacia usted).

Para enfocar de cerca, gire el anillo de enfoque hacia la izquierda (con la pantalla LCD orientada hacia usted).

Nota: No toque la superficie de la lente cuando ajuste el enfoque de la cámara infrarroja manualmente.

Si esto sucede, limpie la lente. Es muy importante ajustar el enfoque correctamente. El ajuste incorrecto del enfoque afecta a cómo funcionan los modos de imagen Thermal MSX, Thermal y Picture-in-picture. También afecta a la medición de la temperatura.

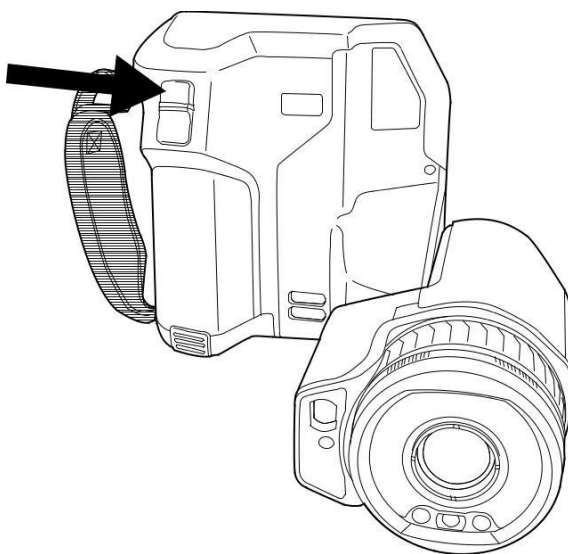
AUTOENFOQUE DE LA CAMARA T-540

GENERAL:

Cuando se enfoca automáticamente, la cámara de infrarrojos puede usar uno de los siguientes métodos de enfoque.

- **Contraste:** el enfoque se basa en maximizar el contraste de la imagen.
- **Láser:** El enfoque se basa en una medición de distancia láser. El láser se utiliza cuando la cámara está enfocando automáticamente.

El método de enfoque se configura por una configuración. Seleccione  (Configuración) > Configuración del dispositivo. Seleccione > Enfoque automático y luego seleccione Contraste o Láser.



AREAS DE MEDICIÓN.

GENERAL:

La distancia medida por el medidor de distancia láser puede usarse como base para los cálculos de área. Una aplicación típica es estimar el tamaño de una mancha húmeda en una pared.

Para medir el área de una superficie, debe disponer una herramienta de medición de caja o círculo en la pantalla. La cámara calcula el área de la superficie encerrada por

la herramienta de cuadro o círculo. El cálculo es una estimación del área de superficie, basada en la distancia medida al objetivo.

Cuando el medidor de distancia láser esté encendido, verá un punto láser aproximadamente en el objetivo. El medidor de distancia láser mide la distancia a ese objetivo. La cámara asume que esta distancia es válida para toda la herramienta de cuadro o círculo.

Para mediciones de área exitosas, tenga en cuenta lo siguiente:

Asegúrese de que la herramienta de cuadro o círculo esté en el centro de la imagen.

Ajuste el tamaño de la herramienta de cuadro o círculo al tamaño del objetivo.

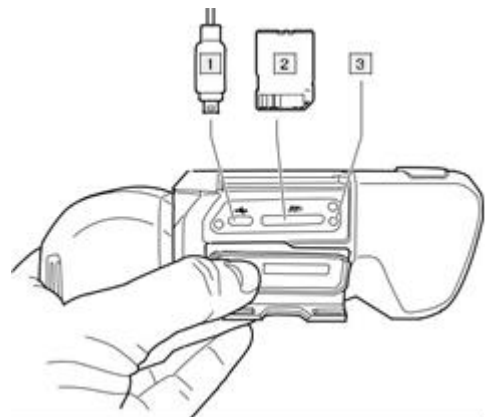
Sostenga la cámara perpendicular al objetivo.

Evita objetivos con muchos detalles a diferentes distancias de la cámara.

CONEXIÓN DE DISPOSITIVOS EXTERNOS Y MEDIOS DE ALMACENAMIENTO.

Puede conectar los siguientes dispositivos externos y medios a la cámara:

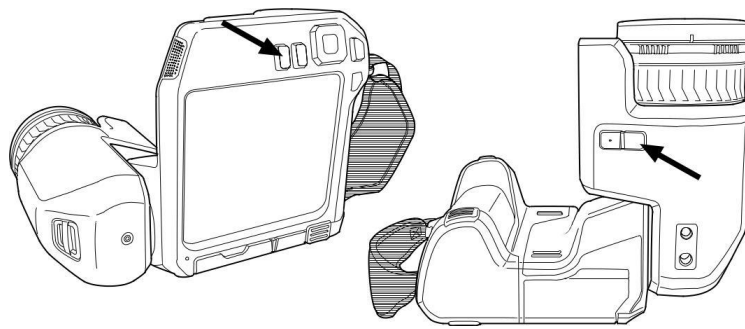
- Una tarjeta de memoria SD.
- Una computadora para mover archivos de imagen y video hacia y desde la cámara, usando un cable USB-C a USB-A o un cable USB-C a USB-C.
- Un monitor de video o proyector, usando un adaptador USB-C a HDMI.
- Un cargador de batería USB.



Nota: Vacíe o utilice una tarjeta de memoria que no haya sido utilizada anteriormente en otro tipo de cámara. Las cámaras pueden organizar los archivos de forma diferente en la tarjeta de memoria. Por lo tanto, existe el riesgo de perder datos si se utiliza la misma tarjeta de memoria en diferentes tipos de cámaras.

ASIGNACIÓN DE FUNCIONES A LOS BOTONES PROGRAMABLES.

Hay dos botones programables individualmente: uno encima de la pantalla y otro en la parte inferior de la carcasa de la óptica.



Puede asignar diferentes funciones a los botones programables. Por ejemplo, puede usar un botón programable para cambiar fácilmente entre dos configuraciones que usa a menudo. También puede elegir definir dos configuraciones diferentes para guardar y obtener una vista previa: la configuración habitual del botón Guardar (que se define mediante las opciones de Guardar y las configuraciones de almacenamiento).

Opciones disponibles para los botones programables:

Ninguna acción: esta es la configuración predeterminada. Nada pasará cuando pulses el botón.

Cambio automático <> Escala de temperatura manual: cambia entre el modo de ajuste de imagen automático o manual. Para obtener más información.

Enfoque automático: Enfoque automático de un disparo de la cámara de infrarrojos.

Enfoque automático continuo: cambia entre las funciones de enfoque automático continuo habilitadas / deshabilitadas.

Calibrar: Realizar un NUC manual.

Ajuste automático de la escala de temperatura manual: realice un ajuste automático de la imagen mientras permanece en el modo de ajuste manual de la imagen.

