

**Desarrollo de mantenimiento preventivo y correctivo para equipos utilizados en las técnicas  
NDT & DT en materiales de la empresa INSPEQ Ingeniería LTDA**

**Edwin Fabian Ebrat Sánchez**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecatrónico**

**Director:**

**Ing. Daniel Felipe Chaparro**

**Magíster en Ingeniería Electrónica**

**Codirector:**

**Ing. Félix Antonio Pérez Rondón**

**Magíster en Controles Industriales**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Programa de Ingeniería Mecatrónica**

**2023**

## Contenido

Introducción .....	8
1. Reseña de la empresa .....	9
1.1 Misión .....	10
1.2 Visión .....	10
1.3 Justificación .....	11
1.4 Identificación de la problemática .....	11
1.5 Alcance.....	12
1.6 Objetivos.....	12
1.6.1 Objetivo general.....	12
1.6.2 Objetivos específicos .....	12
2. Marco de referencia .....	13
2.1 Mantenimiento preventivo .....	13
2.2 Mantenimiento correctivo.....	13
2.3 Gestión de activos .....	13
2.4 Mantenimiento predictivo.....	13
2.5 Limpieza electrónica.....	14
2.6 Código ASME B31.8 .....	14
2.7 Norma API 1104 .....	14
2.8 Norma ASTM E8 .....	14
3. Plan de trabajo.....	15
3.1 Avance de objetivos .....	17
3.2 Resultados.....	20

DESARROLLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO	3
4. Conclusiones .....	23
5. Recomendaciones .....	25
Referencias.....	26
Apéndices.....	27

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1.</b> <i>Procedimiento paso a paso para seguir el plan de mantenimiento dado por la empresa .....</i>	17
<b>Figura 2.</b> <i>Equipo no registrado. Se procede a tomar evidencia fotográfica para los formatos establecidos.....</i>	18
<b>Figura 3.</b> <i>Equipo registrado, toma de evidencia fotográfica del estado del equipo .....</i>	19
<b>Figura 4.</b> <i>Reporte de daño, evidencia fotográfica del equipo dañado.....</i>	19
<b>Figura 5.</b> <i>Revisión de equipo usado en el área de inspección y consultoría .....</i>	20
<b>Figura 6.</b> <i>Indicadores de desempeño para plan de mantenimiento .....</i>	21
<b>Figura 7.</b> <i>Cumplimiento de actividades de mantenimiento según cronograma de la empresa....</i>	22
<b>Figura 8.</b> <i>Cumplimiento de actividades por sedes .....</i>	22

**Lista de apéndices**

<b>Apéndice A.</b> <i>Formato de mantenimiento equipos no registrados.</i> .....	27
<b>Apéndice B.</b> <i>Formato de mantenimiento de equipos registrados.</i> .....	28
<b>Apéndice C.</b> <i>Formato de control de reporte de daños de equipos.</i> .....	29
<b>Apéndice D.</b> <i>Plan de mantenimiento de la empresa.</i> .....	32

### Resumen

El autor es Edwin Fabian Ebrat Sánchez y el trabajo se titula “Desarrollo de mantenimiento preventivo y correctivo para equipos utilizados en las técnicas NDT & DT en materiales de la empresa INSPEQ Ingenieria LTDA”. El objetivo general del trabajo es ejecutar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para máquinas y equipos utilizados para la inspección de materiales por medio de ensayos destructivos y no destructivos (NDT & DT) en la empresa INSPEQ Ingenieria LTDA, una empresa especializada en servicios de inspección y control de calidad en diversos sectores industriales. El trabajo se divide en cinco capítulos: reseña de la empresa, marco de referencia, plan de trabajo, conclusiones y recomendaciones. El autor describe la misión, visión, justificación, problemática, alcance y objetivos del proyecto, así como los conceptos generales de mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo, gestión de activos, limpieza electrónica y las normas y códigos aplicables a los ensayos NDT & DT. El autor presenta el cronograma de actividades, los indicadores de desempeño, los formatos de reporte y los resultados obtenidos en el plan de mantenimiento, evidenciando el cumplimiento de los objetivos y el buen estado de los equipos. El autor concluye que el plan de mantenimiento es efectivo para prevenir y corregir fallos, asegurar el funcionamiento óptimo y prolongar la vida útil de los equipos, así como para facilitar la toma de decisiones informadas sobre su reparación, mantenimiento o reemplazo. El autor recomienda la ejecución de planes de mantenimiento más rigurosos y la actualización de la hoja de vida de los equipos, así como la adquisición de equipos adicionales para mejorar la productividad y la cobertura de la empresa.

