

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



Optimización en el proceso de calibración, mantenimiento preventivo y correctivo de instrumentos de medición y herramientas de poder para una empresa prestadora de servicios al sector minero aplicando las metodologías Just in Time y el ciclo PHVA, Arequipa 2023

Tesis presentada por el Bachiller:

Ramos Perez, David Alejandro

ORCID: 0009-0004-3980-402X

para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Asesor (a):

Mg. Valencia Becerra, Rolardi Mario

ORCID: 0000-0002-6641-0323

Arequipa – Perú

2024

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA INDUSTRIAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 29 de Mayo del 2024

Dictamen: 010275-C-EPII-2024

Visto el borrador del expediente 010275, presentado por:

2016800511 - RAMOS PEREZ DAVID ALEJANDRO

Titulado:

**OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y
CORRECTIVO DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y HERRAMIENTAS DE PODER PARA UNA
EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS AL SECTOR MINERO APLICANDO LAS METODOLOGÍAS
JUST IN TIME Y EL CICLO PHVA, AREQUIPA 2023**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO INDUSTRIAL

**29434502 - MURILLO QUISPE EFRAIN RAFAEL
DICTAMINADOR**



**29711324 - RIVERA CHAVEZ MARIA EUGENIA
DICTAMINADOR**



**40697050 - NIETO PEÑA VANESSA GLADYS
DICTAMINADOR**



Optimización en el proceso de calibración, mantenimiento preventivo y correctivo de instrumentos de medición y herramientas de poder para una empresa prestadora de servicios al sector minero aplicando

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.przetargi.info

Fuente de Internet

<1 %

2

www.buenastareas.com

Fuente de Internet

<1 %

3

bibliotecadigital.oducal.com

Fuente de Internet

<1 %

4

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

5

repositorio.ucsg.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

6

Submitted to Universidad de Lima

Trabajo del estudiante

<1 %

7

repositorio.uan.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

8

Submitted to Instituto Superior Tecnológico
Espíritu Santo

<1 %

DEDICATORIA

A Dios que es mi guía y fortaleza en este camino profesional.

A mi padre Hernán y mi madre Flor que son mi motivación para seguir adelante.

A toda mi familia que son un gran soporte y apoyo en mi vida



RESUMEN

La presente investigación fue realizada en una empresa prestadora de servicios de mantenimiento en el sector minero, donde se encontró como principal problemática el no contar con planes de mantenimiento preventivos ni correctivos para los instrumentos de medición y herramientas de poder, las cuales se encontraban distribuidas de forma errónea lo que originaba que se generen colas en los procesos de calibración y reparación, esto ocasionaba que muchas veces algunos instrumentos sean observados debido a que contaban con una fecha de calibración vencida y los procesos de producción de otras áreas resultaban observadas al realizar procedimientos con instrumentos y herramientas no inspeccionadas.

Cuando las herramientas eran observadas no eran atendidas de una forma correcta debido a que el personal no se encontraba capacitado para realizar mantenimientos, de la misma forma el personal que utilizaba los equipos desconocía como se utilizaban los mismos, con el plan de capacitación planteado se buscara que los mantenimientos sean de calidad y no exista reclamos por parte de los talleres.

Esta investigación es de tipo no experimental debido a que solo se plantearon propuestas de mejora las cuales buscaran optimizar los tiempos de atención de los instrumentos de 18 días a aproximadamente 12 días, los cuales dependerán del tipo de instrumento o herramienta que se intervenga.

Se aplicó una mejora en la distribución de los casi 1200 instrumentos de medición, la cual permitirá a la empresa poder realizar los procesos de calibración sin ningún inconveniente, además de ello se planteó el uso de los 3 de equipos de calibración los cuales ayudaran a reducir los gastos de calibración de los instrumentos que sean calibrados en el taller.

Para la tesis se aplicaron 2 metodologías como el ciclo PHVA y Just in Time, las cuales ayudaron a poder elaborar los planes de mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas e instrumentos de medición, ya que antes ninguno de los mencionados contaba con los planes y solo se atendían los equipos cuando fallaban, logrando obtener una mejora en la distribución de actividades y la reducción de gastos en casi S/ 53000 anuales.

La aplicación de las metodologías y las mejoras que se aplicaron en los distintos procedimientos resultó positiva ya que se obtuvo una ratio de 1.10, es decir que por cada sol invertido en la propuesta de mejora se espera un retorno de 1.10 soles, por lo cual permitirá que las propuestas de mejora puedan ser implementadas sin ninguna dificultad.

Palabras clave: Calibración, instrumentos de medición, herramientas de poder, ciclo PHVA, metodología Just in Time, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo

ABSTRACT

This research was conducted in a company that provides maintenance services in the mining sector, where the main problem was found to be the lack of preventive and corrective maintenance plans for measuring instruments and power tools, which were distributed incorrectly, which caused queues to be generated in the processes of calibration and repair, this often caused some instruments to be observed because they had an expired calibration date and the production processes of other areas were observed when performing procedures with instruments and tools that were not inspected.

When the tools were observed, they were not attended correctly because the personnel were not trained to perform maintenance, and the personnel who used the equipment did not know how to use it. The training plan proposed will ensure that maintenance is of high quality and that there are no complaints from the workshops.

This is a non-experimental research because only proposals for improvement will be made, which will seek to optimize the attention times of the instruments from 18 days to approximately 12 days, which will depend on the type of instrument or tool to be intervened.

An improvement in the distribution of the almost 1200 measuring instruments was applied, which will allow the company to carry out the calibration processes without any inconvenience, in addition to this, the use of the 3 calibration equipment was proposed, which will help to reduce the calibration expenses of the instruments that are calibrated in the workshop.

For the thesis we applied two methodologies such as the PHVA cycle and Just in Time, which helped to develop plans for preventive and corrective maintenance of tools and measuring instruments, as before none of the above had the plans and only attended the equipment when they failed, achieving an improvement in the distribution of activities and reducing costs by almost S / 53000 per year.

The application of the methodologies and the improvements that were applied in the different procedures were positive since a ratio of 1.10 was obtained, that is to say that for each sol invested in the improvement proposal, a return of 1.10 soles is expected, which will allow the improvement proposals to be implemented without any difficulty.

Key words: Calibration, measuring instruments, power tools, PHVA cycle, Just in Time methodology, preventive maintenance, corrective maintenance.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE.....	vi
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad de la problemática	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.2.1.Problema General.....	2
1.2.2.Problemas Específicos	2
1.3. Objetivos de la Investigación.....	3
1.3.1.Objetivo general	3
1.3.2.Objetivos específicos	3
1.4. Justificación	3
1.4.1.Justificación práctica.....	3
1.4.2.Justificación Económico	3
1.4.3.Justificación Profesional, Académica y/o Personal	3
1.5. Delimitaciones	3
1.5.1.Delimitación espacial.....	3
1.5.2.Delimitación temporal	4
1.5.3.Delimitación temática	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.7. Variables e indicadores	4
1.7.1.Variables	4
1.7.2.Operacionalización de las variables.....	4
1.8. Aspectos metodológicos de la investigación	5
1.8.1.Diseño de la investigación	5
1.8.2.Tipo de investigación.....	5

1.8.3. Procesamiento de la información	6
1.9. Población de estudio:	6
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la Investigación	7
2.1.1. Internacionales	7
2.1.2. Nacionales	8
2.1.3. Locales	10
2.1.4. Marco conceptual	10
CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO	26
3.1. Descripción la situación actual	26
3.2. Análisis modo y efecto de fallas	29
3.3. Pérdidas económicas por los problemas	33
3.4. Alternativas de solución	42
CAPÍTULO IV. PROPUESTA DE MEJORA	43
4.1. Propuesta por problema	43
4.2. Cronograma de la Propuesta Aplicando la metodología PHVA	43
4.3. Mantenimiento con enfoque en la metodología JIT	45
4.4. Desarrollo de la Propuesta de Mejora	47
4.4.1. Etapa Planificar	47
4.4.2. Etapa Hacer	49
4.4.3. Etapa Verificar	86
4.4.4. Etapa Actuar	89
CAPÍTULO V. VIABILIDAD ECONÓMICA	91
5.1. Costos de la propuesta de mejora	91
5.1.1. Costo plan de mantenimiento preventivo de instrumentos de presión	91
5.1.2. Costo plan de mantenimiento preventivo de instrumentos de longitud	91
5.1.3. Costo plan de mantenimiento preventivo de instrumentos de temperatura	92
5.1.4. Costo plan de mantenimiento de instrumentos de fuerza	93
5.1.5. Costo plan de mantenimiento de instrumentos de flujo	93
5.1.6. Costo plan de mantenimiento preventivo de herramientas de poder (Hidráulicas, neumáticas y eléctricas)	94
5.2. Beneficios de las propuestas	94
5.2.1. Ahorro plan de mantenimiento de presión	94
5.2.2. Ahorro plan de mantenimiento de instrumentos de longitud	95

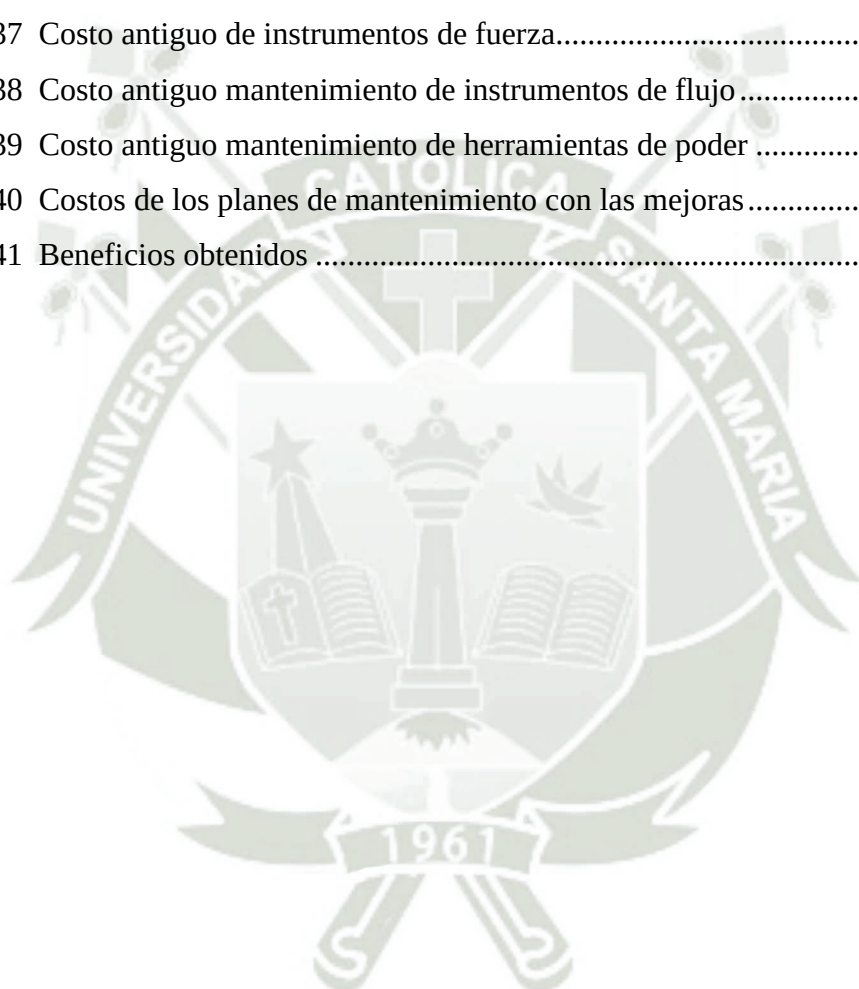
5.2.3. Ahorro plan de mantenimiento de instrumentos de temperatura	96
5.2.4. Ahorro plan de mantenimiento de instrumentos de fuerza	97
5.2.5. Ahorro plan de mantenimiento de instrumentos de flujo.....	97
5.2.6. Ahorro plan de mantenimiento de herramientas de poder	98
5.3. Análisis Beneficio/costo	98
CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES	101
ANEXOS.....	102
REFERENCIAS	112



LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de las variables	4
Tabla 2	Lista de instrumentos mapeados.....	26
Tabla 3	Tabla de instrumentos que se compraron y reemplazaron desde enero hasta setiembre del 2023	28
Tabla 4	Lista de instrumentos tratados como urgente durante el 2023	34
Tabla 5	Tabla resumen de costos de calibración anual	35
Tabla 6	Costo de instrumentos nuevos	36
Tabla 7	Costo total de instrumentos reemplazados en 2023	36
Tabla 8	Costo anual de mano de obra para realizar envió de instrumentos y las verificaciones en el taller de mantenimiento.....	36
Tabla 9	Equipos usados para calibrar en taller	37
Tabla 10	Costo de materiales por envió de instrumentos anual	37
Tabla 11	Costo por transporte de instrumentos proveedor local y nacional	37
Tabla 12	Envíos realizados por error.....	37
Tabla 13	Tabla de listado de compras de herramientas de poder que se hicieron desde mayo hasta octubre del 2023.....	39
Tabla 14	Instrumentos enviados por el área de logística desde junio a diciembre del 2022	40
Tabla 15	Lista de instrumentos únicos	41
Tabla 16	Cuadro resumen de costos del 2023	41
Tabla 17	Tabla de alternativas.....	42
Tabla 18	Propuesta por problema.....	43
Tabla 19	Cronograma de aplicación del ciclo PHVA	44
Tabla 20	Matriz de objetivos	48
Tabla 21	Proceso calibración de instrumentos de presión.....	53
Tabla 22	Proceso de calibración instrumentos de longitud	59
Tabla 23	Proceso de calibración de torquímetros.....	65
Tabla 24	Proceso calibración instrumentos de temperatura	71
Tabla 25	Proceso calibración de instrumentos de flujo.....	76
Tabla 26	Proceso de mantenimiento preventivo de herramientas de poder	81
Tabla 27	Plan de capacitación de personal	90
Tabla 28	Costo H-H mantenimiento preventivo instrumentos de presión	91
Tabla 29	Costo mantenimiento preventivo instrumentos de longitud.....	92