Switch Thermal <> Cámara digital: cambia entre los modos de imagen Thermal y Digi-tal.

Switch Thermal <> Thermal MSX: cambia entre los modos de imagen Thermal y Ther-mal MSX.

Cambiar zoom 1x <> Zoom máx.: Cambia entre el factor de zoom digital de 1 × y el zoom máximo.

Activar el flash de la cámara <> Desactivar: cambia entre las funciones de flash de la cámara activadas / desactivadas.

Nota: La función de flash no se activará si la configuración de Lámpara y láser está configurada en la opción Desactivar todo.

Switch single shot <> Video: cambia entre los modos de grabación Single shot y Video.

Cambie entre las dos paletas más recientes: cambie entre las dos paletas de colores utilizadas por última vez. Cambiar el rango de temperatura: recorra los rangos de temperatura de la cámara.

Activar rotación de pantalla Encendido <> Desactivado: cambia entre rotación de pantalla activada / desactivada.

Guardar: Guarda una imagen.

Guardar + Solicitar nota: guarde una imagen y muestre la herramienta de anotación de notas.

Guardar + Solicitar tabla: guarde una imagen y muestre la herramienta de anotación de tabla.

Guardar + Solicitud de anotación de voz: guarde una imagen y muestre la herramienta de anotación de voz.

Guardar + Preguntar por boceto: guarda una imagen y muestra la herramienta de anotación de boceto.

Guardar + Seleccionar anotación del menú: guardar una imagen y mostrar el menú de la herramienta de anotación.

Vista previa: muestra una imagen de vista previa.

Vista previa + Pedir nota: muestra una imagen de vista previa y la herramienta de anotación de notas.

Vista previa + Pedir tabla: muestra una imagen de vista previa y la herramienta de anotación de tabla.

Vista previa + Solicitud de anotación de voz: muestra una imagen de vista previa y la herramienta de anotación de voz.

Vista previa + Solicitud de boceto: muestra una imagen de vista previa y la herramienta de anotación de boceto.

Vista previa + Seleccionar anotación del menú: muestra una imagen de vista previa y el menú de la herramienta de anotación.

GUARDANDO Y TRABAJANDO CON IMÁGENES.

GENERAL

Cuando guarda una imagen, la cámara guarda un archivo de imagen que incluye toda la información térmica y visual. Esto significa que puede abrir un archivo de imagen más tarde y, por ejemplo, seleccionar otro modo de imagen, aplicar alarmas de color y agregar herramientas de medición.

El archivo image * .jpg es totalmente radiométrico y se guarda sin pérdida, lo que permite un procesamiento posterior completo en el análisis de imágenes y el software de informes de FLIR Systems. También hay un componente regular * .jpg (con pérdida) para una visualización conveniente en el software que no es FLIR Systems (por ejemplo, Microsoft Explorer).

Nota: La cámara también se puede configurar para guardar una imagen visual extra de baja resolución como un archivo separado. Esto puede ser conveniente si no está utilizando un software de post-procesamiento.

Seleccione (Configuración)> Guardar opciones y almacenamiento> Foto como JPEG separado = Activado.

Cuando se selecciona el modo de imagen de la cámara digital, una imagen digital de alta resolución se almacena cuando se guarda una imagen. Sin embargo, no se almacena información térmica.

Convención de nomenclatura de archivos

La convención de nomenclatura predeterminada para los archivos de imagen es FLIRxxxx.jpg, donde xxxx es un contador único.

También es posible guardar imágenes con un prefijo de fecha agregado al nombre de archivo. Sin embargo, estos archivos pueden no ser detectados automáticamente por aplicaciones de terceros.

Capacidad de almacenamiento

Cuando guarda una imagen, la cámara almacena el archivo de imagen en la tarjeta de memoria.

El tamaño de un archivo de imagen (sin anotaciones) suele ser inferior a 1000 kB. Por lo tanto, la capacidad de una tarjeta de memoria de 8 GB es de aproximadamente 8000 imágenes.

Nota: Vacíe o utilice una tarjeta de memoria que no haya sido utilizada anteriormente en otro tipo de cámara. Las cámaras pueden organizar los archivos de forma diferente en la tarjeta de memoria. Por lo tanto, existe el riesgo de perder datos si se utiliza la misma tarjeta de memoria en diferentes tipos de cámaras.

Sobre UltraMax

UltraMax es una función de mejora de imagen que aumenta la resolución de la imagen y reduce el ruido, haciendo que los objetos pequeños sean más fáciles de ver y medir. Una imagen UltraMax es dos veces más ancha y alta que una imagen normal.

Cuando la cámara captura una imagen UltraMax, varias imágenes normales se guardan en el mismo archivo. Capturar todas las imágenes puede tomar hasta 1 segundo. Para utilizar completamente Ultra-Max, las imágenes deben ser ligeramente diferentes, lo que se puede lograr con un movimiento de la cámara por un minuto.

Debe sostener la cámara firmemente en sus manos (no la coloque sobre un trípode), lo que hará que estas imágenes varíen un poco durante la captura. El efecto correcto, una escena de alto contraste y un objetivo sin movimiento son otras condiciones que ayudan a lograr una imagen UltraMax de buena calidad.

FLIR Tools / Tools + y FLIR ResearchIR Max tienen la capacidad de procesar imágenes UltraMax. Otro software FLIR tratará la imagen como una imagen normal.

GUARDAR UNA IMAGEN.

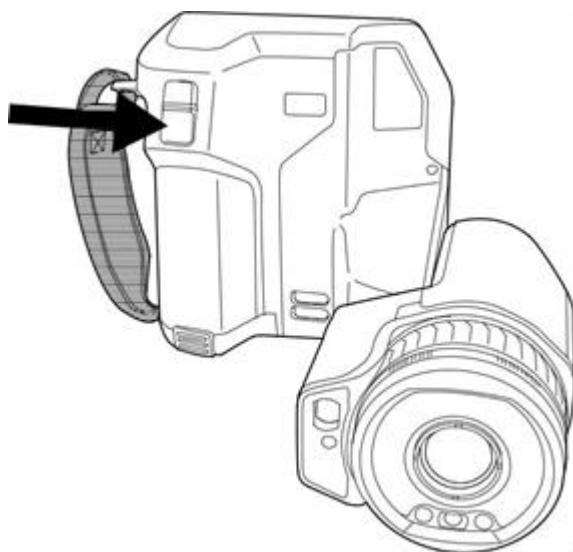
Puede guardar imágenes en la tarjeta de memoria:

1. Para guardar una imagen, presione el botón Guardar.

Nota: Dependiendo de la configuración en (Configuración)  > Guardar opciones y almacenamiento, puede suceder lo siguiente:

Se muestra una imagen de vista previa antes de guardar la imagen.