*Palabras clave:* mantenimiento, inspección, equipos, planificación, industria

### **Abstract**

The author is Edwin Fabian Ebrat Sánchez and the work is titled “Development of preventive and corrective maintenance for equipment used in NDT & DT techniques in materials of the company INSPEQ Ingenieria LTDA”. The general objective of the work is to execute a preventive and corrective maintenance plan for machines and equipment used for material inspection through destructive and non-destructive testing (NDT & DT) at INSPEQ Ingenieria LTDA, a company specialized in inspection and quality control services in various industrial sectors. The work is divided into five chapters: company review, reference framework, work plan, conclusions, and recommendations. The author describes the mission, vision, justification, problems, scope, and objectives of the project, as well as the general concepts of preventive, corrective, predictive maintenance, asset management, electronic cleaning, and the standards and codes applicable to NDT & DT tests. The author presents the schedule of activities, performance indicators, report formats, and results obtained in the maintenance plan, demonstrating the fulfillment of the objectives and the good condition of the equipment. The author concludes that the maintenance plan is effective in preventing and correcting faults, ensuring optimal operation, and prolonging the useful life of the equipment, as well as facilitating informed decision-making about its repair, maintenance, or replacement. The author recommends the execution of more rigorous maintenance plans and the updating of the equipment’s life cycle, as well as the acquisition of additional equipment to improve the company’s productivity and coverage.

*Keywords:* maintenance, inspection, equipment, planning, industry

### **Introducción**

La maquinaria utilizada en la metalurgia para ensayos destructivos y no destructivos desempeña un papel crucial en la evaluación precisa de materiales metálicos. Estos equipos son esenciales para el mantenimiento preventivo y correctivo, garantizando la integridad y calidad de los componentes utilizados en diversas industrias. En los ensayos destructivos, se emplean equipos especializados como máquinas de ensayo de tracción, compresión y flexión, así como durómetros para medir la dureza de los metales. Estas pruebas proporcionan información valiosa sobre la resistencia de los materiales y su capacidad para soportar cargas específicas. Por otro lado, los ensayos no destructivos utilizan tecnologías avanzadas como ultrasonidos, radiografías, partículas magnéticas y líquidos penetrantes. Estas técnicas permiten evaluar las características de los materiales sin afectar su integridad, detectando defectos internos, grietas e irregularidades para facilitar el mantenimiento preventivo.

Un destacado equipo utilizado en la metalurgia es el Omniscan MX de la marca Olympus. Este equipo de ultrasonido ofrece inspecciones y pruebas precisas de materiales metálicos, evaluando su integridad y detectando defectos internos. Su portabilidad y facilidad de uso lo convierten en una opción popular para el mantenimiento preventivo y correctivo, contribuyendo a la seguridad y calidad de los productos finales.

En resumen, la maquinaria utilizada en la metalurgia para ensayos destructivos y no destructivos es vital para garantizar la calidad y seguridad de los materiales metálicos. El mantenimiento preventivo y correctivo, junto con el uso de equipos como el Omniscan MX, juegan un papel crucial en la evaluación y mejora continua de los procesos metalúrgicos.

## 1. Reseña de la empresa

Inspeq Ingeniería Ltda. es una destacada empresa con sede en Colombia que se especializa en brindar servicios de inspección y control de calidad en diversos sectores industriales. Inspeq, con más de 20 años de experiencia se ha consolidado como un referente confiable y profesional en el campo de la ingeniería.

La empresa se destaca por su compromiso con la excelencia y la satisfacción del cliente. Cuenta con un equipo de profesionales altamente capacitados y certificados que poseen un amplio conocimiento técnico en inspección, aseguramiento de calidad y control de procesos. Estos expertos se mantienen actualizados con las últimas tendencias y tecnologías de la industria para ofrecer soluciones innovadoras y eficientes a sus clientes. Brinda una amplia gama de servicios, entre los que se incluyen inspecciones de soldadura, inspección de estructuras metálicas, ensayos no destructivos, inspección de equipos estáticos y rotativos, entre otros. Su enfoque se basa en la aplicación rigurosa de normas y estándares internacionales, garantizando la calidad y confiabilidad de los resultados.

La empresa se caracteriza por utilizar equipos de última generación y tecnología avanzada en todas sus actividades de inspección. Esto les permite obtener datos precisos y confiables, así como realizar evaluaciones detalladas de la integridad y calidad de los materiales y equipos inspeccionados.