Tabla 30	Costo mantenimiento preventivo instrumentos de temperatura	92
Tabla 31	Costo mantenimiento preventivo instrumentos de fuerza	93
Tabla 32	Costo mantenimiento preventivo instrumentos de flujo.....	94
Tabla 33	Costo plan mantenimiento preventivo herramientas de poder	94
Tabla 34	Ahorro plan de mantenimiento de instrumentos de presión.....	95
Tabla 35	Costo antiguo mantenimiento instrumentos de longitud	96
Tabla 36	Costo antiguo de instrumentos de temperatura	96
Tabla 37	Costo antiguo de instrumentos de fuerza.....	97
Tabla 38	Costo antiguo mantenimiento de instrumentos de flujo.....	97
Tabla 39	Costo antiguo mantenimiento de herramientas de poder	98
Tabla 40	Costos de los planes de mantenimiento con las mejoras.....	98
Tabla 41	Beneficios obtenidos	99



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Pareto	1
Figura 2 Modelo Software FastCalXP	19
Figura 3 Manómetro digital XP2i.....	19
Figura 4 Sistema de calibración CrystalCalHP	20
Figura 5 Análisis Modal de Fallos y Efectos (A.M.F. E.).....	30
Figura 6 Análisis Modal de Fallos y Efectos (A.M.F. E.).....	32
Figura 7 Instrumentos de presión	51
Figura 8 Dashboard de instrumentos	51
Figura 9 Dashboard de instrumentos	52
Figura 10 Manómetro	54
Figura 11 Proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de presión	55
Figura 12 Instrumento de medición de longitud.....	57
Figura 13 Dashboard de instrumentos de longitud.....	58
Figura 14 Proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de longitud.....	61
Figura 15 Instrumento de torque	63
Figura 16 Dashboard instrumentos de torque.....	64
Figura 17 Proceso de calibración de instrumentos de fuerza	67
Figura 18 Instrumento de temperatura.....	69
Figura 19 Dashboard de instrumentos de temperatura	70
Figura 20 Proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de temperatura	72
Figura 21 Instrumento de flujo	74
Figura 22 Dashboard plan flujómetros	74
Figura 23 Proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de flujo	77
Figura 24 Herramienta de poder	79
Figura 25 Cronograma de recojo de instrumentos.....	86
Figura 26 Dashboard instrumentos calibrados/instrumentos programados.....	87
Figura 27 Equipo de calibración de temperatura.....	88
Figura 28 Llave hidráulica dañada	89

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Certificado de verificación de instrumentos de presión.....	102
Anexo 2 Certificado de calibración torquímetro	104
Anexo 3 Informe fuera de servicio de herramienta de poder	105
Anexo 4 Informe de inspección de una herramienta de poder	107
Anexo 5 Informe de verificación instrumentos de temperatura	108
Anexo 6 Informe de verificación de instrumentos de flujo	109
Anexo 7 Formato registro de capacitación	110
Anexo 8 Formato de mantenimiento de instrumentos y herramientas de poder	111



INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo y correctivo en la industria es muy importante ya que permite alargar la vida útil de máquinas, herramientas, etc. Es importante para una empresa poder contar con planes de mantenimiento preventivos y correctivos, ya que al contar con ello permitirá que los procesos se realicen de forma segura y se obtengan resultados de calidad con la finalidad de lograr la satisfacción del cliente final.

La investigación contará con 5 capítulos en los cuales se analizarán los siguiente:

Capítulo I: Se describirá la problemática principal la cual es que las herramientas e instrumentos no cuentan con un plan de mantenimiento lo que ocasiona retrasos y sobrecostos en las calibraciones, se plantearán los principales objetivos de la investigación los cuales buscarán solucionar el problema de no contar mantenimiento y se describirán las variables de la investigación.

Capitulo II: Se desarrollará el marco teórico el cual ayudará a poder conocer los conceptos que se encontraran a lo largo de la investigación, con el objetivo de que la tesis de investigación pueda entenderse sin ninguna dificultad y permitiendo que sea más fácil de analizar.

Capitulo III: Diagnóstico del problema, se realizará la propuesta de las soluciones para cada problemática encontrada, se plantearán las soluciones desde matrices las cuales podrán permitir identificar los principales problemas y poder encontrar las soluciones correspondientes, permitiendo poder plantear diferentes propuestas de mejora que ayuden a eliminar la principal problemática.

Capitulo IV: Se describirán cada una de las propuestas de mejora que buscarán optimizar los procesos de calibración y mantenimiento de los instrumentos y herramientas de poder, se describirán detalladamente los procedimientos, datos técnicos, actividades del personal a cargo, mediante una matriz se brindara información de los tiempos que demorara nuevo proceso con la propuesta de mejora.

Capitulo V: Se analizarán los costos y beneficios que se obtendrán de cada de una de las propuestas de mejora que se plantean, se describirán detalladamente los costos de las propuestas de mejora y se realizara una comparativa con los costos que se tenían antiguamente para así poder hallar el beneficio que se obtendrán de las diferentes propuestas de mejora, y finalmente mediante el análisis B/C determinar si las propuestas de mejora resultaran viables.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

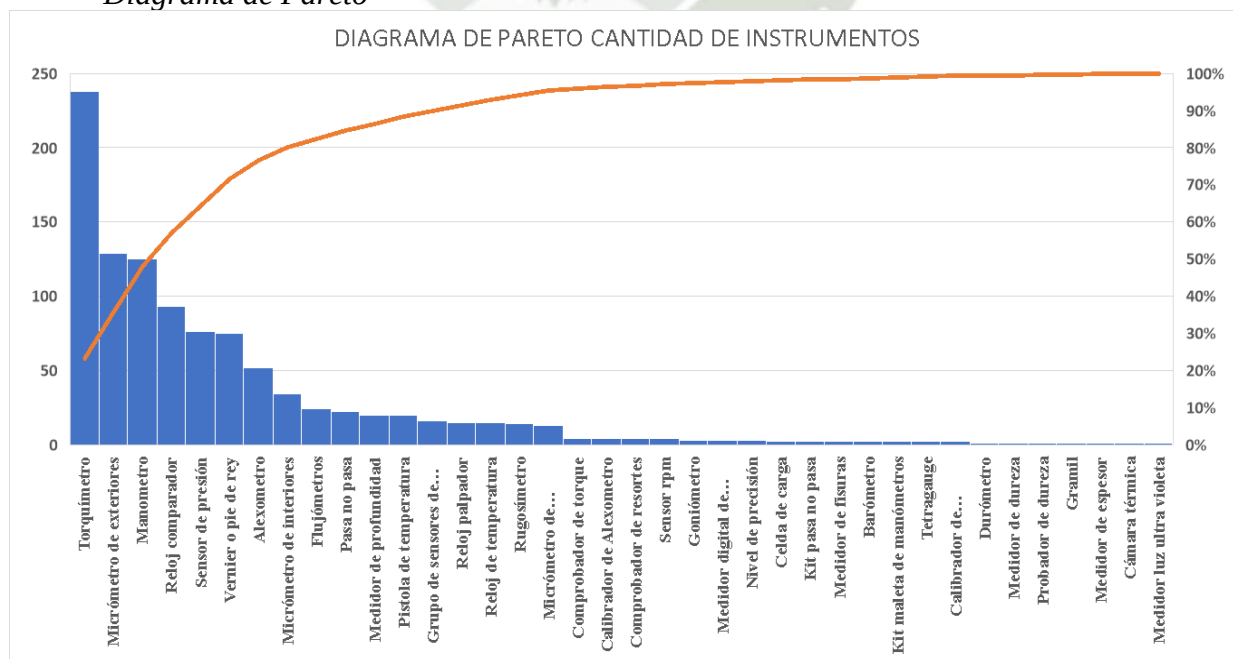
1.1. Descripción de la realidad de la problemática

La empresa en la cual se realizó la investigación actualmente presta servicios de atención mecánica al sector minero, el área la cual se analizó es la parte logística en el proceso de calibración, mantenimiento preventivo y correctivo tanto de instrumentos como herramientas de poder.

La problemática está presente por ejemplo cuando los trabajadores desean retirar los instrumentos y herramientas de sus áreas de trabajo, sin embargo, dada la baja disponibilidad de estas tienen que recurrir a otras áreas, esto genera gran demora en su trabajo trayendo consigo pérdidas económicas y retraso en la atención a las empresas mineras con las cuales se tiene convenios.

Los instrumentos y herramientas no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo ni correctivo por lo que cuando fallan estos no son reparados de una forma eficiente, y son atendidos al criterio del personal de mantenimiento mas no basando en un plan de mantenimiento preventivo o correctivo, existen instrumentos que son críticos en la empresa es por ello por lo que se tomó más importancia a aquellos que miden las magnitudes de longitud, temperatura, fuerza, flujo, dentro de ellos el grupo que más importancia se debería de tomar son los torquímetros.

Figura 1
Diagrama de Pareto



Además de ello se encuentra inconvenientes como por ejemplo el estado en que las herramientas de poder retornan luego de su mantenimiento correctivo, esto debido a que este fue mal realizado generando en la empresa un doble costo de reparación y muchas veces esta se ve forzada a adquirir una herramienta nueva, esta problemática trae como resultado un trabajo inseguro en los trabajadores, generando molestias y demoras para cumplir los objetivos mensuales que se tienen que cumplir.

Los tiempos de atención son amplios y mayores a lo debido producto de una mala gestión y manejo administrativo al momento de realizar las órdenes de compra para que el proveedor pueda proceder con la atención tanto de calibración como mantenimiento, generando demoras las cuales no permiten que se cumpla el objetivo que la empresa plantea con cada atención, generando esto demora en la atención de componentes mayores.

El control de inventarios de instrumentos y herramientas que se tienen como respaldo es prácticamente nulo ya que se desconoce la cantidad de los mismos que se tienen en almacén, generando problemas debido a que muchas veces se realizan compras innecesarias debido a la falta de un stock controlado.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

- ¿Cómo será la optimización de los procesos de calibración, mantenimiento preventivo y correctivo de instrumentos de medición y herramientas de poder aplicando las metodologías Just in Time y el ciclo PHVA?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo será el diagnóstico de los tiempos en el proceso de calibración, mantenimiento preventivo y correctivo de instrumentos y herramientas?
- ¿Cómo será la identificación de las principales fallas en el proceso de recojo y envío de instrumentos y herramientas a los proveedores?
- ¿Cómo será la optimización de los procesos de calibración y mantenimiento basándonos en las oportunidades de mejora utilizando las metodologías Just in time y el ciclo de PHVA?
- ¿Cuál será el resultado de la evaluación de la propuesta en base al criterio costo/beneficio?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general

- Optimizar los procesos de calibración, mantenimiento preventivo y correctivo de instrumentos de medición y herramientas de poder para una empresa de servicios al sector minero aplicando las metodologías Just in Time y el ciclo PHVA.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico sobre los tiempos en el proceso de calibración, mantenimiento preventivo y correctivo de instrumentos y herramientas realizados en la sede de la empresa y en la sede del proveedor.
- Identificar las principales fallas en el proceso de recojo y envío de instrumentos y herramientas a los proveedores, así como la calibración realizada por la empresa.
- Optimizar los procesos en base a las oportunidades de mejora detectadas usando las metodologías Just in Time y el ciclo de PHVA
- Evaluar la propuesta de optimización en base al criterio del costo/beneficio

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación práctica

La presente investigación tiene como finalidad de traer mejoras respecto a los procesos de calibración, así como a los mantenimientos que efectúa la empresa, buscando una mejora en los tiempos y en los gastos en los que se incurre.

1.4.2. Justificación Económico

Esta investigación tiene la finalidad de buscar el beneficio económico de la empresa realizando una mejora a sus procesos de calibración, con ello se esperaría buscar reducir los costos extras por un trabajo mal realizado luego de que las herramientas o instrumentos regresan a sus áreas de trabajos, siendo estas calibradas o reparadas por el proveedor asignado.

1.4.3. Justificación Profesional, Académica y/o Personal

Esta investigación servirá al tesista para aplicar lo aprendido en los años de estudio y así poder obtener el título de Ingeniero Industrial.

1.5. Delimitaciones

1.5.1. Delimitación espacial

La investigación se realizará en el distrito de la Joya, provincia de Arequipa ubicada en la región de Arequipa.

1.5.2. Delimitación temporal

La investigación se llevará a cabo en un periodo de 5 meses aproximadamente abarcando todos los apartados requeridos por la investigación.

1.5.3. Delimitación temática

- **Campo:** Ingenierías Físicas y Formales
- **Área:** Ingeniería Industrial
- **Línea:** Mejora de procesos

1.6. Hipótesis

Es posible que aplicando las metodologías Just in Time y el ciclo PHVA se optimizan los procesos de calibración, mantenimiento preventivo y correctivo de instrumentos de medición y herramientas de poder para una empresa prestadora de servicios al sector minero.