Cuando se guarda la imagen, se muestra una herramienta de anotación o el menú de anotación.



VISTA PREVIA DE UNA IMAGEN.

GENERAL.

Puedes pre visualizar una imagen antes de guardarla. Esto le permite ver si la imagen contiene la información que desea antes de guardarla. También puede ajustar y editar la imagen.

Nota: La cámara debe estar configurada para mostrar una imagen de vista previa antes de guardarla. Seleccione (Configuración) > Guardar opciones y almacenamiento > Vista previa de la imagen antes de guardar = Activado.

Para pre visualizar una imagen, presione el botón Guardar. Esto muestra la vista previa.

ABRIENDO UNA IMAGEN GUARDADA.

Cuando guarda una imagen, el archivo de imagen se almacena en la tarjeta de memoria. Para volver a mostrar la imagen, ábrala desde el archivo de imágenes (Galería).
Procedimiento

PROCEDIMIENTO:

1. Pulse el botón de archivo de imagen . Esto muestra la Galería con una o más carpetas.
2. Selecciona una carpeta y presiona la tecla de navegación.
3. Seleccione la imagen que desea ver y presione la tecla de navegación.
4. Realice una o más de las siguientes acciones:

5. Para ver la imagen anterior / siguiente, presione la tecla de navegación hacia la izquierda / derecha.
6. Para mostrar una barra de herramientas en la parte superior de la pantalla, presione la tecla de navegación. Realice una o más de las siguientes acciones:
7. Para cambiar entre una imagen infrarroja y una imagen visual, seleccione el  icono y presione el botón de navegación.
8. Para editar la imagen, elimine la imagen, visualice la información o agregue anotaciones.
9. Presione el ícono y presione la tecla de navegación. Esto muestra un menú a la derecha .
10. Para volver a la vista general de la carpeta, pulse el botón Atrás. 
11. Para volver a la imagen en vivo, presione el botón de archivo de imagen. 

COMO EDITAR UNA IMAGEN GUARDADA. GENERAL.

Puede editar una imagen guardada. También puede editar una imagen en modo de vista previa.

PROCEDIMIENTO.

1. Pulse el botón de archivo de imagen . Esto muestra la Galería.
2. Seleccione una carpeta y presione la tecla de navegación.
3. Seleccione la imagen que desea editar y presione la tecla de navegación.
4. Presione el teclado de navegación para mostrar la barra de herramientas superior.
5. En la barra de herramientas superior, seleccione el ícono y presione la tecla de navegación. En la barra de herramientas derecha, seleccione el ícono y presione la tecla de navegación. Esto abre la imagen en modo de edición. El modo de ajuste manual de la imagen ahora está activo.
6. Seleccione  (Cancelar) para salir del modo de edición.
7. Seleccione  (Parámetros de medición) para cambiar los parámetros globales.
8. Seleccione  (Modo de imagen) para cambiar el modo de imagen.
9. Seleccione  (Medición) para agregar una herramienta de medición.
10. Seleccione  (Color) para cambiar la paleta de colores o configurar una alarma de color.
11. Seleccione  (Guardar) para guardar y salir del modo de edición.

COMO REALIZAR ZOOM A UNA IMAGEN.

GENERAL

Puede ampliar una imagen utilizando la función de zoom digital de la cámara. Puede hacer esto en imágenes en vivo y en imágenes guardadas en el modo de edición. El factor de zoom digital se muestra en la parte superior de la pantalla.

Procedimiento:

Para ampliar digitalmente una imagen, haga lo siguiente:

Acercar: toque la pantalla con dos dedos y sepárelos.

Alejar: toque la pantalla con dos dedos y júntelos.

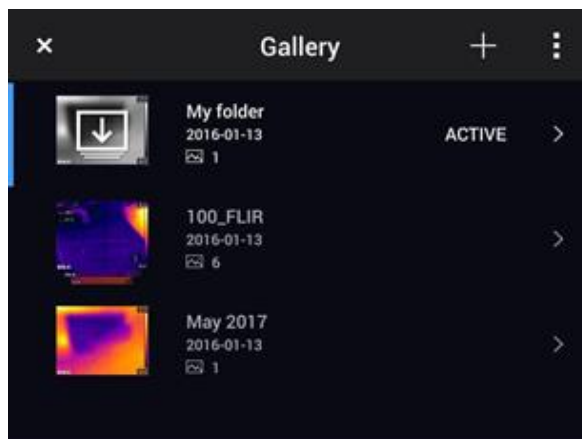


TRABAJANDO CON LOS ARCHIVOS DE IMAGEN.

GENERAL

Cuando guarda una imagen o videoclip, la cámara almacena el archivo de imagen / video en el archivo de imagen en la tarjeta de memoria. Puede abrir una imagen en el archivo de imágenes y, por ejemplo, seleccionar otro modo de imagen, aplicar alarmas de color y agregar herramientas de medición. También puede abrir y reproducir videoclips guardados.

En la cámara, el archivo de imágenes se llama Galería. La Galería puede incluir una o varias carpetas. Las nuevas imágenes y videoclips se guardarán en la carpeta activa, en la parte superior de la galería. Puede crear nuevas carpetas, cambiar el nombre de una carpeta, cambiar la carpeta activa, mover archivos entre las carpetas y eliminar carpetas.



TOMAS DE IMÁGENES TERMOGRÁFICAS.

GENERAL

Una buena imagen depende de varias funciones y configuraciones diferentes, aunque algunas funciones y configuraciones afectan a la imagen más que otras.

Estas son las funciones y configuraciones que necesitas para experimentar con:

- Ajuste del enfoque de la cámara infrarroja.
- Ajuste de la imagen infrarroja (automática o manualmente).
- Seleccionando un rango de temperatura adecuado.
- Seleccionando una paleta de colores adecuada.
- Cambiando los parámetros de medición.
- Realización de una corrección de no uniformidad (NUC).
- Las siguientes secciones explican cómo trabajar con estas funciones y configuraciones.
- En algunas situaciones, es posible que también desee ocultar los gráficos de superposición para una mejor vista.

AJUSTE DEL ENFOQUE DE LA CÁMARA.

GENERAL.

Una imagen infrarroja se puede ajustar de forma automática o manual.

En el modo automático, la cámara ajusta continuamente el nivel y el intervalo para la mejor presentación de imagen. Los colores se distribuyen en función del contenido térmico de la imagen (distribución del color del histograma). La escala de temperatura a la derecha de la pantalla muestra las temperaturas superior e inferior del intervalo actual.



Modo de ajuste manual activo.