Además de sus servicios de inspección, Inspeq Ingeniería Ltda. se distingue por su enfoque en el servicio al cliente. Su equipo de atención al cliente se asegura de comprender las necesidades y requisitos específicos de cada proyecto, ofreciendo soluciones personalizadas y asesoramiento técnico a lo largo de todo el proceso.

La empresa se ha ganado la confianza y la fidelidad de numerosos clientes en diferentes industrias, incluyendo el sector petroquímico, energético, manufacturero y de construcción. Su reputación se basa en su capacidad para entregar resultados de alta calidad de manera oportuna, cumpliendo con los estándares más exigentes y superando las expectativas de sus clientes [1].

### **1.1 Misión**

Nuestra misión en Inspeq Ingeniería Ltda. es proporcionar servicios de inspección y control de calidad confiables y eficientes en el sector industrial de Colombia. Nos comprometemos a garantizar la integridad y seguridad de los materiales y equipos utilizados en diversos proyectos, cumpliendo con los estándares internacionales y superando las expectativas de nuestros clientes. Buscamos contribuir al desarrollo sostenible de la industria, brindando soluciones innovadoras y tecnológicas que impulsen el éxito y la confianza en cada proyecto en el que participamos [1].

### **1.2 Visión**

Nuestra visión en Inspeq Ingeniería Ltda. es ser reconocidos como líderes en el campo de la inspección y control de calidad en Colombia. Nos esforzamos por ser una empresa referente en términos de excelencia, confiabilidad y satisfacción del cliente. Buscamos expandir nuestra presencia a nivel nacional e internacional, brindando servicios de alto nivel en diferentes sectores industriales. Aspiramos a ser reconocidos como una organización comprometida con la mejora continua, la innovación tecnológica y la ética profesional. Nos enfocamos en construir relaciones sólidas y duraderas con nuestros clientes, siendo su socio confiable en la garantía de calidad y seguridad en sus proyectos [1].

### **1.3 Justificación**

La empresa INSPEQ ingeniería LTDA solicita la presencia de un profesional de Ingeniería Mecatrónica con el propósito de fortalecer y respaldar la ejecución de servicios de mantenimiento para diversas maquinarias y equipos industriales. El objetivo principal es extender la vida útil de dichos equipos y maquinarias, mediante las actividades llevadas a cabo por el personal perteneciente al departamento de mantenimiento. La implementación efectiva de un plan de mantenimiento correctivo y preventivo, que cumpla con los requisitos de mantenimiento de cualquier equipo y/o maquinaria, representa el factor determinante para garantizar la disponibilidad y la integridad de estos.

### **1.4 Identificación de la problemática**

Actualmente, la empresa INSPEQ Ingeniería LTDA lleva a cabo un plan de mantenimiento anual para todos sus equipos activos. En este sentido, se cuenta con registros e información de seguimiento de los mantenimientos realizados. El objetivo es asegurar que los equipos se encuentren en óptimas condiciones, ya que son utilizados para realizar labores de inspección y emitir juicios de valor respecto a diferentes técnicas de inspección NDT & DT. Estos equipos están respaldados por fichas técnicas, manuales y procedimientos de revisión, lo que garantiza una mayor seguridad al utilizarlos.

Con base en lo mencionado, la práctica empresarial se enfoca en el desarrollo, seguimiento y registro de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo mencionadas anteriormente.

## **1.5 Alcance**

Llevar a cabo el programa de mantenimiento correctivo y preventivo de equipos utilizados para NDT & DT en la industria de hidrocarburos; identificar, realizar cronogramas y registro de actividades basándonos en el procedimiento de mantenimiento.

## **1.6 Objetivos**

### ***1.6.1 Objetivo general***

Ejecutar plan de mantenimiento preventivo y correctivo para máquinas y equipos utilizados para la inspección de materiales (NDT&DT) existentes en INSPEQ Ingeniería LTDA.

### ***1.6.2 Objetivos específicos***

- Efectuar el mantenimiento preventivo de equipos de ensayos no destructivos y ensayos destructivos mediante la revisión exhaustiva de las fichas técnicas y hoja de vida de la máquina, con el propósito de identificar y prevenir posibles fallos o deterioros, asegurando así un rendimiento óptimo y una mayor durabilidad de los equipos.
- Realizar y planificar el mantenimiento correctivo de equipos de ensayos no destructivos y ensayos destructivos mediante la reparación de los elementos dañados, con el fin de garantizar su funcionamiento óptimo y prolongar su vida útil.
- Diligenciar reportes precisos sobre el funcionamiento y daño de los equipos mediante una minuciosa revisión física y funcional de los mismos, con el objetivo de identificar de manera efectiva cualquier irregularidad o problema, y proporcionar información detallada que facilite la toma de decisiones informadas para su reparación, mantenimiento o reemplazo.