1.7. Variables e indicadores

1.7.1. Variables

1.7.1.1. Variable Independiente

- Metodología Just in Time
- Ciclo de PHVA

1.7.1.2. Variable dependiente

- Proceso de calibración
- Mantenimiento preventivo y correctivo

1.7.2. Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

Variable		Dimensiones	Indicadores
Independiente	PHVA	Planificar	Distribución mensual de instrumentos para atención
		Hacer	Aplicación del plan diseñado
		Verificar	Control de instrumentos y herramientas que fueron atendidas
	Just in Time	Analizar	Analizar el cumplimiento del plan elaborado
		Optimizar	Tiempo en devolver el instrumento a su área de trabajo
		Almacenaje	Control de inventarios
		Tiempos de espera	Tiempo de espera de los trabajadores
	Calibración	Rendimiento proveedores	Calidad del servicio brindado
		Tiempo de calibración	Tiempo de calibraciones mensuales
		Calidad de la calibración	Resultados del contraste de cada instrumento calibrado

Dependiente		Costo de calibración	Costo promedio ofrecido por cada proveedor
		Logística	Prioridad de atención
	Mantenimiento preventivo y correctivo	Herramientas e instrumentos óptimos	Estado en que retornan las herramientas e instrumentos
		Tiempo de espera	Tiempo de atención de los proveedores
		Inversión	Costo beneficio que ofrece cada proveedor
		Calidad del mantenimiento	Cantidad de herramientas e instrumentos que aplican garantía

Nota. Elaboración propia.

1.8. Aspectos metodológicos de la investigación

1.8.1. Diseño de la investigación

Según lo mencionado en el libro de metodología por Hernández (2014), la presente investigación será no experimental porque no buscará modificar las variables, sino que buscará evaluar la viabilidad de la propuesta de mejora y un mejor plan de mantenimiento de instrumentos y herramientas.

1.8.2. Tipo de investigación

El presente trabajo será de tipo descriptivo porque se detallará la situación actual de los procesos de calibración y mantenimiento de los instrumentos y herramientas, así como cómo sería la potencial propuesta de mejora del mantenimiento, manejo administrativo en base a las metodologías Just in Time y PHVA.

Según el autor Hernández (2014) las investigaciones de tipo descriptiva son aquellos estudios que buscan mostrar las especificaciones o las características que mas resaltan de cualquier tema o fenomeno que se analizara, en pocas palabras es aquella investigacion que recopila informacion sobre conceptos de un tema planteado.

Técnicas e instrumentos

- Técnicas
 - Observación directa
 - Análisis documental
 - Entrevistas al personal involucrado
- Instrumentos
 - Guía de observación directa
 - Guía de observación documental
 - Guía de entrevista semiestructurada

1.8.3. Procesamiento de la información

El software que se utilizara para la investigación será Excel y se mostrara evidencia grafica del uso del SAP

1.9. Población de estudio:

El estudio se enfocará en el área de mantenimiento, referido a la recepción y envío de los procesos de calibración y mantenimiento de los instrumentos de medición y herramientas de poder.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Internacionales

Badillo y Cetre-Nolivos (2018): *“Uso de la metodología “Justo a tiempo” en las empresas de servicios”*, Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Quito - Ecuador.

La revista analiza la metodología Just in Time y como es aplicada en diversas empresas, principalmente en empresas que brindan servicios. El aporte que brinda esta investigación sirve para poder aprovechar esta metodología al 100% ya que muestra los beneficios como el minimizar los costos utilizando al máximo todos los recursos que la empresa a la cual se brindara el servicio brinda. Además de ello la revista dará una base sólida de todos los conceptos que se deben conocer respecto a la metodología mencionada previamente como por ejemplo los 6 principales objetivos de dicha metodología que será la base para desollar el proyecto de tesis.

Leon (2020): *“Diseño y guía de implementación de un sistema gestor de inventarios bajo la filosofía Just in Time para la empresa Vitroalum S.A.S”*; Universidad Antonio Nariño; Boyacá - Colombia.

Este trabajo muestra la mejor forma de poder implementar los diversos tipos de filosofía que existen para el manejo de inventarios, en este caso toma como referencia la metodología just in time debido a que la empresa en que la aplica no cuenta con un sistema para el manejo de sus inventarios, caso que sucede de una forma parecida en la empresa donde se quiere optimizar los procesos de envío para calibración, mantenimiento de instrumentos y herramientas de poder.

Los beneficios que se obtienen al final son óptimos y se puede evidenciar la importancia de conocer los detalles sobre lo que implica usar este tipo de metodología.

Mollano y Villamil (2020): *Análisis del ciclo PHVA en la gestión de proyectos, una revisión documental*; Revista Politécnica; Colombia.

Esta investigación que es descrita en la Revista menciona los beneficios que han traído consigo el utilizar diversas metodologías, principalmente la de PHVA, menciona además de ello que muchas de las metodologías que son usadas, pueden obtener hasta un resultado a corto plazo, lo cual traería un beneficio considerable para cualquier empresa que busca mejoras en sus procesos.

2.1.2. Nacionales

Lara (2019): *“PHVA y costos de inventario en la empresa IMD Industrial S.A.C., Lima 2019”*; Universidad Cesar Vallejo; Lima-Perú.

La siguiente tesis muestra el beneficio que trae consigo implementar esa metodología respecto al aspecto de inventarios, otro de los objetivos es ver cómo se relacionan tanto el ciclo PHVA con los costos de inventario y como esta metodología trae consigo una mejora continua en los procesos.

Como resultado final el tesista presenta la conclusión que ambos aspectos tanto costos de inventarios como la metodología PHVA si guardan una enorme relación dando a entender por qué esta metodología es muy importante para cualquier sector.

Gomez y Lazo (2022): *“Aplicación de técnicas Lean Manufacturing en la cadena de suministro de una empresa de conservas de pescado”*; Universidad Tecnológica del Perú; Lima-Perú.

La siguiente tesis nos brindara una base respecto al abastecimiento de suministros y al proceso de producción que la empresa tiene, en los cuales se identificaron 3 problemas de los cuales uno de ellos era el exceso en los inventarios y el retraso en la entrega de los pedidos al cliente final, esta tesis tiene relación con el proyecto de investigación ya que se busca tener una mejora en los tiempos del proceso de envío y recojo de instrumentos al momentos de enviarlos a calibrar, debido a que se busca tener una tolerancia máxima de 14 días los cuales no se vienen cumpliendo ya que el plan que se tiene no es del todo optimo, es por eso que con la metodología Just in Time descrita en la tesis permitirá tener un mejor manejo del inventario de dichos instrumentos. Además de ello los resultados muestran una mejora en el aumento de un 5% de cumplimiento en la entrega del producto final al cliente y se muestra una reducción en los excesos de los inventarios.

Guillen (2017): *“Implementación de un modelo de mejora continua en el PHVA en el proceso de suministros para incrementar la puntualidad en la entrega de los materiales en una Empresa Siderúrgica de Ancash en Perú”*; Universidad Privada del Norte; Trujillo-Perú.

La tesis nos brinda el aporte de cómo podemos utilizar la metodología PHVA para la mejora en el proceso de suministros, principalmente hace referencia a los tiempos de entrega de los materiales y repuestos que la empresa maneja, además de ello muestra como opción el trabajar con proveedores homologados, hace referencia a la problemática que se planteara en el proyecto de tesis referente a los tiempos de entrega de las herramientas a las diversas áreas

de trabajo las cuales presentan un retraso en los tiempo perjudicando drásticamente a los trabajadores de las diversas áreas. Los resultados muestran una mejora hasta en un 89% como indicador de cumplimiento mostrando así satisfacción del área de suministros hasta con una mejora del 20%.

Castillo (2021): *Implementación de la Metodología PHVA para incrementar la Productividad en el área de Almacén de la empresa INET S.A.C.*; Universidad Cesar Vallejo; Lima-Perú.

El trabajo de investigación hace referencia a las ordenes que serán atendidas en el transcurso de 30 días, mostrando un retraso ya se emitiendo las guías de remisión o con el mismo manejo de los inventarios de la empresa. El aporte al proyecto de tesis se ira centrado a los tiempos de atención que se maneja en el almacén de mantenimiento respecto al almacenamiento de instrumentos de medición y herramientas de poder, teniendo como principal objetivo tener mejores tiempo de atención y entrega al personal a cargo de cada instrumento o herramienta, se puede evidenciar los resultados finales que muestra el autor con una mejora en la producción de hasta 40% los cuales reflejan que el empleo de esta metodología y con su uso correcto traerán consigo un alto beneficio a la empresa.

Huarancca (2022): *Benchmarking y competitividad en empresas de servicios de calibración de equipos de laboratorio acreditados por INACAL, Lima, 2021.*; Universidad Cesar Vallejo; Lima-Perú.

La siguiente tesis va enfocada a las diversas estrategias que utilizan diversas empresas como Benchmarking, estrategias de calidad , productividad y de administración, en los servicios de calibración de equipos de laboratorio, además de ello muestra la competitividad que existe hoy en las diferentes empresas que brindan este servicio, es por ello que nos permitirá conocer de una mejor manera a como tomar la mejor decisión a la hora de elegir al mejor proveedor para los diversos servicios de calibración basándonos en los tiempos de cumplimiento y en los costos que implican dichos procedimientos. Los resultados estadísticos que muestran son positivos ya que existe una correlación alta ($r=0,718$ y $p=0,000$) entre benchmarking y competitividad en empresas, quiere decir que aplicar esta estrategia es de suma importancia para poder alcanzar el éxito sobre la competencia.

2.1.3. Locales

Carpio (2021) *Propuesta de mejora para la gestión de la cadena de suministro mediante la metodología Lean Supply Chain tomando el caso de estudio para la empresa C&P Industrial and Mining Supplies S.A.C. del sector minería*; Universidad Católica de Santa María; Arequipa-Perú.

La tesis nos permitirá analizar de una forma más exhaustiva de las diversas herramientas que se aplican para el manejo de inventarios y mejora en la cadena de suministros, en la tesis nos muestra el costo-beneficio que trae la aplicación de las diversas herramientas utilizadas por la metodología Lean Supply Chain, además de ello nos muestra como resultado final un valor de 1.47 el cual indica la factibilidad de esta mejora que se quiere implementar mediante la aplicación de las herramientas Lean.

Esta tesis ayudara a poder tener una base de cómo se debe de aplicar las diversas herramientas, en el caso del proyecto de tesis la herramienta Just in Time.

2.1.4. Marco conceptual

2.1.4.1. Calibración

El uso constante de los instrumentos, los diferentes cambios de temperatura que se encuentran en las diferentes áreas de trabajo, hacen que las funciones de los mismos se vean afectadas a lo largo del tiempo. Lo que la calibración garantizará será tener instrumentos óptimos, una mejora constante en la calidad del producto final y permitirá la fiabilidad de los procesos que se realizan. (ConcreLab, 2023)

2.1.4.2. Ajuste

El ajuste es colocar la medida del instrumento con la menor desviación posible del valor que debería ser correcto, en este caso en el ajuste si se interviene directamente el equipo. (TESTO INDUSTRIAL SERVICES, s.f.)

2.1.4.3. Error

Según Moro Piñeiro (2000) el error en metrología es “La diferencia entre el resultado obtenido en una medición y el valor verdadero de la misma que es siempre desconocido”. (p.46)

2.1.4.4. Incertidumbre

La incertidumbre siempre se le asociara con una medida, también se puede decir que la incertidumbre es la semi-amplitud de un intervalo de datos definidos previamente, que se centrara sobre un valor numérico definido de la medida. (Moro Piñeiro, 2000)

2.1.4.5. Medición

La medición no es más que la comparación de una magnitud dada contra otra que se tomara como referencia, a través de esta medición se alcanzaran resultados numéricos. (Moro Piñeiro, 2000).

2.1.4.6. INACAL

El mismo Sistema Nacional de la Calidad (INACAL, 2021) ostenta el cargo de máxima autoridad técnico-reguladora en la materia, estableciendo el Sistema Nacional para la Calidad y el Instituto Nacional de la Calidad en julio de 2014.

Con miras al crecimiento y competitividad de las actividades económicas, así como a la protección del consumidor, INACAL tiene como misión promover y velar por el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad; es un Organismo Público Técnico Especializado, adscrito al Ministerio de la Producción, con personería jurídica de derecho público e independencia administrativa, funcional, técnica, económica y financiera, el cual menciona como objetivo desarrollar servicios de Infraestructura de Calidad y promover su uso por parte de entidades públicas, privadas y académicas, de manera confiable, accesible y técnicamente competente; contando con las mismas facultades de normalización, acreditación y metrología y ejerce sus funciones de conformidad con los términos del Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio de la Organización Mundial del Comercio (OMC) y los acuerdos internacionales y de integración en la materia de los que el Perú es parte.

De manera similar, INACAL (2021) apoya una cultura que ayuda en la adopción de prácticas de gestión de calidad en la nación y ayuda a mejorar la competitividad empresarial, la eficacia del gobierno y la protección del público y el medio ambiente. El Consejo Nacional para la Calidad ha aprobado la política, planes y objetivos que seguirá INACAL y está sujeto al marco normativo.