En el modo manual, puede ajustar la escala de temperatura a valores cercanos a la temperatura de un objeto específico en la imagen. Esto permitirá detectar anomalías y diferencias de temperatura más pequeñas en la parte de la imagen de interés. En el modo manual, los colores se distribuyen uniformemente desde la temperatura más baja a la más alta (distribución de color lineal).

Cuando el modo de ajuste manual de la imagen está activo, se muestra una rueda de ajuste a la derecha de la escala de temperatura.

En el modo manual, puede ajustar la imagen tocando la pantalla o usando el teclado de navegación. En el modo en vivo, toque el botón suave para cambiar entre los modos de ajuste de imagen automático y manual.

En el modo de vista previa / edición, el modo de ajuste manual de la imagen está activo.

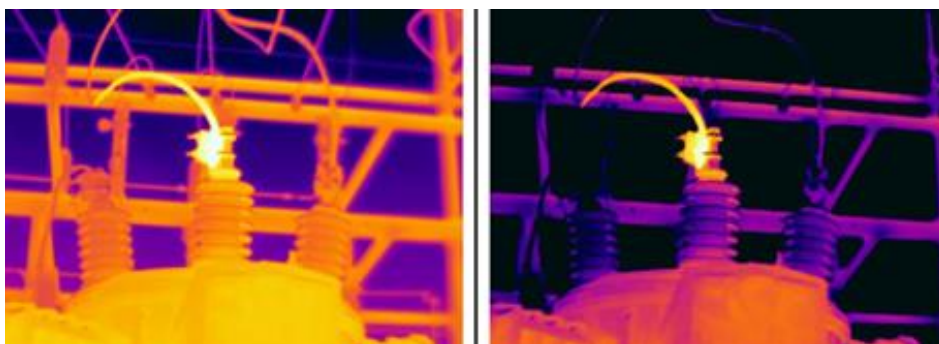
EJEMPLO 1:

Aquí hay dos imágenes infrarrojas de un edificio. En la imagen de la izquierda, que se ajusta automáticamente, el gran intervalo de temperatura entre el cielo despejado y el edificio con calefacción dificulta el análisis correcto. Puede analizar el edificio con más detalle si cambia la escala de temperatura a valores cercanos a la temperatura del edificio.



EJEMPLO 2:

Aquí hay dos imágenes infrarrojas de un aislador en una línea eléctrica. Para facilitar el análisis de las variaciones de temperatura en el aislador, la escala de temperatura en la imagen de la derecha se ha cambiado a valores cercanos a la temperatura del aislador.



AJUSTE MANUAL DE LA CAMARA

En el modo en vivo, toque el botón  suave para ingresar al modo de ajuste manual de la imagen.

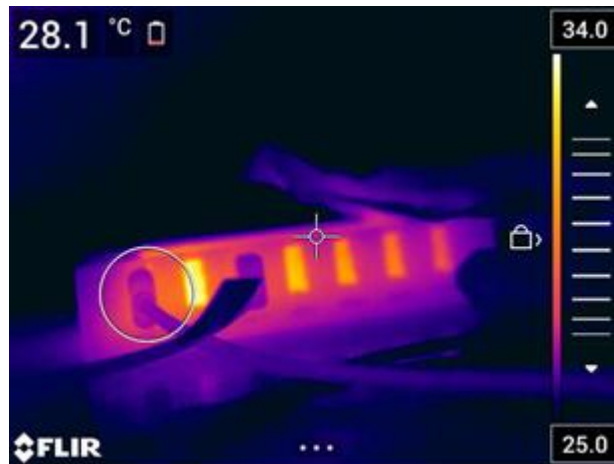
Para cambiar simultáneamente los límites mínimo y máximo de la escala de temperatura, coloque el dedo en la pantalla y muévalo hacia arriba / abajo.

Para cambiar el límite mínimo o el límite máximo, haga lo siguiente:

- Toque la temperatura máxima o mínima que desee cambiar.
- Coloque el dedo en la pantalla y muévalo hacia arriba / abajo para cambiar el valor de la temperatura resaltada.

AJUSTE AUTOMATICO DE LA IMAGEN EN MODO MANUAL.

En el modo de ajuste manual de la imagen, puede ajustar automáticamente la imagen tocando la pantalla. La imagen se ajustará automáticamente en función del contenido térmico del área alrededor del punto tocado. Los niveles superior e inferior en la escala de temperatura se ajustarán a las temperaturas máxima y mínima en esa área. Al utilizar la información de color solo para las temperaturas relevantes, obtendrá más detalles en su área de interés.



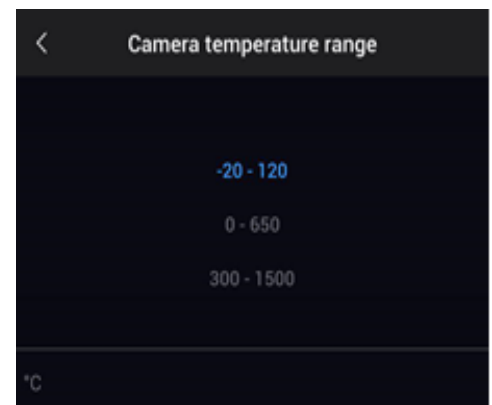
CAMBIAR EL RANGO DE TEMPERATURA DE LA CAMARA.

General

La cámara está calibrada para diferentes rangos de temperatura. Las opciones de rango de temperatura disponibles dependen del modelo de cámara. Para obtener mediciones de temperatura precisas, debe cambiar la configuración del rango de temperatura de la cámara para que se adapte a la temperatura esperada del objeto que está inspeccionando.

Para eso siga los siguientes pasos:

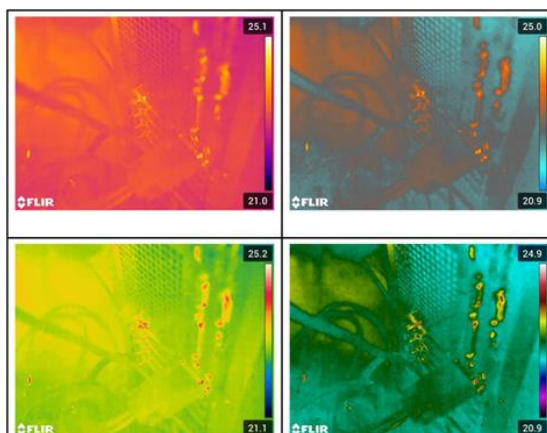
1. Presione el botón de navegación para mostrar el sistema de menús.
2. Seleccione  (Configuración) y presione el botón de navegación. Esto muestra el menú de configuración.
3. Seleccione el rango de temperatura de la cámara y presione el botón de navegación. Esto muestra un cuadro de diálogo.
4. Seleccione el rango de temperatura apropiado y presione el botón de navegación.