## **2. Marco de referencia**

### **2.1 Mantenimiento preventivo**

Consiste en la planificación y ejecución regular de tareas de mantenimiento con el objetivo de prevenir fallas y prolongar la vida útil de los activos. Esta planificación se realiza dependiendo de un estudio riguroso de activos, tareas, KPIS, etc. [2].

### **2.2 Mantenimiento correctivo**

Se lleva a cabo como respuesta a una falla o avería en los equipos, con el objetivo de restaurar su funcionamiento normal y minimizar el tiempo de inactividad. Este no se planifica, si un equipo se daña sin haberlo presupuestado se realiza su mantenimiento corrigiendo su falla [3].

### **2.3 Gestión de activos**

Comprende la planificación y control integral de los activos industriales, considerando aspectos como su ciclo de vida, costo total de propiedad, confiabilidad y desempeño. Esto genera mejoras en rendimiento, vida útil y costos [4].

### **2.4 Mantenimiento predictivo**

Esta estrategia se basa en el monitoreo y análisis continuo de los equipos para detectar posibles fallos y programar acciones de mantenimiento antes de que ocurran averías. Se aplican técnicas de medida de múltiples variables que pueden afectar el funcionamiento de un equipo [5].

## **2.5 Limpieza electrónica**

La limpieza electrónica es una práctica fundamental en el mantenimiento industrial para garantizar el correcto funcionamiento y prolongar la vida útil de los componentes electrónicos utilizados en diversos equipos industriales [4]. Consiste en la remoción de suciedad, polvo, residuos y otros contaminantes presentes en los circuitos electrónicos, placas de circuito impreso (PCB) y otros dispositivos electrónicos [7].

## **2.6 Código ASME B31.8**

Este código que lo denota la ASME (Sociedad America de Ingenieros Mecanicos), para los temas de diseño, inspección, construcción, pruebas de equipos, etc. Este código se actualiza de 3 a 5 años, dando las pautas para construcción, inspección y diseño de tuberías de gas a presión [5].

## **2.7 Norma API 1104**

Este estándar usado para la calificación del procedimiento de soldadura y mirar propiedades tales como ductilidad, dureza y resistencia. La calidad de la unión se califica en los ensayos destructivos [6].

## **2.8 Norma ASTM E8**

La ASTM (American Society for testing and Materials), es una asociación encargada de colocar las normas específicas para el testeo de materiales y todo el estudio correspondiente a este. La norma ASTM E8, da las pautas para los ensayos de tensión de materiales, esto es importante para ensayos destructivos y no destructivos obteniendo características específicas de un material [7].

**3. Plan de trabajo**

**Tabla 1.** *Diagrama de Gantt sobre el plan de trabajo a desarrollar en la empresa*

Actividades	Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio			
	Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Inventariar equipos para verificar cantidad y estado de los mismos.	█																							
Realizar mantenimientos preventivos de los equipos.					█				█															
Recopilar información de hojas de vida de equipo para mantenimientos correctivos.									█				█											
Realizar mantenimiento													█				█							

---

correctivo e  
identificar que el  
daño no sea  
persistente. Al  
igual que para el  
mantenimiento  
preventivo.  
Incorporar toda la  
información de la  
reparación en el  
formato reporte  
de daño para  
referencias  
futuras  
Diligenciar  
documentación  
sobre los  
mantenimientos  
hechos y  
funcionamiento.