2.1.4.7. Metrología

Como define Gallegos (2019) es la ciencia de medir pesos y medidas, así como las unidades que se han adoptado y las herramientas que se utilizan para crearlas e interpretarlas; incluye muchas áreas, incluida la metrología térmica, eléctrica, acústica y tridimensional; sirve como base para el diseño mecánico, la investigación y el desarrollo de productos tecnológicos, la fabricación, la evaluación de la calidad y el control de los parámetros del proceso de fabricación y montaje, como la presión, la temperatura y otros.

2.1.4.8. Métodos de calibración

Según Masstech (2010) indica que la norma ISO 17025 establece que dentro de la emisión de los certificados de calibración se tenga información de los métodos que se han aplicado, la misma norma es la que exige que se tenga una subdivisión de los métodos:

- Normalizados:

Este método se puede encontrar en documentos de las diferentes normas que se utilizan o aplican al momento de realizar la calibración de instrumentos.

- No normalizados:

Es el método en el cual se acude a documentos no normalizados y que son aceptados por el usuario

- Desarrollados por laboratorios:

Consiste en los métodos que los mismos laboratorios diseñan cuando no se encuentra documentación normalizada que puedan cubrir los servicios de calibración solicitados por el cliente.

2.1.4.9. Tipos de Calibración

Según Masstech (2010) existen diversos tipos de calibración tanto para equipos de laboratorio como para equipos industriales, uno de los métodos que más énfasis se hace es en el de comparación directa, además de ello se tienen los siguientes:

- Calibración por comparación directa

Es la comparación que realiza con un valor obtenido por el equipo a calibrar y el valor que se obtiene de un patrón, tiene como principal objetivo poder mostrar la coincidencia entre ambos valores, además de ello es muy importante que los instrumentos patrones se dé una alta calidad para que el proceso sea de calidad.

- Calibración por sustitución

En este proceso de calibración lo que se utilizara es un instrumento auxiliar que servirá como un comparador con el cual primero se verificara el patrón para posteriormente hacer la medición del instrumento.

- Calibración por transferencia

Es aquel proceso cuando un instrumento se calibrará mediante un patrón y a la vez este con otro patrón uno de los ejemplos que se señalan es la calibración de los multímetros.

- Calibración por equilibrio

Para este proceso de calibración se requiere un detector de nulos con el cual será viable poder comparar la igualdad que existe entre el instrumento y el patrón que se calibrará.

- Calibración por simulación

Es el proceso donde se realiza una simulación del equipo que será sometido a el proceso de calibración basándose en los modelos que tendrán respuesta contra estímulos.

- Calibración por reproducción

Se utilizará un patrón que reproducirá a la magnitud como por ejemplo resistores eléctricos.

- Calibración por puntos fijos

Para este proceso de calibración se deberá de utilizar un patrón que el cual realizará una derivada o en todo caso una constante fundamental el cual será obtenida por la reproducción tanto de fenómenos físicos como químicos.

2.1.4.10. Estrategias de mantenimiento

Según EMAINT (2022) una estrategia de mantenimiento no es más que un enfoque a que se asegure que los equipos siempre tendrán el mejor rendimiento posible y los resultados que se obtengan sean fiables. Se tienen 4 estrategias dentro del mantenimiento:

- Mantenimiento reactivo (MR)

Es ese mantenimiento que se realiza a los activos de los equipos después de que fallen, si bien este mantenimiento ayudara a reducir los costos, este mantenimiento a la larga puede afectar en los costos de producción.

- Mantenimiento preventivo (PM)

Este mantenimiento ayudara a que los equipos tengan una vida útil más extensa, además de ello este mantenimiento se realizara de acuerdo a como es el uso de los equipos, siguiendo una planificación ya elaborada previamente.

- Mantenimiento predictivo (PdM)

Este mantenimiento ayuda a predecir las fallas que tendrán los equipos, todo esto mediante un seguimiento constante del personal a cargo de cada equipo, con esto se puede reducir los tiempos de inactividad de los diversos equipos que se tienen en una empresa.

- Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM)

El principal objetivo que este mantenimiento tiene es que ningún equipo se encuentre detenido así su grado de falla sea crítico, se realiza un plan personalizado con la finalidad de poder incursionar en la estabilidad de cada componente.

2.1.4.11. Características del sector minero

Una de las principales ventajas que trae consigo el sector minero son:

- Es una principal fuente de recursos para todas las industrias humanas.
- Todos los materiales que logran ser extraídos de la mina, pueden ser comercializados.
- Ofrece a los demás países una enorme oportunidad de inversión
- Diversos convenios que se obtienen de empresas extranjeras que traerán consigo beneficios para el país.
- Es una de las principales fortalezas económicas dentro de cada país.

Todos estos beneficios se ven reflejados en todos los proyectos de mejora que se llevan a cabo con la finalidad de beneficiar a la población. (Grupo Casa Lima, 2023)

2.1.4.12. Mantenimiento en la industria minera

La gestión que se tiene respecto al mantenimiento o a los procesos mineros son de vital importancia ya que te permite o te garantiza el éxito a largo plazo en todas las planificaciones que se hayan realizado, todo este procedimiento se llega a corroborar o verificar mediante un control de calidad exhaustivo. (GERENS CONSULTORIA, 2020)

En mantenimiento dentro de la industria minera traerá consigo diversos beneficios tales como:

- Un mejor control de costos y presupuestos
- Una mejor asignación de recursos y planificación de trabajos
- El cumplir todas las normas
- Se logra minimizar el tiempo de inactividad o minimizar las pérdidas que se puedan generar.
- Se obtiene una mejora considerable en los equipos

2.1.4.13. Herramientas de Calidad

Las herramientas de calidad ayudaran a poder solucionar problemas que se presenten a lo largo de los diferentes procesos que se tienen establecidos dentro de una empresa, estas herramientas ayudaran a las empresas a poder superar diversas dificultades que puedan ocasionar pérdidas económicas, para poder aplicar todas estas herramientas de calidad se deberá tener el compromiso de todo el personal y deberán ser guiados por una persona que

conozca a profundidad el tema de las herramientas de calidad (Ruiz-Falco, 2009), tenemos las siguientes herramientas de calidad.

- Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto lo que te permite identificar es como un 80% de los problemas están producidos por un 20% de las causas, lo que se realiza es poder identificar esas pocas causas y eliminarlas por todos los problemas que vienen generando.

- Histograma

Esta herramienta dentro del mantenimiento fundamental ya que te permite tener un historial de las actividades que se realizaron a lo largo del periodo que se marque, te permite poder visualizar si tu objetivo es mejora de tiempos como es que tus indicadores van por buen camino o en donde precisamente necesitas realizar una mejora, y es más fácil poder identificar las fallas que hacen que los tiempos de atención se vean afectados.

- Los Check list

Esta herramienta es útil ya que permite tener un seguimiento minucioso y además de ello asegura que se realicen las actividades planteadas, dentro del mantenimiento esta herramienta es de vital importancia al momento de realizar una actividad, ya que te permite tener un procedimiento correcto ya sea antes durante o después de realizar alguna actividad en particular.

- Diagrama de causa y efecto

Esta herramienta relaciona todos los efectos de los procesos a realizas con sus respectivas causas. Normalmente esta herramienta de calidad se realiza en grupos de trabajo o grupos de calidad, y se ira realizando un listado de todas las causas.

- Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo es la herramienta que nos permitirá conocer los procesos que realizamos detalladamente, esto nos permite poder tener mayor conocimiento de los procesos que se realizan dentro de la empresa donde laboramos o los procesos que tenemos que analizar con la finalidad de buscar mejoras y evitar los fallos que generan gastos.

- Gráficos de control

Es una herramienta de calidad la cual ayuda a identificar los productos o la cantidad de productos defectuosos en los procesos, es uno de los controles que ayudan a evitar en futuras producción errores que se puedan evitar y solucionar.

2.1.4.14. Aplicación de herramientas de calidad en la calibración

Dentro del ámbito de la gestión de la calidad, la calibración de los instrumentos es una parte fundamental en un proceso de control de calidad. Esto se menciona ya que, al momento de realizar una calibración regular de los instrumentos, las empresas podrán minimizar los riesgos de que los productos que elaboran o los servicios que brindan estén fuera de las especificaciones que el cliente requiere, ya que normalmente cuando estas especificaciones no se cumplen los costos son elevados y además de ello los desperdicios generados serán muchos. También permitirá que los productos cumplan los estándares que la industria requiere lo cual es de mucha importancia para poder generar esa confianza que los clientes requieren (Gonzales, 2023)

2.1.4.15. Aplicación de herramientas de calidad en el mantenimiento

Dentro del mantenimiento industrial garantizar trabajos de calidad y cuyos resultados sean óptimos se deben aplicar necesariamente diversas herramientas de calidad y diversas metodologías que ayuden a realizar los procesos de manera correcta. (Toyos, 2023) Algunas de las herramientas que ayudaran a que el mantenimiento se realice de una forma óptima son las siguientes:

- Análisis de Modo y Efecto de Fallo (FMEA)

Este análisis tendrá una clasificación de acuerdo con su impacto, frecuencia y que tan fácil será detectarlo a tiempo. La ventaja que trae consigo esta metodología es que el equipo a cargo podrá identificar las fallas antes de tiempo y solucionando los problemas de manera óptima obteniendo como resultado la reducción de costos y la confiabilidad y satisfacción del cliente final.

- Análisis de los 5 porque

¿Es el análisis donde se buscará encontrar el inicio de los problemas mediante una secuencia de preguntas “Por qué?”. Este análisis dentro del mantenimiento ayudara a que los problemas recurrentes sean eliminados con mejoras.

- Diagrama de Ishikawa

Permite poder desglosar el problema o los problemas en una forma en que las soluciones a estos se encuentren de una forma más rápida y efectiva. Este diagrama trae consigo beneficios como por ejemplo a una mejor comprensión del proceso y obtener soluciones más rápidas y sobre todo útiles para la empresa.

- Mantenimiento Productivo total (TPM)

Este tipo de mantenimiento TPM busca que todo el personal se encuentre comprometido con la mejora de los procesos de mantenimiento, el TPM buscará integrar a todos los empleados generando así un clima donde exista responsabilidad y trabajo en equipo, lo que traerá a la larga beneficios como trabajos de alta calidad, eficiencia de los trabajadores y sobre todo la satisfacción de los mismos.

- Sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO)

Es un software que permite que las tareas se vean mejor planificadas, además de ello en la parte logística apoya con un mejor manejo de inventario al momento de requerir las piezas de repuesto, este sistema traerá consigo beneficios como evitar que existan tiempos muertos por espera de repuestos o paralizaciones de actividades y además la confianza del equipo mismo.

2.1.4.16. Mejora continua

En el mantenimiento la mejora continua es fundamental para cual proceso, ya que en todo momento lo que se busca es poder mejorar los procesos con la finalidad de que las fallas sean nulas o sean rápidamente atendidas (Toyos, 2023).

Dentro de estas metodologías de mejora continua tenemos las siguientes:

- Six Sigma

Esta metodología se centra en la mejora continua, es un enfoque que busca eliminar los defectos de un proceso por completo, el implementar esta metodología puede llevar a niveles de calidad sumamente superiores todo esto reduciendo las fallas y mejorando la eficiencia en general

- Kaizen

La palabra Kaizen de origen japonesa cuyo significado es Kai=cambio Zen=Bueno, esta palabra está asociada con todo lo que conlleva una mejora o realizar un cambio para mejorar. Esta metodología se origina por la necesidad de mejorar los procesos de producción de la industria automovilística japonesa, en concreto en la empresa Toyota, cuyos objetivos que tenían era poder tener una mejora considerable en la calidad, mejorar en los procesos productivos y eliminar aquellos pasos que no generaban valor al producto final. (Automantenimiento.net, 2023)

Hoy en día esta metodología se aplica a diversos sectores. La metodología Kaizen tiene una subdivisión de 7 sistemas los cuales son:

- Sistema de producción Toyota JIT (Just in Time)

- Gestión de la Calidad Total (TQM)
- Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- Sistema de grupos de trabajo
- Sistema de Sugerencias
- Planificación, control y evaluación de procesos
- Sistemas de costo Japones

2.1.4.17. Avances tecnologías en procesos de calibración

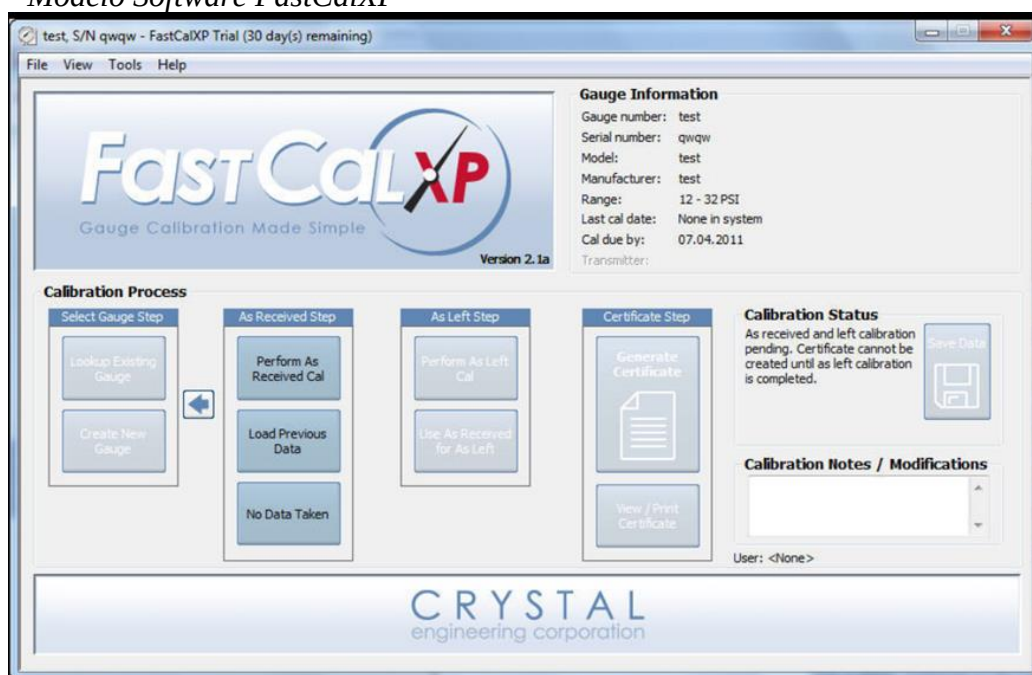
Es evidente que el sector industrial admite poder respaldar el control de calidad que se tienen a los procesos, ya que en todos estos intervienen las llamadas magnitudes físicas que tienen influencia en cada una de las etapas de los procesos cuyos efectos se pueden observar al final. Las magnitudes deberán ser medidas con la finalidad de que estas no afecten negativamente en los productos finales que ofrece la empresa.