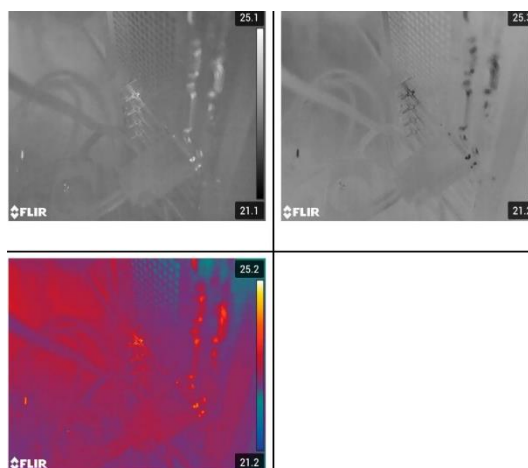
COMO CAMBIAR LA PALETA DE COLORES DE LA CAMARA.

GENERAL.

Puede cambiar la paleta de colores que utiliza la cámara para mostrar diferentes temperaturas. Una paleta diferente puede facilitar el análisis de una imagen.



- Presione el botón de navegación para mostrar el sistema de menús.
- Seleccione (Color) y presione el botón de navegación. Esto muestra un submenú.
- Usa el teclado de navegación para seleccionar una paleta diferente.
- Presione el botón de navegación para confirmar y salir del modo de menú.



COMO CAMBIAR LOS PARAMETROS DE MEDICION DE LA CAMARA.

Para mediciones precisas, es importante establecer los parámetros de medición:
Compensación de ventana IR externa.

- Distancia del objeto.
- Temperatura atmosférica.
- Humedad relativa.

- Temperatura reflejada.

Emisividad

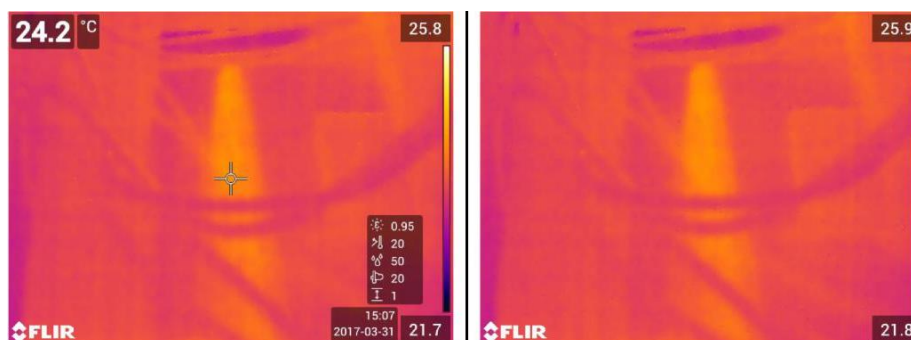
Puede configurar los parámetros de medición globalmente. También puedes cambiar la emisividad,

Temperatura reflejada y parámetros de distancia del objeto localmente para una herramienta de medición.

COMO OCULTAR LA SUPERPOSICIÓN.

GENERAL

La superposición de la cámara consiste en gráficos de superposición e información de superposición de imágenes. Los gráficos sobre-laicos incluyen elementos como símbolos de herramientas de medición, tablas de resultados e íconos de estado. La información de superposición de la imagen, que activa en el menú Configuración, proporciona información adicional, como la fecha, la emisividad y la temperatura atmosférica. Puede ocultar toda la superposición de la cámara tocando el botón suave. Nota: También puede asignar la función Ocultar gráficos de superposición de imágenes a uno de los botones programables.



DIFERENCIACION DE IMÁGENES TERMOGRAFICAS.

GENERAL.

La cámara puede capturar imágenes tanto térmicas como visuales al mismo tiempo. Al elegir el modo de imagen, selecciona qué tipo de imagen se mostrará en la pantalla.

La cámara soporta los siguientes modos de imagen:

- Térmico: se muestra una imagen infrarroja.
- Thermal MSX (Multi Dynamic Spectral Imaging): la cámara muestra una imagen infrarroja en la que los bordes de los objetos se mejoran con detalles de imagen visual.

- Imagen en imagen: se muestra un cuadro de imagen infrarroja en la parte superior de la imagen visual.
- Cámara digital: se muestra la imagen visual capturada por la cámara digital.
- Macro: este modo permite a la cámara enfocar objetos muy cerca de la lente de la cámara. Se muestra una imagen infrarroja.

Nota:

Para los modos de imagen Thermal MSX, Thermal y Picture in picture, toda la información visual y térmica se almacena cuando se guarda una imagen. Esto significa que puede editar la imagen más adelante, en el archivo de imágenes o en FLIR Tools / Tools + o FLIR Report Studio, y seleccionar cualquiera de los modos de imagen.

Para el modo de imagen de la cámara digital, una imagen digital con resolución completa (5 MP) se almacena cuando se guarda una imagen. Sin embargo, no se almacena información térmica.

Los modos de imagen Thermal MSX, Thermal y Picture in picture solo funcionan correctamente para lentes calibrados. La lente que viene con la cámara viene calibrada de fábrica. Para calibrar una nueva lente, debe enviar la cámara y la lente a su departamento de servicio local.

Cuando se selecciona el modo Macro, el láser se desactiva automáticamente.

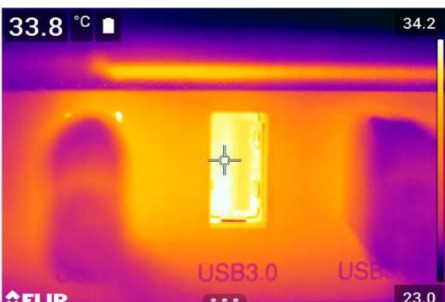
El soporte para el modo macro depende de la lente de la cámara.

En el modo macro, no se guarda información visual.

EJEMPLOS:

Esta tabla explica los diferentes tipos de modos de imagen.

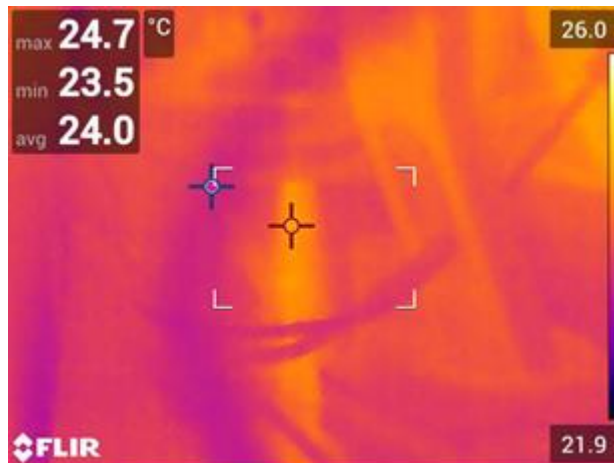
TIPO DE TERMOGRAMA	IMAGEN
IMAGEN TERMICA	
IMAGEN TERMICA MSX	
IMAGEN TERMICA CON IMAGEN	

MODO DE IMAGEN	IMAGEN
CAMARA DIGITAL	
IMAGEN TERMICA	

HERRAMIENTAS DE MEDICION DE LA CAMARA.