---

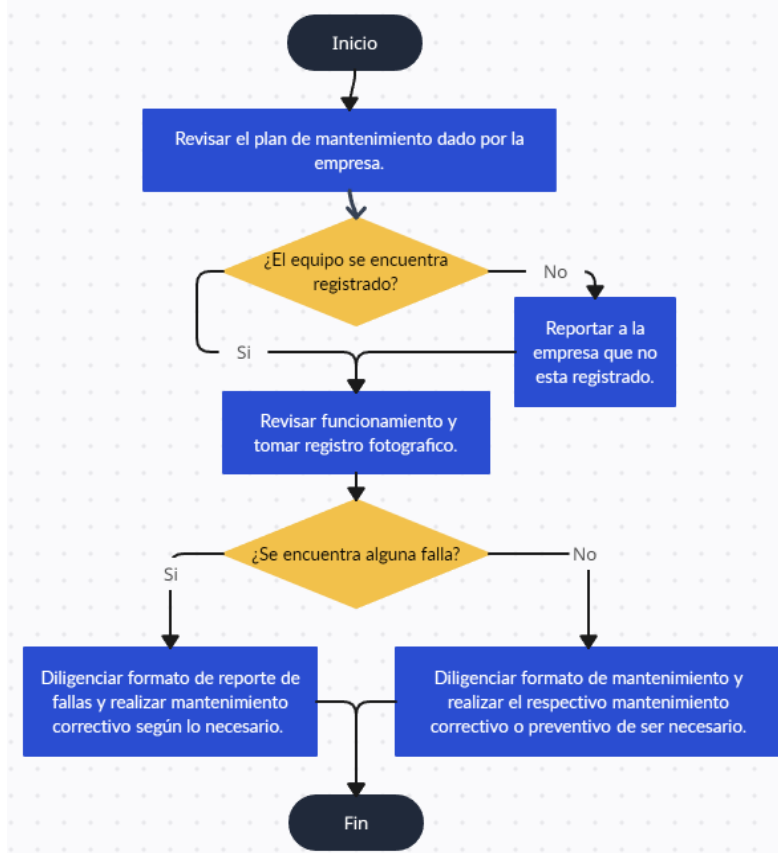


### 3.1 Avance de objetivos

Para el cumplimiento de los objetivos, primero se realizó el inventario de cerca de 100 equipos de la empresa tratando de cumplir el plan de mantenimiento organizado por la empresa en el área de inspección y consultoría, para verificar el estado de los equipos, funcionamiento y cantidad.

Cuando se estaba realizando el inventario algunos equipos no estaban registrados en el inventario de la empresa, por lo tanto, toca llenar un formato y notificar a la empresa para anexarlo a la hoja de vida de los equipos y así empezar a tener control sobre el mismo ya que puede ser un equipo nuevo (figura 2). El procedimiento que se realiza es un paso a paso consecutivo (figura 1), esto siguiendo los lineamientos de la empresa con respecto al mantenimiento y manejo administrativo que conlleva.

**Figura 1.** Procedimiento paso a paso para seguir el plan de mantenimiento dado por la empresa



**Figura 2.** *Equipo no registrado. Se procede a tomar evidencia fotográfica para los formatos establecidos*

	REPORTE DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE INGENIERIA	
REGISTRO FOTOGRAFICO		
		

Para los equipos no registrados (figura 2), se diligencia un formato específico donde se llena toda la información correspondiente al mantenimiento realizado (Ver Apéndice A).

Observando el Apéndice A, se coloca el serial del equipo, nombre del equipo, se notifica que mantenimiento se hizo, que actividad se realizó, una descripción detallada de las actividades realizadas y anomalías encontradas.

Para equipos que se encuentran registrados (figura 3). Siguiendo los lineamientos de la empresa, se lleva el paso a paso descrito anteriormente (figura 1). El reporte se hace con un formato específico (Ver Apéndice B).

**Figura 3.** Equipo registrado, toma de evidencia fotográfica del estado del equipo



En el proceso de mantenimiento de ciertos equipos se reportaron daños que impedían el correcto funcionamiento del equipo, esto se debe reportar con el formato de control de reporte de daños de equipos e instrumentos (ver Apéndice C).

**Figura 4.** Reporte de daño, evidencia fotográfica del equipo dañado



Como se realizó un programa de mantenimiento la acción realizada sobre el equipo era un mantenimiento, donde se verifica la funcionalidad y si hay anomalías se reportan para corregirlas. En este caso el equipo no funcionaba bien (figura 4), lo cual llevo a verificar la hoja de vida del equipo y se encontró que esta falla había sido previamente informada la cual no se fue corregida a tiempo (Ver Apéndice C).

Todos estos mantenimientos se realizan cumpliendo todas las normativas de seguridad y salud en el trabajo dadas por la empresa (figura 5).

**Figura 5.** *Revisión de equipo usado en el área de inspección y consultoría*



### 3.2 Resultados

Inspeq Ingeniería Ltda., realizo un plan de mantenimiento para todos sus equipos de inspección y consultoría (ver Apéndice D), acá se notifican todos los equipos que hasta el momento están registrados y a los cuales se les debe realizar un mantenimiento sea preventivo o correctivo.

Para ver que los objetivos del plan de mantenimiento sean cumplidos objetivamente esta maneja unos indicadores específicos (ver figura 4).