Los instrumentos de medición, así como la confiabilidad de las medidas que se toman, estos a partir de nuevos softwares que permiten que estos procesos de medición y calibración de los mismos resulte más sencilla y más accesible a más personas (Hernández et al., 2020).

Hoy en día en la industria de la calibración se han desarrollado diversas mejoras que a lo largo de este tiempo lo único que ha traído consigo son mejores controles de calidad, generando así que los procesos hoy en día sean de mayor calidad, trayendo consigo un grado de aceptación alto por parte del consumidor final del producto

Algunos ejemplos de mejoras que se tienen por ejemplo en la calibración de manómetros existe un programa llamado “FastCalXP”, este software a diferencia de muchos permite una calibración de hasta de 10 puntos tanto de subida como de bajada en menos de 3 minutos lo que trae consigo grandes beneficios ya que hoy en día lo que se busca es una mejora en los tiempos, y este software trae consigo, además de ello al final el proceso de calibración este software ya te genera un certificado de calibración, permitiendo que el personal encargado de realizar este proceso no pierda tanto tiempo y pueda calibrar más instrumentos, reduciendo así los costos por tiempos perdidos en los procesos donde se tienen que retirar los manómetros para poder calibrarlos (AMATEK, 2023).

Figura 2
Modelo Software FastCalXP



Nota. Software de calibración de manómetros, AMATEK calibration

El software de calibración va juntamente con el manómetro digital XPi y con la bomba Amatek, todos estos juntos permiten que la calibración sea fácil de realizar, en menos tiempo y mucho más precisa, teniendo como resultado final que los procesos que se realicen tengan resultados óptimos y los costos se vean reducidos (AMATEK, 2023).

Figura 3
Manómetro digital XP2i



Nota, Manómetro digital XP2i que puede ser utilizado para calibrar manómetros de hasta 1500PSI, AMATEK calibration.

Figura 4
Sistema de calibración CrystalCalHP



Nota. Bomba Hidráulica para calibrar manómetros de hasta 15000 psi, AMATEK calibration.

2.1.4.18. Mejoras tecnologías en el mantenimiento

El desarrollo de la tecnología hoy en día viene abarcando varias áreas dentro de las empresas, una de ellas el área de mantenimiento, hoy en día la tecnología te ayuda a poder tener un análisis de datos más concretos, es decir el tipo de mantenimiento predictivo es el que entra con fuerza con la finalidad de poder sacar adelante los resultados de las empresas.

Los avances tecnológicos traen consigo muchas mejoras ya que permite tener un análisis de la información más certera. Estas mejoras que se van implementando día a día hacen que la empresa tenga una rentabilidad optima y sea competitiva en el mercado, permite un acceso a información más fácil de tal forma que todo el personal tenga conocimiento de los procesos que se vienen realizando.

El mantenimiento predictivo con todos estos avances se muestra hoy en día como una solución inminente, debido a que se podrán predecir las fallas o cuando exactamente la maquina fallara, reduciendo así los costos y evitando los tiempos de paradas de máquinas (INTEREMPRESAS, 2018).

2.1.4.19. Mejora en mantenimiento a instrumentos de medición

La instrumentación dentro de la industria ha sufrido diversos cambios a lo largo del tiempo, muchos de estos instrumentos ayudan a tomar decisiones dentro de los procesos que se realizan en el sector industrial.

Uno de los avances tecnológicos dentro del mantenimiento es la conectividad que tienen los instrumentos mediante la red de internet, en la cual permite que los registros de datos sean más rápidos y las tomas de decisiones se vean optimizadas, ya que lo que se quiere es poder reducir los tiempos y mejorar en la calidad de los procesos (CEIINC S.A.S, 2023).

Estos avances tecnológicos se pueden aprovechar en la industria de diversas formas ya que trae diversos beneficios como:

Se logran identificar las necesidades de la empresa

Permiten realizar una mejor investigación sobre las soluciones ante un problema

Es muy importante tener en cuenta que implementar nuevas tecnologías en una empresa se debe hacer gradualmente y sobre todo tener paciencia en el proceso de implementar estas tecnologías. (CEIINC S.A.S, 2023)

2.1.4.20. Mejora en mantenimiento a herramientas de poder

Las herramientas de poder dentro de la industria pueden llegar a ser uno de los activos más valiosos es por eso que el desarrollo de nuevas tecnologías para la mejora en el mantenimiento se han visto incrementadas, el uso del internet de las cosas, las conexiones digitales, permiten que el personal a cargo desarrolle habilidades que permitan poder adelantarse a las fallas, es decir el utilizar un mantenimiento predictivo ayudara a que las empresas puedan reducir costos y tiempos de espera por maquinas paradas.

Es muy importante el mantenimiento de estas herramientas por el uso constante y las circunstancias en que se usan, por ejemplo, la lubricación es de suma importancia para este tipo de herramientas ya que evitas que las piezas se sobrecalienten, se rocen y tengan un excesivo desgaste.

Otra de las verificaciones que se debe hacer en caso de las herramientas eléctricas, es verificar que todas las partes internas se encuentren totalmente operativas y además de ello verificar los carbones para descartar inmediatamente cualquier falla y realizar el mantenimiento de manera rápida y eficaz (Ferremayoreo Elizondo, 2022).

2.1.4.21. Metodología Just in Time

Como afirma García (2021) la Just in Time se encarga de la reducción o eliminación de inventarios, lo que disminuye la necesidad de espacio, aumenta el flujo de caja y, en un sentido más amplio, elimina todo el conjunto de desperdicios; utilizando el sistema "Pull", la

producción se realiza por la demanda en lugar de ser planificada en respuesta a los pronósticos de la demanda, lo cual implica fomentar un sentido de lealtad entre los clientes superando sus expectativas en términos de calidad, oportunidad y costo de los entregables; cabe mencionar que otras herramientas Lean como Continuous Flow, Heijunka, Kanban, Standardized Work o Takt Time apoyan este enfoque relacionado con la producción.

2.1.4.22. Ciclo PHVA

Según Moyano y Villamil (2021) y Gutiérrez (2010) Ciclo PDCA se encarga en planificar, hacer, verificar, actuar. La utilidad de esta herramienta, como explican los autores, es altamente beneficiosa para organizar y llevar a cabo cualquier nivel de proyectos de mejora de la calidad y la productividad dentro de una organización, jerárquica; también conocido como ciclo Deming, Shewhart que se desarrolla de una manera metódica y significativa en la que se implementa un plan, se determina ya sea a base de prueba (hacer) o a pequeña escala y se evalúa si se obtuvo resultados esperados, o es necesario una reestructuración, tomando medidas preventivas para asegurar que la mejora sea permanente.

2.1.4.23. Cadena de Suministros

Los autores Camacho et al. (2012) explican que la cadena de suministro es, como su nombre lo indica, una serie de eslabones (procesos) cuyo objetivo principal es satisfacer satisfactoriamente al cliente final; cada eslabón también produce y elabora una parte del producto, y cada producto elaborado, a su vez, agrega valor al proceso; para ello todo el sistema debe funcionar sin problemas, si falla algún paso o eslabón de la cadena, el producto final no se entregará al cliente en las mejores condiciones posibles, de ello se deduce que la cadena de suministro es tan fuerte como su eslabón más débil.

Del mismo modo Porter (2002) refiere el papel crucial que juega una cadena de suministro consistente en el éxito de una organización, ya que solo mediante el cumplimiento adecuado de los procedimientos internos, el producto terminado se producirá en condiciones ideales y se distribuirá según lo previsto, la cadena de suministro se divide en tres partes, tal como señala el autor: suministro, fabricación y distribución, que son etapas cruciales en el desarrollo e implementación de la cadena.

2.1.4.24. Almacenaje

Según Pérez (2011) el almacén es un componente de la red logística que interviene y es crucial para el negocio, el negocio en particular y la red logística en su conjunto porque actúa como un componente regulador del flujo de mercancías, bien administrado contribuye al equilibrio de la gestión comercial en general porque puede estabilizar la producción con la demanda, intenta sincronizar las diversas ineficiencias de la demanda y la fabricación, y

también asume un suministro continuo a los clientes; las existencias que se depositan en un almacén deben estar bien controladas y gestionadas, para lo cual es importante que se equilibren y minimicen, estableciendo un volumen máximo y un volumen mínimo de existencias, conocer la cantidad de productos que se debe solicitar y cuándo se debe solicitar, así como los costes que genera la realización del pedido y almacenamiento.

El almacén, menciona Pérez, asegura el suministro durante todo el año de algunos bienes, en su mayoría materias primas como productos agrícolas, forestales o pesqueros que se obtienen durante un período de tiempo específico pero que se necesitan durante todo el año en el proceso de fabricación.

2.1.4.25. Definición de la función Logística

Según Servera (2011), durante muchos años la función logística ha sido vista como una actividad rutinaria, meramente necesaria para transportar mercancías desde los centros de producción a los centros de uso o consumo, este punto de vista redujo el departamento de logística de la empresa a una unidad generadora de costos sin espacio para la diferenciación. En el mundo académico, señala Servera, se estudiaba desde una perspectiva industrial o técnica, buscando modelos que permitieran optimizar espacios, planificar distribuciones y abaratar costos; la percepción de la función logística fue evolucionando con el tiempo hacia nuevas dimensiones como resultado de la globalización de la economía y la apertura de nuevos mercados geográficamente remotos; en estas nuevas dimensiones, la función logística permitió ventajas competitivas específicas basadas en la reducción de tiempos de entrega o en la optimización de costos, sin embargo, a pesar de estos beneficios, la función logística de la gestión empresarial siguió siendo un esfuerzo menor.

Siguiendo los principios del marketing, prosigue Servera, la gestión logística desarrolla por primera vez una orientación al cliente en la década de 1960; esto se concreta en ofrecer un servicio logístico que se adapte a las necesidades y demandas del cliente, permitiendo su satisfacción; de ahora en adelante, la función logística dentro de la empresa es vista como un esfuerzo estratégico capaz de crear ventajas competitivas que diferencien a la empresa de sus rivales.

2.1.4.26. Instrumentos de medición

Un instrumento de medida, según Soriano (2015), es un método o conjunto de métodos que permitirán una asignación numérica que cuantifique las manifestaciones de un constructo que solo indirectamente es medible; sin embargo, debe recordarse que las prácticas de investigación sin una epistemología clara se convierten en una instrumentalización de las técnicas. En consecuencia, señala el autor, cualquier instrumento debe ser el resultado de una

articulación entre paradigma, epistemología, perspectiva teórica y metodología. además de métodos para recopilar y analizar datos.

2.1.4.27. Herramientas neumáticas, eléctricas

Tal como afirma la Universidad de la Rioja (2015) cada uno se define de la siguiente manera:

- **Neumáticos:**

Utensilios de trabajo utilizados generalmente de forma individual y que únicamente requieren para su accionamiento la fuerza motriz humana. En todas las industrias, cualquiera que sea su actividad, se precisa realizar trabajos de mantenimiento y reparación que requieren el uso de una serie de herramientas manuales. Su uso es tan frecuente y son aparentemente inofensivas, que es precisamente ahí donde radica su peligrosidad.

- **Herramientas Eléctricas:**

Clasificación según grado de protección Emplazamientos secos: 50 V. Emplazamientos húmedos o mojados: 24 V. Emplazamientos sumergidos: 12 V.

- Herramientas de Clase I.- su grado de aislamiento corresponde a un aislamiento funcional, es decir, el necesario para asegurar el funcionamiento de la herramienta y la protección frente a contactos eléctricos directos, pudiendo llevar puesta a tierra.
- Herramientas de Clase II.- tienen un aislamiento completo, mediante doble aislamiento o aislamiento reforzado, no estando prevista la puesta a tierra. Se distingue por llevar el símbolo correspondiente al doble aislamiento en la placa de características.
- Herramientas de Clase III.- previstas para ser alimentadas a muy baja tensión.

2.1.4.28. Mantenimiento preventivo

De acuerdo con la definición de Rey (2014), el mantenimiento preventivo es nuevo en comparación con la visión tradicional, que aún hoy se mantiene ampliamente y se enfoca en el componente como un elemento aislado más que como un componente esencial de un todo con un propósito; un programa ideal de mantenimiento preventivo permite reconocer que tiene límites dentro de los cuales no podemos aumentar la confiabilidad más que si tomamos en cuenta la posibilidad de cambiar los sistemas; como resultado, un plan de mantenimiento preventivo (PMP) describirá la estrategia de mantenimiento más adecuada para usar en un equipo en comparación con los resultados de hacerlo.