General

Para medir una temperatura, puede usar una o más herramientas de medición, por ejemplo, un medidor de puntos o una caja.



AGREGAR/ELIMINAR HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN.

- Presione el botón de navegación para mostrar el sistema de menús.
- Seleccione  (Medición) y presione la tecla de navegación. Esto muestra un submenú.
- Use el teclado de navegación para seleccionar uno de los siguientes:
- Seleccione  (Sin medidas) para eliminar todas las herramientas.
- Seleccione  (Punto central) para agregar un punto central.
- Seleccione  (Punto caliente) para agregar una detección de puntos calientes dentro de un área de cuadro.
- Seleccione  (Punto frío) para agregar una detección de punto frío dentro de un área de caja.
- Seleccione  (Predeterminado de usuario 1) para agregar el preajuste de usuario 1. (No disponible en todos los modelos de cámara).
- Seleccione  (Configuración de usuario 2) para agregar la configuración de usuario 2. (No disponible en todos los modelos de cámara).
- Presione el botón de navegación para confirmar y salir del modo de menú.

VALORES RECOMENDADOS.

Si no está seguro de los valores, se recomienda lo siguiente:

DISTANCIA DE OBJETO	1.0 m (3.3 ft.)
TEMPERATURA ATMOSFERICA	20°C (69°F)

HUMEDAD RELATIVA	50%
TEMPERATURA REFLEJADA	20°C (69°F)
EMISIVIDAD	0.95

Puede configurar los parámetros de medición globalmente. También puedes cambiar la emisividad,

Temperatura reflejada y parámetros de distancia del objeto localmente para una herramienta de medición.

Los parámetros locales normalmente solo son efectivos para una configuración fija, donde cada herramienta de medición se configura para un objeto específico de interés. Para una aplicación de mano general, los parámetros globales suelen ser suficientes.

Nota La emisividad y la temperatura reflejada son los dos parámetros de medición más importantes para configurar correctamente en la cámara.

Configuración de parámetros globales

A continuación se detalla los siguientes paso para configurar:

1. Presione el botón de navegación para visualizar el sistema de menús.
2. Seleccione (Parámetros de medición) y presione el botón de navegación. Esto muestra un submenú.
3. Utilice el teclado de navegación para seleccionar uno o más de los parámetros de medición globales:
4.  (Compensación de ventana IR externa).
5.  (Distancia del objeto).
6.  (Temperatura atmosférica).
7.  (Humedad relativa).
8.  (Temperatura reflejada).
9.  (Emisividad).
10. Presione el teclado de navegación para mostrar un cuadro de diálogo.
11. Usa el teclado de navegación para cambiar el parámetro.
12. Presione el botón de navegación para confirmar y salir del modo de menú.

TECNICA DE TERMOGRAFIA.

MEDIDAS Y TECNICAS:

INTRODUCCIÓN.

Una cámara de infrarrojos mide e imagina la radiación infrarroja emitida desde un objeto. El hecho de que la radiación sea una función de la temperatura de la superficie

del objeto hace posible que la cámara calcule y muestre esta temperatura. Sin embargo, la radiación medida por la cámara no solo depende de la temperatura del objeto, sino que también es una función de la emisividad.

La radiación también se origina a partir de los alrededores y se refleja en el objeto. La radiación del objeto y la radiación reflejada también serán influenciadas por la absorción de la atmósfera.

Para medir la temperatura con precisión, por lo tanto, es necesario compensar los efectos de varias fuentes de radiación diferentes. Esto se hace en línea automáticamente por la cámara de la era. Sin embargo, los siguientes parámetros de objeto deben suministrarse para la cámara:

- La emisividad del objeto.
- La temperatura aparente reflejada.
- La distancia entre el objeto y la cámara.
- La humedad relativa
- Temperatura de la atmosfera

EMISIVIDAD

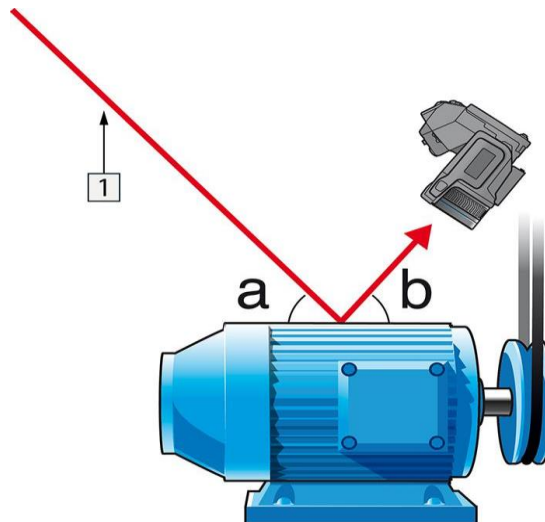
El parámetro de objeto más importante para establecer correctamente es la emisividad que, en resumen, es una medida de cuánta radiación se emite desde el objeto, en comparación con la de un cuerpo negro perfecto de la misma temperatura.

Normalmente, los materiales objeto y los tratamientos de superficie exhiben una emisividad que varía de aproximadamente 0.1 a 0.95. Una superficie altamente pulida (espejo) cae por debajo de 0.1, mientras que una superficie oxidada o pintada tiene una emisividad más alta. La pintura a base de aceite, independientemente del color en el espectro visible, tiene una emisividad de más de 0.9 en el infrarrojo. La piel humana exhibe una emisividad de 0,97 a 0,98.

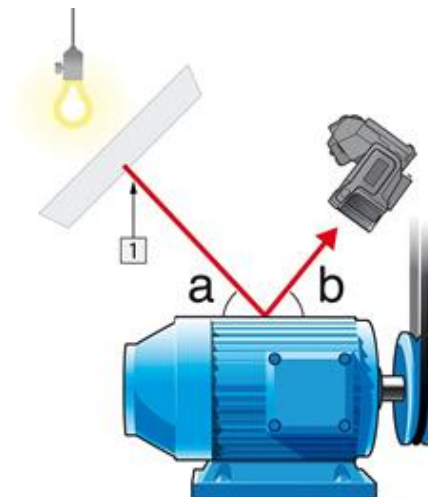
Los metales no oxidados representan un caso extremo de perfecta opacidad y alta reflexividad, que no varía mucho con la longitud de onda. En consecuencia, la emisividad de los metales es baja.

Solo aumenta con la temperatura. Para los no metales, la emisividad tiende a ser alta y disminuye con la temperatura.