**Figura 6.** *Indicadores de desempeño para plan de mantenimiento*

PROGRAMA:		Mantenimiento equipos inspección y consultoría	
OBJETIVO GENERAL	Realizar mantenimiento preventivo a los equipos utilizados en el área de inspección y consultoría		
NOMBRE DEL INDICADOR	META	FORMULA	PERIODICIDAD
CUMPLIMIENTO	90%	$(N^{\circ} \text{ de actividades ejecutadas} / N^{\circ} \text{ de equipos programadas}) * 100$	TRIMESTRAL
COBERTURA	90%	$(N^{\circ} \text{ de mantenimientos realizados a equipos programados en el trimestre} / N^{\circ} \text{ total de equipos incluidos en el programa de mantenimiento preventivo}) * 100$	ANUAL
EFICACIA	90%	$(N^{\circ} \text{ de equipos con mantenimiento correctivo} / N^{\circ} \text{ de equipos con mantenimiento preventivo}) * 100$	TRIMESTRAL

Los tres indicadores que maneja la empresa para el plan de mantenimiento son el cumplimiento (indica trimestralmente como va avanzando el plan de mantenimiento), cobertura (indica si se está llegando a tiempo trimestralmente con el cronograma del plan de mantenimiento) y Eficacia (indica si los equipos se están manteniendo funcionales en buena medida).

$$\text{Cumplimiento} = \frac{\# \text{ Actividades ejecutadas}}{\# \text{ De equipos programados}} \cdot 100$$

$$\text{Cobertura} = \frac{\# \text{ mantenimiento realizado en el trimestre}}{\# \text{ total de equipos incluidos en el programa de mantenimiento}} \cdot 100$$

$$\text{Eficacia} = \frac{\# \text{ equipos con mantenimiento correctivo}}{\# \text{ equipos con mantenimiento preventivo}} \cdot 100$$

En el Apéndice D, al final se ve el cumplimiento de objetivos y los indicadores de desempeño estimados para el plan de mantenimiento. Teniendo en cuenta las actividades ejecutadas por nuestra parte, se puede evidenciar unos indicadores favorables (ver figura 5).

**Figura 7.** *Cumplimiento de actividades de mantenimiento según cronograma de la empresa*

CUMPLIMIENTO	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
ACTIVIDADES PROGRAMADAS	52	41	56	33	26
ACTIVIDADES EJECUTADAS	52	37	50	21	12
%CUMPLIMIENTO MENSUAL	100%	90%	89%	64%	46%
META	95%	95%	95%	95%	95%
CUMPLIMIENTO TRIMESTRAL	95%		72%		

Debido a que la empresa tiene 3 sedes diferentes y en todas hay diversos equipos, este plan de mantenimiento abarca dichas 3 sedes. Inspeq Ingeniería Ltda., busca que los equipos de sus 3 sedes tengan una funcionalidad efectiva, por esto maneja los siguientes indicadores (ver figura 6).

**Figura 8.** *Cumplimiento de actividades por sedes*

CUMPLIMIENTO	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
SEDES TOTALES	3	3	3	3	3
SEDES INCLUIDAS	3	3	3	3	3
PORCENTAJE DE COBERTURA	100%	100%	100%	100%	100%
META	100%	100%	100%	100%	100%
CUMPLIMIENTO TRIMESTRAL	100%		100%		

#### 4. Conclusiones

Como resultado del plan de mantenimiento programado por la empresa Inspeq Ingeniería Ltda; se aprecia que los equipos usados para la inspección de materiales por medio de ensayos destructivos y no destructivos se encuentran en buen estado siguiendo las rubricas dadas por la empresa.

Por lo tanto, la importancia de realizar mantenimientos preventivos, revisar fichas técnicas y analizar hojas de vida de los equipos, lleva a evidenciar que al realizar dichas prácticas son efectivas para identificar y prevenir posibles fallos, ya que se asegura un funcionamiento optimo y prolongar la vida útil de dichos equipos, haciendo así que la prestación del servicio de inspección sea confiable.

En resumen, la realización de planes de mantenimiento demuestra la capacidad de identificar de manera oportuna y reparar los elementos dañados, lo cual mediante el mantenimiento correctivo garantiza significativamente el funcionamiento óptimo de los equipos y reduce el tiempo de inactividad no planificado.

En consecuencia, se realizaron los reportes de las acciones ejecutadas en los equipos en formatos dados por la empresa ya que es un componente critico en la gestión de activos; lo cual lleva a identificar de manera efectiva irregularidades y así facilitar la toma de decisiones en cuanto a mantenimientos o actualización de equipos.