2.1.4.29. Mantenimiento correctivo

Según Sexto (2018), existen dos tipos de mantenimiento correctivo: el mantenimiento correctivo inmediato, que se realiza inmediatamente después de que se haya verificado una

falla funcional, y el mantenimiento correctivo diferido, que puede planificarse, a diferencia del mantenimiento correctivo inmediato, que se impone como una necesidad imprevista de intervención para mitigar los efectos de la falla; el hecho de que tanto el correctivo inmediato como el correctivo diferido se realicen siempre tras un fallo los relaciona.

2.1.4.30. Análisis financiero

Para Nava (2009) el análisis financiero es necesario para evaluar la situación y el desempeño económico y financiero real de una empresa, identificar problemas e implementar las medidas correctivas necesarias para resolverlos.

En su estudio analítico con diseño documental, Gitman (2003) y Van Horne (2003) afirman que el análisis financiero se basa en el cálculo de indicadores financieros que expresan la liquidez, solvencia, eficiencia operativa, endeudamiento, desempeño y rentabilidad de una empresa; aunque se considera que una empresa es solvente si tiene liquidez, esto no implica que la empresa sea siempre solvente; el análisis financiero que utiliza cifras ajustadas por inflación ofrece datos financieros confiables, actuales, precisos y veraces; se concluye que el análisis financiero es una herramienta analítica y de gestión crucial en cualquier actividad empresarial que establece las condiciones financieras actuales, administra los recursos financieros disponibles y ayuda a predecir el futuro de una empresa.

2.1.4.31. Rentabilidad

Afirma Morillo (2001) que la rentabilidad sigue siendo el principal impulsor de la inversión de capital en las empresas; entender las variables que afectan la rentabilidad es una herramienta fundamental para gestionarla.

La rentabilidad es una medida relativa de las ganancias; es la comparación de los beneficios netos obtenidos por la empresa con las ventas (rentabilidad o margen de beneficio neto sobre ventas), con las inversiones realizadas (rentabilidad económica o empresarial), y con el dinero aportado por sus propietarios (rentabilidad financiera o propietario), así mismo revela la capacidad de una empresa para recuperar el capital invertido por los accionistas, incluidos los beneficios no devueltos de los que se han visto privados; dicha rentabilidad se determina utilizando el siguiente coeficiente: Utilidad Neta / Capital Contable.

Dado que la rentabilidad financiera, como afirma Morillo, se compone del producto entre el margen de utilidad neta sobre ventas (Utilidad Ventas Netas/Ventas Netas) y la Rotación del Capital Contable (Ventas Netas/Patrimonio Neto), se pueden realizar ajustes a la rotación del capital contable para aumentar el nivel de rentabilidad financiera.

CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO

3.1. Descripción la situación actual

La calibración dentro de una empresa es fundamental no solo porque los estándares de calidad se elevan, sino que este proceso beneficia a tener procesos más óptimos y además de ello trae como beneficio un producto de calidad y sobre todo a menor costo.

Dentro de la empresa a realizar el estudio se cuenta con un aproximado de 1200 instrumentos de medición, dentro de ellos encontramos diversos grupos tanto como instrumentos de fuerza, longitud, presión, etc.

Tabla 2

Lista de instrumentos mapeados

Instrumento	Cantidad	Tipo
Flujómetros	24	Caudal
Durómetro	1	Dureza
Medidor de dureza	1	Dureza
Probador de dureza	1	Dureza
Celda de carga	2	Fuerza
Comprobador de torque	4	Fuerza
Torquímetro	238	Fuerza
Alexometro	52	Longitud
Calibrador de Alexometro	4	Longitud
Comprobador de resortes	4	Longitud
Goniómetro	3	Longitud
Gramil	1	Longitud
Kit pasa no pasa	2	Longitud
Medidor de espesor	1	Longitud
Medidor de fisuras	2	Longitud
Medidor de profundidad	20	Longitud
Medidor digital de soldadura	3	Longitud
Micrómetro de exteriores	129	Longitud
Micrómetro de interiores	34	Longitud
Micrómetro de profundidad	13	Longitud
Nivel de precisión	3	Longitud
Pasa no pasa	22	Longitud
Reloj comparador	93	Longitud
Reloj palpador	15	Longitud
Vernier o pie de rey	75	Longitud
Barómetro	2	Presión
Kit maleta de manómetros	2	Presión
Manometro	125	Presión
Sensor de presión	76	Presión
Tetragauge	2	Presión
Rugosímetro	14	Rugosidad
Calibrador de temperatura	2	Temperatura
Cámara térmica	1	Temperatura
Pistola de temperatura	20	Temperatura
Reloj de temperatura	15	Temperatura
Grupo de sensores de temperatura	16	Temperatura
Sensor rpm	4	Velocidad
Medidor luz ultra violeta	1	Radiación

Nota. Elaboración propia

Estos instrumentos en una primera instancia eran comprados y calibrados por un laboratorio de calibraciones externo, este laboratorio adicional a los procesos que realiza, los patrones de comparación que utiliza esta empresa son trazables por INACAL y por CENAM, el tiempo aproximado de atención en los primeros envíos de instrumentos eran aproximadamente de 15 a 18 días, lo que ocasionaba la molestia de los técnicos encargados de los instrumentos, ya que retrasaba su trabajo perjudicando en los objetivos del mes y además de ello generando costos por las actividades suspendidas

Dichos instrumentos deben ser calibrados anualmente en caso de los instrumentos de calidad, presión; y en caso de los instrumentos de fuerza deberán ser calibrados semestralmente esto ocasiona un gasto mensual aproximadamente de 10 mil soles solamente en calibraciones mas no en mantenimientos preventivos o correctivos.

La problemática principal que se identificó fue que los instrumentos se encontraban distribuidos a lo largo del año de una manera errónea ya que muchas veces existían 2 instrumentos de las mismas características los cuales eran enviados a calibrar al mismo tiempo, generando que 2 trabajadores se encuentren aplazando sus objetivos, generando así la molestia de los mismos y de los supervisores de las áreas correspondientes.

Otro de los problemas que se tenían con los instrumentos es que estos no recibían un mantenimiento preventivo lo que ocasionaba que su vida útil sea menor a la especificada por el cliente, esto originaba un costo extra en la compra de nuevos instrumentos y además de ello gastos en calibraciones no prevista

Tabla 3

Tabla de instrumentos que se compraron y reemplazaron desde enero hasta setiembre del 2023

Estado	Descripción	Marca	N/P MODELO	RANGO	FECHA DE COMPRA
Reemplazado	Reloj comparador	Starrett	1/05/2900	1"/25mm	2/01/2023
Reemplazado	Reloj comparador	Starrett	1/03/2900	1"/25mm	23/01/2023
Reemplazado	Reloj comparador	Marca propia	147-2056		15/03/2023
Reemplazado	Reloj comparador	Marca propia	147-5537		15/03/2023
Reemplazado	Manómetro	Marca propia	212-7043	0-100 PSI	8/04/2023
Reemplazado	Manómetro	Marca propia	8T-0850	0-500 PSI	8/04/2023
Reemplazado	Manómetro	Marca propia	212-7043	0-100 PSI	8/04/2023
Reemplazado	Reloj comparador	Starrett	25-141	.250"	23/04/2023
Reemplazado	Reloj comparador	Starrett	25-141	.250"	23/04/2023
Reemplazado	Torquímetro	CDI	302NLDNSS	0-30 Nm	15/05/2023
Reemplazado	Vernier	Mitutoyo	500-196-20B	0-150 MM	15/05/2023
Reemplazado	Vernier	Mitutoyo	500-196-30B	0-150 MM	15/05/2023
Reemplazado	Reloj comparador	Mahr federal	810 A	0-10mm	15/05/2023
Reemplazado	Reloj palpador	Mitutoyo	513-415-10	0-1MM	2/06/2023
Reemplazado	Vernier	Mitutoyo	500-196-30B	0-150 MM	2/06/2023
Reemplazado	Reloj palpador	Mitutoyo	513-415-10	0-1MM	2/06/2023
Reemplazado	Reloj palpador	Mitutoyo	513-415-10	0-1MM	2/06/2023
Reemplazado	Vernier	Mitutoyo	530-104BR	0-150 MM	17/06/2023
Reemplazado	Reloj comparador	Starrett	1/03/2900	1"/25mm	17/06/2023
Reemplazado	Micrómetro de interiores	Starrett	824M	50-75 MM	17/06/2023
Reemplazado	Manómetro	Marca propia	8T-0856	0-800 PSI	21/06/2023
Reemplazado	Manómetro	Marca propia	8T-0856	0-800 PSI	21/06/2023
Reemplazado	Torquímetro	Marca propia	8T-9293	50-250 FT. LB.	21/06/2023
Reemplazado	Manómetro	Marca propia	8T-0856	0-800 PSI	21/06/2023
Reemplazado	Torquímetro	Marca propia	9S-7354	0-30 Nm	21/06/2023
Reemplazado	Torquímetro	Marca propia	9S-7354	0-30 Nm	21/06/2023
Reemplazado	Torquímetro	Snap-on	QDRIVER4	5-40 IN. LB.	5/07/2023
Reemplazado	Manómetro	Nuova fima	S/N	10000 PSI	5/07/2023
Reemplazado	Reloj palpador	Mitutoyo	513-415-10	0-1MM	24/07/2023
Reemplazado	Manómetro	Winters	S/N	0-3000PSI	24/07/2023
Reemplazado	Vernier	Mitutoyo	500-196-30	0-150 MM	24/07/2023
Reemplazado	Manómetro	Winters	PFQ808ZRR1R11	0-600 PSI	24/07/2023
Reemplazado	Manómetro	Marca propia	8T-0856	0-870 PSI	28/07/2023
Reemplazado	Reloj palpador	Mitutoyo	513-404-10A	0-0.8MM	28/07/2023
Reemplazado	Vernier	Mitutoyo	500-196-30	0-150 MM	28/07/2023
Reemplazado	Manómetro	Winters	PFQ807ZRR1R11	0-600 PSI	28/07/2023
Reemplazado	Manómetro	Marca propia	8T-0851	0-2300 PSI	28/07/2023
Reemplazado	Manómetro digital	Crystal engineering	10KPSIXP2I	0-10000 PSI	28/07/2023
Reemplazado	Torquímetro	Snap-on	TQFR100B	20-100 FT. LB.	18/08/2023
Reemplazado	Manómetro	Winters	PFQ809ZRR1R11	0-1000 PSI	18/08/2023
Reemplazado	Manómetro	Winters	491F36	0-1000 PSI	18/08/2023
Reemplazado	Manómetro	Marca propia	8T-0859	0-3600 PSI	18/08/2023
Reemplazado	Manómetro	Winters	PFQ808ZRR1R11	0-600 PSI	23/08/2023
Reemplazado	Reloj comparador	Starrett	1/03/2900	1"/25mm	23/08/2023
Reemplazado	Reloj comparador	Starrett	1/03/2900	1"/25mm	23/08/2023
Reemplazado	Manómetro	Marca propia	8T-0856	0-870 PSI	4/09/2023
Reemplazado	Manómetro	Winters	PFQ816ZRR1R11	0-1500 PSI	4/09/2023
Reemplazado	Manómetro	Winters	PFQ902ZRR1R11	0-30 PSI	4/09/2023
Reemplazado	Manómetro	Winters	S/N	0-30PSI	15/09/2023
Reemplazado	Manómetro	Winters	PFQ809ZRR1R11	0-1000 PSI	15/09/2023
Reemplazado	Manómetro	Winters	PFQ816R1R11	0-1500 PSI	15/09/2023
Reemplazado	Manómetro	Marca propia	1U-5469	0-200 Kpa	23/09/2023
Reemplazado	Reloj comparador	Marca propia	147-5537	0-5 MM	23/09/2023
Reemplazado	Torquímetro	Marca propia	8T-9293	50-250 FT. LB.	23/09/2023

Nota. Elaboración propia.

3.2. Análisis modo y efecto de fallas

Mediante la aplicación de la matriz AMFE, se evaluará cualitativamente los fallos de las categorías de herramientas que ha presentado mayores errores en su uso por una mala calibración y la falta de un plan de mantenimiento preventivo.

Se elaboraron 2 matrices las cuales una tiene el procedimiento en el cual se utilizan las herramientas de poder (hidráulica, neumática y eléctrica) y en la otra matriz el procedimiento donde se utilizan instrumentos de medición (torques, manómetros, micrómetros, etc).



Figura 5
Análisis Modal de Fallos y Efectos (A.M.F. E.)