Método 1: Método directo Siga este procedimiento: Busque posibles fuentes de reflexión, considerando que el ángulo incidente = ángulo de reflexión ($\alpha = \beta$).



Si la fuente de reflexión es una fuente puntual, modifíquela obstruyéndola con una pieza de cartón:

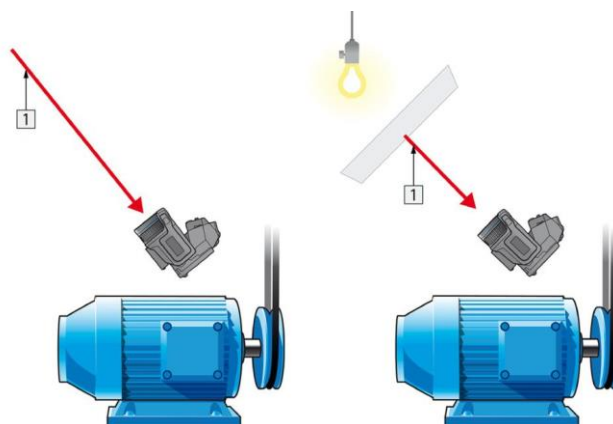


Mida la intensidad de radiación (= temperatura aparente) desde la fuente de reflexión utilizando los siguientes ajustes:

Emisividad: 1.0

Dobj: 0

Puede medir la intensidad de radiación utilizando uno de los dos métodos siguientes:



FUENTE DE REFLEXIÓN

No se puede usar un termopar para medir la temperatura aparente reflejada, porque un termopar mide la temperatura, pero la temperatura aparente es la intensidad de la radiación.

Método 2: Método del reflector

Siga este procedimiento:

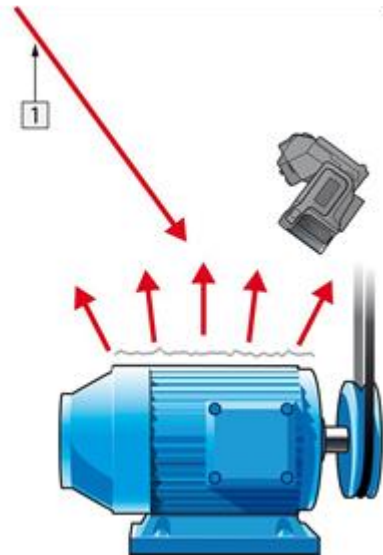
Desmenuce un pedazo grande de papel de aluminio.

Desmenuce el papel de aluminio y péguelo a un pedazo de cartón del mismo tamaño.

Coloque el pedazo de cartón frente al objeto que desea medir. Asegúrese de que el lado con papel de aluminio apunta a la cámara.

Establecer la emisividad a 1.0.

Mida la temperatura aparente del papel de aluminio y escríbala. La lámina se considera un reflector perfecto, por lo que su temperatura aparente es igual a la temperatura aparente reflejada de los alrededores.



TEMPERATURA REFLEJADA.

Este parámetro se utiliza para compensar la radiación reflejada en el objeto. Si la emisividad es baja y la temperatura del objeto relativamente lejos de la del reflejo, será importante establecer y compensar la temperatura aparente reflejada correctamente.

DISTANCIA.

La distancia es la distancia entre el objeto y la lente frontal de la cámara. Este parámetro se utiliza para compensar los siguientes dos hechos:

Esa radiación del objetivo es absorbida por la atmósfera entre el objeto y la cámara.

Esa radiación de la propia atmósfera es detectada por la cámara.

HUMEDAD RELATIVA.

La cámara también puede compensar el hecho de que la transmitancia también depende de la humedad relativa de la atmósfera. Para ello, ajuste la humedad relativa

al valor correcto. Para distancias cortas y humedad normal, la humedad relativa normalmente se puede dejar en un valor predeterminado del 50%.

OTROS PARAMETROS.

Además, algunas cámaras y programas de análisis de FLIR Systems le permiten compaginar los siguientes parámetros:

Temperatura atmosférica, es decir, la temperatura de la atmósfera entre la cámara y el objetivo.

Temperatura de la óptica externa, es decir, la temperatura de las lentes externas o ventanas que se usan frente a la cámara.

Transmitancia óptica externa: es decir, la transmisión de lentes o ventanas externas que se usan frente a la cámara.

ANEXO B. PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE DATOS DE VIBRACIONES

Contenido

1. Objetivo.....	2
2. Alcance.....	2
3. Responsabilidad.	2
4. Definiciones.	2
5. Trabajos a realizar.	3
6. Procedimiento	3
7. Tablas y Normas.	4

Objetivo.

El objetivo de este instructivo es para aprender el uso y manejo del equipo de vibraciones. Y a su vez coleccionar datos de una manera correcta para poder llevar una tendencia de los equipos de planta.

Alcance.

El alcance de este procedimiento es que los técnicos puedan coleccionar datos de vibraciones, a los motores, molinos, ventiladores de la planta INBALNOR ubicada en la AV. Principal sur norte Km 29 vía Guayaquil-Milagro.

Responsabilidad.

Técnico Predictivo.

Mecánicos.

Eléctricos.

Definiciones.

Este procedimiento asegura y garantiza un correcto uso y manejo del equipo de vibraciones.

El equipo da valores en mm/s permite visualizar fácilmente en la pantalla la señal de vibración. El medidor automáticamente realiza el análisis de vibración basado en la velocidad de la máquina y ayuda a diagnosticar fallas tales como, desbalanceo, desalineamiento y soltura mecánica. El sistema es diseñado para permitir al usuario tomar medidas de vibración de los activos (ej. Bombas, motores, ventiladores y rodamientos). La unidad muestra la frecuencia y permite monitorear la severidad de la vibración y condición de rodamientos.

Vibración: Se denomina vibración a la propagación de ondas elásticas produciendo deformaciones y tensiones sobre un medio continuo (o posición de equilibrio).

BDU: (Bearing Damage Units – unidad de daño en rodamientos).

100 BDU corresponde a la vibración 1g RMS, medida por encima 1kHz. Esta es una medida del estado de desgaste de los cojinetes en el equipo que está supervisando. Cuanto mayor sea el número, más desgastado está el cojinete.

En general, se sostuvo que 1g de vibración de alta frecuencia (100 BDU) corresponde a un alto nivel de ruido de rodamiento y así se puede considerar indicativo de rodamiento dañado.

Por defecto, el ruido de rodamiento se muestra sobre un fondo Rojo si es por encima de 100 BDU, un fondo Amarillo entre 50 y 100 BDU y un fondo Verde por debajo de 50 BDU.

Gravedad o aceleración: La aceleración es la proporción del cambio de velocidad.