Se realizo el inventario de 100 equipos siguiendo el plan de mantenimiento dado por la empresa, dentro de estos había 20 equipos no registrados los cuales se les hizo su respectivo anexo en la hoja de vida de equipos de la empresa.

En conclusión, se obtuvieron buenos indicadores de desempeño en cuanto a mantenimiento de equipos, donde se mantuvo sus valores por encima de la meta dada por la empresa en el tiempo que se realizaron las practicas.

## 5. Recomendaciones

Inspeq Ingeniería Ltda., está en un crecimiento bastante relevante ya que se sabe que su confiabilidad en cuanto a procesos de inspección es bastante buena, esto debido a la cobertura de equipos disponibles para inspección alrededor del 90% y teniendo una funcionalidad efectiva del 95%. Dentro de estos indicadores de confiabilidad se encuentran algunas normas que se aplican para los ensayos NDT y DT, tales como las normas API 1104, ASTM E8 y el código ASME B31.8; estos son algunos ejemplos que la empresa maneja.


Se analiza que debido a las 3 sedes que hay en el país, si es necesario un equipo que puede que este en Bogotá y se necesita en Barrancabermeja, los tiempos de demora en el traslado pueden ser un factor de disminución de productividad. Factores como ubicación, uso o falta de mantenimiento pueden afectar la productividad de la empresa y son temas que se deben tener en cuenta. Por esto, se recomienda la ejecución de planes de mantenimiento más rigurosos y la actualización respectiva de la hoja de vida de los equipos para así no correr ningún riesgo a la hora de trabajar.

### Referencias


- [1] Inspeq Ingeniería Ltda, «Información general de la empresa,» 2023. [En línea]. Disponible en: [www.inspeqingeneria.com](http://www.inspeqingeneria.com).
- [2] R. Mobley, *An Introduction to Predictive Maintenance*, 2a ed., Elsevier, 2014.
- [3] A. Márquez, *Asset management and condition monitoring for industrial equipment*, Springer, 2018.
- [4] F. Pérez, *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*, Universidad Santo Tomás, 2021.
- [5] R. Rollino, «Tuberías de Transporte (Gasoductos) y Distribución de Gas,» 2012. [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/3kq016>.
- [6] D. García, «Desarrollo de dos procedimientos de soldadura (wps) para la fabricación de uniones soldadas en tubería de producción,» Tesis de especialización. Universidad Libre. 2015. [En línea]. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/9851>.
- [7] Ingmecausta, «Norma ASTM E8/E8M,» 2015. [En línea]. Disponible en: <https://ingmecausta.wordpress.com/2015/11/21/norma-astm-e8e8m/>.
- [8] A. Kelly y T. Harris, *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*, McGraw-Hill Education, 2012.
- [9] K. Smith y S. Hashemi, *Foundations of Materials Science and Engineering*, McGraw-Hill Education, 2015.
- [10] R. Smith, *Electronic Component Cleaning Guide*, CRC Press, 2017.

**Apéndices**


**Apéndice A. Formato de mantenimiento equipos no registrados**

		<b>REPORTE DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE INGENIERIA</b>					
FECHA	01/02/2023		CONSECUTIVO	:			
EQUIPO	ELECTRODO DE REFERENCIA	MODELO	CU/SO4	SERIA L	11701		
CARACTERISTICAS DEL MANTENIMIENTO							
QUIEN REALIZA EL MTTO:	NOMBRE:	EDWIN FABIAN EBRAT		TIPO:	CORRECTIVO		
	CARGO:	TECNICO			PREVENTIVO	<b>X</b>	
ACTIVIDADES REALIZADAS							
LIMPIEZA EXTERNA	<b>X</b>	LIMPIEZA INTERNA		LUBRICACION DE PIEZAS			
DESCRIPCION DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS:							
VIENE SIN CAJA, 1 ELECTRODO DE REFERENCIA.							
DESCRIPCION DE ANOMALIAS Y HALLAZGOS ENCONTRADOS:							
FALTA AGUA DESTILADA Y SOLUCION DE CU/SO4. EL SERIAL NO APARECE EN LA RELACION DE EXCEL DE EQUIPOS.							
ACCIÓN PROPUESTA:							
Ninguna							
RESPONSABLE DE LA ACCION		Mantenimiento					
RESUMEN DEL SEGUIMIENTO		Finalizado					
ACCIÓN SATISFECHA:			SI	<b>X</b>		NO	