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)																
AMFE DE PROYECTO: ☐					AMFE DE PROCESO: ☐					DENOMINACION DEL COMPONENTE/PARTE DEL PROCESO			CODIGO DE IDENTIFICACION DEL COMPONENTE:			HOJA:
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:					COORDINADOR:					MODELO:			FECHA INICIO:			
FECHA REVISION:					SITUACION DE MEJORA											
OPERACIÓN O FUNCION	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL					ACCION CORRECTORA	RESPONSABLE/PL AZO	SITUACION DE MEJORA				
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D	IPR			ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR
AJUSTE DE PIEZAS Y PERNOS PARA ENSAMBLAR COMPONENTES Y MOTORES	1.1	LA HERRAMIENTA SE TRABA	ENSAMBLE DEFECTUOSO	MALA MANIPULACION DE OPERADOR	NINGUNA	3	3	4	36	CAPACITAR	AREA DE MANTENIMIENTO /INMEDIATO	CAPACITAR AL PERSONAL SOBRE EL CORRECTO USO DE HERRAMIENTAS DE PODER				0
	1.2	PERNO NO GIRA COMPLETAMENTE	RIESGO DE SUFRIR UNA LESION	USO INADECUADO DE LA HERRAMIENTA	NINGUNA	5	9	5	225	CAPACITAR	AREA DE MANTENIMIENTO /INMEDIATO	CAPACITAR AL PERSONAL SOBRE EL CORRECTO USO DE HERRAMIENTAS DE PODER Y MEJORAR LAS INSPECCIONES				0
	1.3	NO SE MUESTRAN DATOS EN LA PANTALLA	NO SE REGISTRAN DATOS DE LA ACTIVIDAD EL PROCESO SE DETIENE	FALTA DE MATENIMIENTO A LA HERRAMIENTA	NINGUNA	3	1	2	6	ELABORAR	AREA DE MANTENIMIENTO /INMEDIATO	ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS HERRAMIENTAS NEUMATICAS, HIDRAULICAS Y ELECTRICAS				0
	1.4	BRAZO DE APOYO EN MAL ESTADO	RIESGO DE LESION SE DETIENE LA ACTIVIDAD	FALTA DE MANTENIMIENTO A LOS ELEMENTOS ADICIONALES DE LA HERRAMIENTA	NINGUNA	5	9	2	90	ELABORAR	AREA DE MANTENIMIENTO /INMEDIATO	ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS HERRAMIENTAS NEUMATICAS, HIDRAULICAS Y ELECTRICAS				0
	1.5	ENCASTRE RAJADO	RIESGO DE LESION SE DETIENE LA ACTIVIDAD	NO SE REALIZO LA PRUEBA DE LIQUIDOS PENETRANTES	NINGUNA	6	9	3	162	REALIZAR	AREA DE MANTENIMIENTO /INMEDIATO	REALIZAR EN CADA MANTENIMIENTO LA PRUEBA DE LIQUIDOS PENETRANTES				0
	1.6	HERRAMIENTA NO DA EL TORQUE PROGRAMADO	EL COMPONENTE ARMADO PUEDE FALLAR	FALTA DE CALIBRACION DE LA HERRAMIENTA	NINGUNA	6	4	3	72	ELABORAR	AREA DE MANTENIMIENTO /INMEDIATO	ELABORAR UN PLAN DE CALIBRACION PARA LAS HERRAMIENTAS DE ALTO TORQUE				0

Nota. Elaboración propia

En las actividades que se desarrollan en el proceso de ajuste de piezas y pernos las cuales utilizan herramientas de poder para ensamblar motores y componentes encontramos 2 fallas que deberán ser atendidas inmediatamente ya que cuentan con valores altos de IPR de 162 para la falla de encastre rajado y 225 para el perno no gira completamente, las cuales presentan un riesgo potencial para el trabajador que opera la herramienta, la cual como medida correctiva se buscara implementar programas de capacitación y la elaboración de planes de mantenimiento.



Figura 6
Análisis Modal de Fallos y Efectos (A.M.F. E.)

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)																							
AMFE DE PROYECTO: ☐				AMFE DE PROCESO ☐				DENOMINACION DEL COMPONENTE/PARTE DEL PROCESO				CODIGO DE IDENTIFICACION DEL COMPONENTE:				HOJA:							
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:								COORDINADOR:				MODELO:				FECHA INICIO:							
FECHA REVISION:																							
OPERACIÓN O FUNCION		FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL					ACCION CORRECTORA		RESPONSABLE/PLAZO		SITUACION DE MEJORA								
			MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D	IPR					ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR				
MEDICION DE COMPONENTES Y PIEZAS DE MOTORES		1.1	EL INSTRUMENTO SE ENCUENTRA DAÑADO	EL PRODUCTO FINAL RESULTA OBSERVADO	NO TIENE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	NINGUNA	6	2	4	48	ELABORAR		AREA DE MANTENIMIENTO /INMEDIATO		ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TODOS LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION								0
		1.2	LAS MEDIDAS BRINDADAS POR EL INSTRUMENTOS SON ERRONEAS	OBSERVACIONES POR EL AREA DE CALIDAD REHACER EL PROCESO	EL PROCESO DE CALIBRACION EXTERNO SE REALIZO MAL	NINGUNA	5	2	3	30	REEMPLAZAR		AREA DE MANTENIMIENTO /INMEDIATO		REALIZAR EL PROCESO DE CALIBRACION EN EL MISMO TALLER								0
		1.3	ETIQUETA DE INSTRUMENTO FUERA DE FECHA DE CALIBRACION	OBSERVACIONES POR EL AREA DE CALIDAD REHACER EL PROCESO	EL INSTRUMENTO NO CUENTA CON UN PLAN DE CALIBRACION	NINGUNA	7	5	4	140	ELABORAR		AREA DE MANTENIMIENTO /INMEDIATO		ELABORAR UN PLAN DE CALIBRACION ANUAL O SEMESTRAL SEGUN SE REQUIERA								0
		1.4	INSTRUMENTO FALLA CONSTANTEMENTE	EL PROCESO SE CONSIDERA DE BAJA CALIDAD	NO TIENE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	NINGUNA	7	5	3	105	ELABORAR		AREA DE MANTENIMIENTO /INMEDIATO		ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TODOS LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION								0
		1.5	OPERADOR NO TIENE EL INSTRUMENTO PARA REALIZAR LA ACTIVIDAD	EL PROCESO SE DETIENE COMPLETAMENTE RETRASO DE ACTIVIDADES	LA DISTRIBUCION DE LOS INSTRUMENTOS POR AREA ESTA MAL REALIZADA	NINGUNA	6	1	3	18	DISEÑAR		AREA DE MANTENIMIENTO /INMEDIATO		DISEÑAR UNA CORRECTA DISTRIBUCION DE INSTRUMENTOS EN TODAS LAS AREAS								0
		1.6	MEDIDAS TOMADAS ERRONEAMENTE	OBSERVACIONES POR EL AREA DE CALIDAD REHACER EL PROCESO	EL OPERADOR NO SE ENCUENTRA CAPACITADO	NINGUNA	6	2	4	48	CAPACITAR		AREA DE MANTENIMIENTO /INMEDIATO		CAPACITAR AL PERSONAL ENCARGADO DE REALIZAR LAS MEDICIONES								0

Nota. Elaboración propia

Para el proceso de medición de componentes y piezas de motores se utilizaran instrumentos de longitud ,fuerza, presión y temperatura, en el procedimiento se encuentra n 2 fallas criticas ya que cuentan con IPR >100 , las cuales son la etiqueta fuera de calibración y el constante fallo del instrumento, lo que conlleva a acciones correctivas inmediatas las cuales serían implementar el proceso de calibración en el área de trabajo, es decir que deba ser realizado por la propia empresa, y la otra acción será elaborar un plan de mantenimiento preventivo para todos los instrumentos.

3.3. Pérdidas económicas por los problemas

Los costos extras adicionales que se pueden observar dentro de la problemática va más centrado a aquellos instrumentos críticos como por ejemplo los torquímetros e instrumentos que se encuentran en áreas críticas como banco de prueba y dinamómetros los cuales son sectores donde se prueban la funcionalidad de los motores y componentes haciendo que sean áreas críticas las cuales deberán tener los instrumentos adecuados cuyos planes de calibración deberán de ser de 2 veces al año, los cuales son considerados dentro de esta categoría por su uso y por el periodo en el cual estos deben ser calibrados, ya que su periodo de calibración será de 2 veces al años, además de ello al ser instrumentos únicos muchas veces estos necesitan tener un backup, pero al no tener disponibilidad de stock se toma por alternativa enviarlo a calibrar al proveedor por emergencia lo que origina que se genere un costo de transporte de 1 solo instrumento y el costo por una calibración de emergencia que el costo es mucho mayo al normal cotizado por el proveedor.

Los costos adicionales que se realizan por una calibración de emergencia el cual, a diferencia de una calibración normal, es que el periodo de atención es de máximo 2 días, permitiendo así que las áreas de trabajo no se perjudiquen en el aspecto de desarrollar sus actividades con normalidad, el problema incurre en que esta calibración de emergencia tiene un costo adicional de 250 nuevos soles en cualquier instrumento a excepción de los flujómetros que tienen un costo adición de 1000 nuevos soles. Durante el año 2023 se enviaron a calibrar alrededor de 30 instrumentos como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 4
Lista de instrumentos tratados como urgente durante el 2023

Descripción	Rango	Laboratorio	Fecha calibración	Días total de atención	Observaciones
Medidor de dureza	56.79 hrc	Proveedor Local	6/02/2023	6	Urgente
Contador de partículas	1.000 cst a 22°C (igual a ISO VG320)	PAMAS	9/02/2023	2	Urgente
Micrómetro de interiores	50-1000 mm	Proveedor Local	25/05/2023	6	Urgente
Medidor de profundidad	0-450 mm	Proveedor Local	25/05/2023	6	Urgente
Vernier	0-1000 mm	Proveedor Local	26/05/2023	6	Urgente
Reloj palpador	0.14 mm	Proveedor Local	23/06/2023	1	Urgente
Reloj comparador	0-1mm	Proveedor Local	23/06/2023	1	Urgente
Rugosímetro	4 mn	Proveedor Local	26/07/2023	6	Urgente
Alexometro	2-6"	Proveedor Local	26/07/2023	6	Urgente
Reloj comparador	0-0.20"	Proveedor Local	26/07/2023	6	Urgente
Vernier digital	0-300 mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Vernier digital	0-300 mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Alexometro	10-18 mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Alexometro	15 – 35 mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Micrómetro de interiores	50-1500 mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Micrómetro de interiores	50-1000 mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Micrómetro de exteriores	400-500 mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Micrómetro de exteriores	900-1000 mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Alexometro	586mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Alexometro	354.16mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Micrómetro de exteriores	500-600 mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Alexometro	160-250mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Micrómetro de exteriores	125-150 mm	Proveedor Local	31/07/2023	6	Urgente
Torquímetro	20-100 ft. Lb.	Proveedor Local	1/09/2023	3	Urgente
Torquímetro	70nm - 350nm	Proveedor Local	7/09/2023	4	Urgente
Torquímetro	30-250 ft. Lb.	Proveedor Local	6/09/2023	4	Urgente
Manómetro	0-200 psi	Taller Mantenimiento	4/10/2023	1	Urgente
Manómetro	0-400psi	Taller Mantenimiento	4/10/2023	1	Urgente
Manómetro	0-100 psi	Taller Mantenimiento	4/10/2023	1	Urgente
Indicador de campo magnético	-20 a 20 Gauss	Proveedor Local	9/10/2023	4	Urgente

Nota. Elaboración propia

En la tabla 4 se tomaron como referencia algunos instrumentos que son enviados a calibrar 1 vez al año, además de ello se muestra el costo adicional de calibración por emergencia y el costo que se tiene si se opta por la compra de un nuevo instrumento

Existen otros costos en el proceso de calibración de un instrumento, ya que, al tener una distribución mensual, aproximadamente se enviarán a calibrar entre 50 a 60 instrumentos mensuales lo que genera que se tenga por lo menos 2 días para alistar el envío ya que algunos de los instrumentos se envían a Lima, y estos deben ser embalados y empaquetados para que los instrumentos no sufran maltratos o daños en el traslado hacia el proveedor, además de ello los materiales que se requieren para hacer cada pedido, los cuales únicamente se pueden

solicitar de almacén de suministros los cuales tienen costos un poco elevados a los que habitualmente tienen estos productos, se adiciona también el costo por transportar los instrumentos hacia los proveedores ya sea en Arequipa o envío a Lima y por ultimo adicionar el costo horas/hombre los cuales serán reflejados en las siguientes tablas .

Las compras de los instrumentos únicamente se dan cuando estos ya no se les puede realizar algún ajuste en caso salgan fuera de tolerancia, o el estado del instrumento es prácticamente irreparable, estos pedidos se pueden realizar internamente en caso los pedidos sean instrumentos de la marca propia o por medio de un proveedor en caso los instrumentos sean de otro fabricante.

Tabla 5

Tabla resumen de costos de calibración anual

Instrumento	Costo de calibración	Costo de calibración emergencia	Cantidad	Frecuencia	Costo calibración anual
Torquímetro	S/ 234.39	S/ 484.39	238	Semestral	S/ 111,569.64
Manometro	S/ 430.66	S/ 680.66	125	Anual	S/ 53,832.50
Alexometro	S/ 176.90	S/ 426.90	52	Anual	S/ 9,198.80
Micrómetro de exteriores	S/ 402.00	S/ 652.00	129	Anual	S/ 51,858.00
Micrómetro de interiores	S/ 402.00	S/ 652.00	34	Anual	S/ 13,668.00
Vernier	S/ 138.32	S/ 388.32	75	Anual	S/ 10,374.00
Reloj comparador	S/ 135.35	S/ 385.35	93	Anual	S/ 12,587.55
Reloj palpador	S/ 135.35	S/ 385.35	15	Anual	S/ 2,030.25
Goniómetro	S/ 174.93	S/ 424.93	3	Anual	S/ 524.79
Rugosímetro	S/ 164.61	S/ 414.61	14	Anual	S/ 2,304.54
Medidor de profundidad	S/ 135.35	S/ 385.35	20	Anual	S/ 2,707.00
Flujómetro	S/ 1,210.00	S/ 3000.00	24	Anual	S/ 29,040.00
Total					S/ 299,695.07

Nota. Se muestran los costos de calibración anual y semestral ya que se realizan 2 veces al año, además se añadió una columna con los costos en caso se realice una calibración de emergencia, la calibración de emergencia es en caso el instrumento deberá regresar a los talleres en menos de 2 días, ya que el promedio de calibración de bloque de instrumentos es de 7 a 9 días.