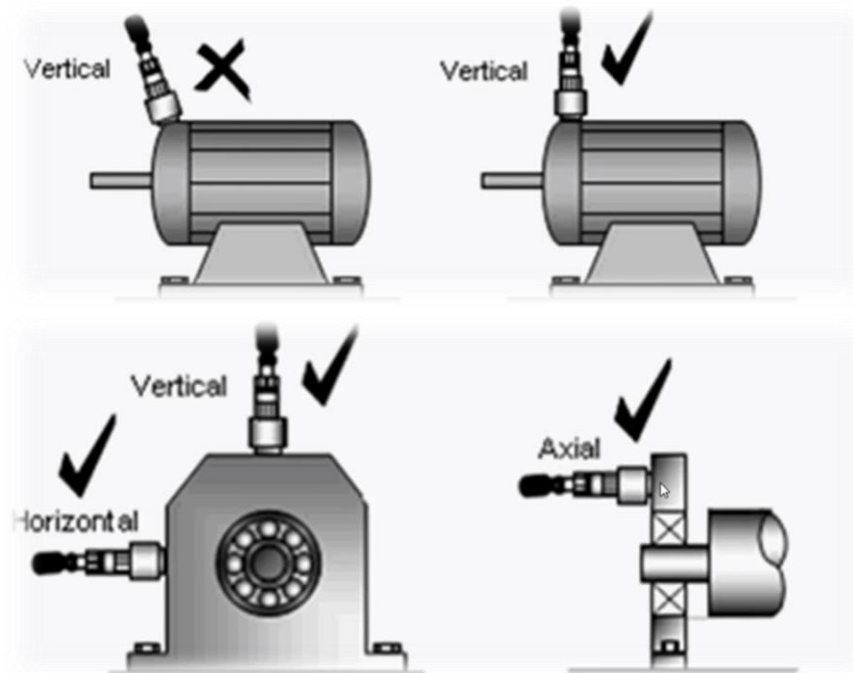
Formas o posiciones a medir en diferentes equipos:

Para medir vibraciones hay que recordar que cada equipo tiene varios puntos de medición, y esos puntos se deben monitorear en 3 posiciones:

HORIZONTAL

VERTICAL

AXIAL

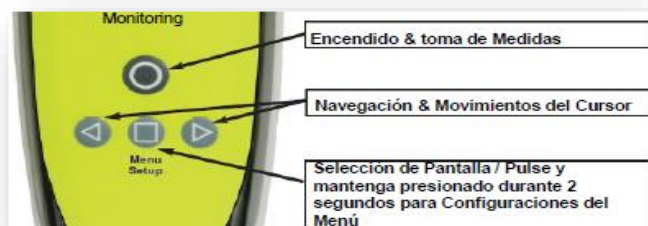


Trabajos a realizar.

- Colectar Datos de vibración a los diferentes equipos de la planta.

Procedimiento

- Para el encendido del equipo se debe, presionar el sig. Botón  luego de 1 segundo el equipo enciende.
- Antes de medir algún equipo se debe configurar algunos parámetros y para configurarlos el usuario debe mantener aplastado 2 segundos 



- el botón

- d. Después de los 2s aparecerá una pantalla donde les indicara los **ajustes del equipo. (Setup wizard)** para continuar con la configuración debemos volver a apretar el **cuadro**, una vez apretado el cuadro nos pedirá configurar lo siguiente:
 - **Velocidad del equipo.**
 - **Tipo de equipo si es motor o bomba.**
 - **Potencia del equipo, si es menor a 300 KW o mayor a 300Kw.**
 - **Tipo de estructura si es flexible o rígida.**
- e. Luego de haber configurado todos estos parámetros, solo se debe presionar **EXIT** y el equipo estará listo para tomar vibraciones.

Tablas y Normas.

Clasificación de acuerdo al tipo de máquina, potencia o altura de eje

Las significativas diferencias en el diseño, tipos de descanso y estructuras soporte de la máquina, requieren una división en grupos. Las máquinas de estos grupos pueden tener eje horizontal, vertical o inclinado y además pueden estar montados en soportes rígidos o flexibles.

- **Grupo 1:** Máquinas rotatorias grandes con potencia superior 300 kW. Máquinas eléctricas con altura de eje $H \geq 315$ mm.
- **Grupo 2:** Máquinas rotatorias medianas con potencia entre 15 y 300 kW. Máquinas eléctricas con altura de eje $160 \leq H < 315$ mm.
- **Grupo 3:** Bombas con impulsor de múltiples álabes y con motor separado (flujo centrífugo, axial o mixto) con potencia superior a 15 kW.
- **Grupo 4:** Bombas con impulsor de múltiples álabes y con motor integrado (flujo centrífugo, axial o mixto) con potencia superior a 15 kW.

Evaluación

- **Zona A:** Valores de vibración de máquinas recién puestas en funcionamiento o reacondicionadas.
- **Zona B:** Máquinas que pueden funcionar indefinidamente sin restricciones.
- **Zona C:** La condición de la máquina no es adecuada para una operación continua, sino solamente por un período de tiempo limitado. Se deberían llevar a cabo medidas correctivas en la siguiente parada programada.
- **Zona D:** Los valores de vibración son peligrosos, la máquina puede sufrir daños.

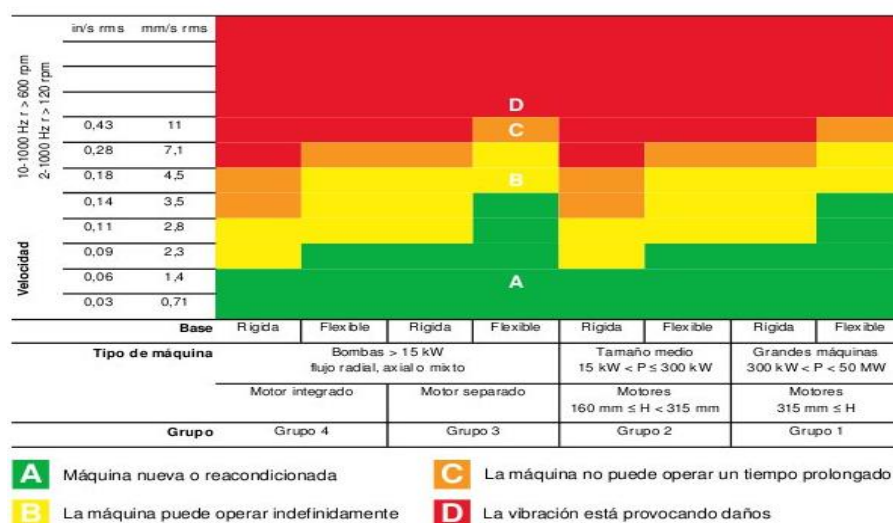


Tabla 5: Severidad de la vibración según la norma ISO 10816-3.