**Apéndice B. Formato de mantenimiento de equipos registrados**

		<b>REPORTE DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE INGENIERIA</b>					
FECHA:	03/02/2023		CONSECUTIVO:	199			
EQUIPO:	ISONIC 2009	MODELO:	ISONIC 2009	SERIAL:	8049009XE046		
CARACTERISTICAS DEL MANTENIMIENTO							
QUIEN REALIZA EL MTTO:	NOMBRE:	EDWIN EBRAT		TIPO:	CORRECTIVO		
	CARGO:	TECNICO			PREVENTIVO	<input checked="" type="checkbox"/>	
ACTIVIDADES REALIZADAS							
LIMPIEZA EXTERNA	<input checked="" type="checkbox"/>	LIMPIEZA INTERNA	<input type="checkbox"/>	LUBRICACION DE PIEZAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
DESCRIPCION DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS:							
CUENTA CON CAJA PARA TRANSPORTE 4 PALPADORES CON ZAPATA (S:322009-1;162009-1:162009-2;322009-4), ENCODER (S_126646) CARGADOR DE EQUIPO (S:ADIS7373); EQUIPO FUNCIONA							
DESCRIPCION DE ANOMALIAS Y HALLAZGOS ENCONTRADOS:							
N.A.							
ACCIÓN PROPUESTA:							
N.A.							
RESPONSABLE DE LA ACCION	Mantenimiento						
RESUMEN DEL SEGUIMIENTO	Ninguna						
ACCIÓN SATISFECHA:	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Apéndice C. Formato de control de reporte de daños de equipos

		<b>CONTROL DE REPORTE DE DAÑOS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS</b>									
<b>FECHA DEL REPORTE:</b>		20/03/2023			<b>PROCESO QUE REPORTA:</b>			Ingeniería			
<b>EQUIPO O INSTRUMENTO DEFECTUOSO:</b>					microdurometro rockmate			<b>SERIAL:</b>	507		
<b>PERSONA A CARGO:</b>		edwin ebrat									
<b>PERSONA QUE REPORTA:</b>		Mario ebrath									
<b>ACTIVIDAD QUE ESTABA EJECUTANDO:</b>					mantenimiento						
<b>1. DESCRIPCIÓN DE LOS ACCESORIOS DEL EQUIPO:</b>											
<b>BATERIAS:</b>	SI	x		NO			N.A		Cant:	Serial:	<b>AV-2388BP</b>
<b>CARGADOR BATERIAS:</b>	SI	x		NO			N.A		Cant:	Serial:	<b>10665</b>
<b>ADAPTADORES AC/DC</b>	SI	x		NO			N.A		Cant:	Serial:	
<b>CABLES:</b>	SI	x		NO			N.A		Cant:	Serial:	
<b>PALPADORES</b>	SI			NO			N.A	x	Cant:	Serial:	
<b>INDENTADORES</b>	SI	x		NO			N.A		Cant:	Serial:	<b>10666</b>
<b>BLOQUES</b>	SI			NO			N.A	x	Cant:	Serial:	
<b>MALETIN TRANSPORTE</b>	SI	x		NO			N.A		Cant:	Serial:	
<b>Otros:</b>											
<b>¿EL EQUIPO O INSTRUMENTO CUENTA CON MANUAL?</b>											
	SI			NO			N.A	x			
<b>2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS:</b> Se realizaba programa de mantenimiento de equipos y se encontrado ese hallazgo que habia sido previamente informado.											





**Apéndice D. Plan de mantenimiento de la empresa**

PROGRAMA:		Mantenimiento equipos inspección y consultoría																				
OBJETIVO GENERAL						Realizar mantenimiento preventivo a los equipos utilizados en el área de inspección y consultoría																
NOMBRE DEL INDICADOR						META		FORMULA												PERIODICIDAD		
CUMPLIMIENTO						90%		(N° de actividades ejecutadas / N° de equipos programadas) * 100												TRIMESTRAL		
COBERTURA						90%		(N° de mantenimientos realizados a equipos programados en el trimestre / N° total de equipos incluidos en el programa de mantenimiento preventivo)*100												ANUAL		
EFICACIA						80%		(N° de equipos con mantenimiento correctivo / N° de equipos con mantenimiento preventivo)*100												TRIMESTRAL		
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																						
N°	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Ubicación	P/e	Ene	Feb	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic	%	Evidencia	Recursos	Observaciones	
1	ULTRASONIDO CONVENCIONAL	STRESSTEL	T-SCOPE III	M20645	BOGOTA	P	1											1	100%	DI0209-9F DI0209-7F	ECÓNOMICO HUMANO	
						E	1											1				