Tabla 6
Costo de instrumentos nuevos

Instrumento	Costo instrumento nuevo
Torquímetro	S/ 1,850.00
Manómetro	S/ 1,077.49
Alexómetro	S/ 2,502.23
Micrómetro de exteriores	S/ 2,661.42
Micrómetro de interiores	S/ 2,261.39
Vernier	S/ 1,363.37
Reloj comparador	S/ 2,160.90
Reloj palpador	S/ 800.06
Goniómetro	S/ 1,257.24
Rugosímetro	S/ 9,837.47
Medidor de profundidad	S/ 1,453.90
Flujómetro	S/ 23,646.66
Total	S/ 50,872.13

Nota. Se reemplaza un instrumento en caso en el certificado de verificación que emite la empresa encargada de calibración o el mismo taller se muestre que los valores están fuera de tolerancia y el instrumento no se puede ajustar. También se reemplaza en caso el instrumento se encuentre muy dañado y sea irreparable.

Tabla 7
Costo total de instrumentos reemplazados en 2023

Instrumento	Cantidad	Costo x instrumento	Total
Manómetro	24	S/ 1,077.49	S/ 25,859.76
Micrómetro de interiores	1	S/ 2,261.39	S/ 2,261.39
Reloj comparador	12	S/ 2,160.90	S/ 25,930.80
Reloj palpador	5	S/ 800.06	S/ 4,000.30
Torquímetro	7	S/ 1,850.00	S/ 12,950.00
Vernier	6	S/ 1,363.37	S/ 8,180.22
Total			S/ 79,182.47

Nota. Se muestran la cantidad de instrumentos reemplazados a lo largo del 2023

Tabla 8
Costo anual de mano de obra para realizar envío de instrumentos y las verificaciones en el taller de mantenimiento

Costo por envío anual						
Costo días/hombre	Puesto	Días al año	Costo al día	Costo por día	Costo anual	
	Técnico de herramientas	204	S/ 50		S/ 10,200.00	
	Planificador de herramientas	204	S/ 100		S/ 20,400.00	
Total					S/ 30,600.00	

Nota. En el cuadro se muestra los días que son utilizados al año respecto al proceso de envío y calibración de los mismos instrumentos en los que mensualmente se usan 7 días para recoger, embalar y enviar los instrumentos a proveedor y los 10 días restantes para calibrar y verificar los instrumentos en el mismo taller, haciendo en total 17 días mensuales que durante el año serían 204.

Tabla 9
Equipos usados para calibrar en taller

Equipo	Unidad	Costo de adquisición
Bomba generadora de presión	Presión	S/ 20,000.00
Calibrador de temperatura	Temperatura	S/ 18,000.00
Flujómetro patrón 1	Caudal	S/ 12,000.00
Flujómetro patrón 2	Caudal	S/ 20,000.00
TOTAL		S/ 70,000.00

Nota. Equipos adquiridos en el mes de diciembre de 2022 para calibrar ciertos instrumentos en el taller, los equipos estuvieron sin utilizar aproximadamente 9 meses, las verificaciones se realizaron a partir de setiembre del 2023.

Tabla 10
Costo de materiales por envío de instrumentos anual

Costo por envío anual			
Materiales	Ocurrencias	Costo x unidad	Costo por año
Cinta de embalaje	8	S/ 3.59	S/ 344.64
Strech film	8	S/ 63.24	S/ 6,071.04
Papel	18	S/ 0.40	S/ 86.40
Total			S/ 6,415.68

Nota. Materiales que se utilizan para realizar los envíos, se necesitan que las cajas donde se envían estén bien protegidas para poder proteger el estado de los instrumentos.

Tabla 11
Costo por transporte de instrumentos proveedor local y nacional

Transporte	Costo por envío anual				
	Destino	Costo Arequipa-la joya	Costo la joya-Arequipa	Veces mes	x Costo por año
	Local	S/ 150.00	S/ 150.00	10	S/ 36,000.00
	Nacional	S/ 250.00	S/ 250.00	10	S/ 60,000.00
Total					S/ 96,000.00

Nota. Elaboración propia

Tabla 12
Envíos realizados por error

Transporte	Costo de ocurrencias de envíos			
	Destino	Costo transporte ida y retorno	Ocurrencias mes	al Costo por año
	Local	S/ 300.00	4	S/ 14,400.00
	Nacional	S/ 500.00	2	S/ 12,000.00
Total				S/ 26,400.00

Nota. Las ocurrencias ocurridas aproximadamente por mes que se dan por envíos erróneos o por envíos de emergencia en los que no se programó una actividad previa. Se realiza la multiplicación del costo de transporte ya sea local o nacional y el resultado se deberá multiplicar por los meses del año que sería 12.

Otro de los problemas es el tema del cuidado de los instrumentos al momento de realizar el envío muchas veces los instrumentos no llegan en las condiciones en las que se

envía, generando disgusto en las áreas a las cuales les pertenece estos instrumentos, ocasionando así una problema ya que los técnicos de las áreas perjudicadas prefieren recibir un instrumento nuevo a uno dañado o al menos que se cambie la pieza que fue perjudicada, generando así costos por instrumentos nuevos o piezas nuevas como se observan en la tabla 6. Este problema puede también perjudicar en los procesos que los técnicos realizan con los instrumentos ya que al estar fallados o dañados estos pueden brindar medidas erróneas ocasionando que el proceso no tenga resultados positivos, ocasionando llamados de atención y molestias en el área perjudicada.

La cantidad de instrumentos que se visualizan en la Tabla 2 no permitía que se pueda obtener un correcto plan de calibración y de mantenimiento preventivo de los mismos, lo que generaba una descoordinación con las áreas ocasionando la molestia de los técnicos al no saber cuándo deberían realizar sus actividades ya que el recojo de los instrumentos era imprevisto.

Respecto a las herramientas de poder, que eran las más críticas, ya que por la fuerza con la que trabajan deberían tener un mantenimiento semestral el cual se consideraba dentro de ello su calibración y una prueba de líquidos penetrantes para inspeccionar si la herramienta tiene fisuras o no. El problema en este aspecto es que dichas herramientas de poder no contaban con un plan de mantenimiento ni con una distribución correcta originando que los llamados de atención sean constantes y las quejas de los trabajadores de estar operando con herramientas tan peligrosas sin ninguna inspección previa.

Otro de los problemas fue que estas herramientas presentaban fallas constantes y los mantenimientos que realizan los proveedores tanto locales como los que encuentran en Lima eran excesivamente caros los cuales el único resultado que se tenía eran costos mantenimientos y la compra de nuevas herramientas que eran mucho más costosos.

Tabla 13

Tabla de listado de compras de herramientas de poder que se hicieron desde mayo hasta octubre del 2023.

Descripción	Marca	N/p modelo	Tipo de herramienta
Taladro neumático	Marca propia	222-3062	Neumática
Taladro neumático	Marca propia	222-3062	Neumática
Grinder recto extendido	Marca propia	222-3077	Neumática
Grinder recto corto	Marca propia	222-3074	Neumática
Llave hidráulica	Avanti	Sn	Hidráulica
Escareador de agujas	Ingersoll rand	125	Neumática
Amoladora	Chicago pneumatic	Cp3019-20a3	Neumática
Amoladora	Chicago pneumatic	Cp3019-20a3	Neumática
Grinder	Marca propia	222-3074	Neumática
Grinder angular	Aircat	6265	Neumática
Grinder	Marca propia	222-3074	Neumática
Grinder	Marca propia	222-3074	Neumática
Grinder	Aircat	6285	Neumática
Grinder angular	Ingersoll rand	5102max	Neumática
Grinder recto extendido	Marca propia	222-3077	Neumática
Pistola neumática	Chicago	Cp7783	Neumática
Taladro eléctrico	Dewalt	S/n	Neumática
Grinder angular	Marca propia	222-3076	Neumática
Amoladora	Dewalt	Dwe4314-b2	Eléctrica
Grinder angular	Marca propia	222-3076	Neumática

Nota. Elaboración propia

El traslado de instrumentos y herramientas hacia la dirección de los proveedores es otra problemática debido a que la empresa se encuentra en el KM 48 en la Joya lo que genera una problemática en la facilidad de encontrar transporte disponible ya que solo se dispone de 3 proveedores que pueden realizar ese servicio de traslado, además de ello la disponibilidad de los mismos no es inmediata ocasionando que los envíos se demoren al menos un día por motivo de coordinaciones del transportista ,además de ello se tiene que considerar que el transportista realice el traslado rápido y con el cuidado que se debe de tener al momento de transportar los instrumentos.

Otro inconveniente que se encuentra es al momento de recurrir al área de logística, ya que demora entre 3 a 4 días en realizar los envíos ocasionando que los objetivos de 20 días máximo que se planteó el área de mantenimiento se vean perjudicado mes a mes.

Tabla 14*Instrumentos enviados por el área de logística desde junio a diciembre del 2022*

Mes	Cantidad de instrumentos	Medio de envío	Promedio días fuera de taller
Junio	29	Área de logística	24
Julio	41	Área de logística	16
Agosto	23	Área de logística	19
Setiembre	42	Área de logística	32
Octubre	28	Área de logística	30
Noviembre	10	Área de logística	21
Diciembre	9	Área de logística	18

Nota. Elaboración propia

Uno de los mayores problemas que se encuentran en la empresa es la disponibilidad de los instrumentos ya que estos son instrumentos únicos no encontrando un backup para las áreas ocasionando que los trabajos se paralizen y además de ello acumulando la carga de instrumentos para el próximo envío ya que en este grupo se incluirán los planificados en ese mes y los que no se llegaron a calibrar. Ocasionando un sobrecosto de calibración y quejas de las áreas al ya encontrarse sin instrumentos de trabajo.

Tabla 15
Lista de instrumentos únicos

Descripción	Marca	N/p modelo	Rango	Personal asignado
Medidor de espesor	Positector	KITSTD		1
Medidor de profundidad	Mitutoyo	2902S	0-0.01MM	1
Alexómetro	Mitutoyo	511-415	15 – 35 MM	1
Alexómetro	Fabricacion	S/N	1070MM	1
Alexómetro	Mitutoyo	511-805 / 2046S	150-250 MM	1
Alexómetro	Fabricacion	S/N	586MM	1
Alexómetro	Mitutoyo	526-125 / 2109S	10-18 MM	1
Micrómetro de exteriores	Mitutoyo	104-146	700-800 MM	1
Alexómetro	Fabricación	S/N	670MM	1
Alexómetro	Mitutoyo	511-705	160-250 MM	1
Alexómetro	Fabricación	S/N	690MM	1
Micrómetro de exteriores	Mitutoyo	105-408	1000-1100 MM	1
Alexómetro	Fabricación	S/N	1129MM	1
Micrómetro de Interiores	Mitutoyo	137-112	0-10 "	1
Alexómetro	Fabricación	S/N	840MM	1
Micrómetro de profundidad	Mitutoyo	329-251-30	0-150 MM	1
Alexómetro	Fabricación	S/N	896.7MM	1
Medidor de fisuras	Karl deutsch	RMG 4015	-	1
Pistola de temperatura	Sonel	DIT-500	-0.50 to 1600°C	1
Reloj comparador	Starrett	81-141j	0-0.25"	1
Calibrador de ranuras	Marca propia	510-5864	0-12"	1
Reloj comparador	Marca propia	1p-2403	0-005"	1
Reloj comparador	Mahr federal	4337650	13.5MM	1
Reloj palpador	Starrett	711	0-0.030"	1
Alexómetro	Vafc	BVZ360165	0-90 MM - 90-10 MM	1
Torquímetro	Cdi	2502LDIN	0-250 IN. LB.	1
Goniómetro	Mitutoyo	187-901	150, 300 MM	1
Durómetro	Phase ii	PHT-1700	56.79 HRC	1

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16
Cuadro resumen de costos del 2023

Costos	Total, anual
Costo de calibración por emergencia	S/ 16,922.18
Costo instrumento reemplazados	S/ 79,182.47
Costo transporte por emergencia	S/ 26,400.00
Costo mano de obra	S/ 30,600.00
Costos materiales	S/ 6,415.68
Costo de equipos de calibración no usados	S/ 100,872.50
Total	S/ 260,392.83

Nota. Resumen de los costos relacionados a los instrumentos de medición proyectados al año 2023, en los costos de equipos de calibración se consideró todos los instrumentos que se pudieron calibrar en caso si se hubiesen usado los equipos y el costo que la empresa hubiese ahorrado en caso se utilicen los equipos.

3.4. Alternativas de solución

Tabla 17

Tabla de alternativas

Problema				Solución
Calibraciones	realizadas	por	emergencia	Planes de mantenimiento preventivo Planes de mantenimiento correctivo
Herramientas	de	poder	sin mantenimiento	Planes de mantenimiento predictivo Planes de calibración de instrumentos
Transporte por emergencia				
Equipos de calibración no utilizados				Diseñar manuales de operación para el uso de equipos de calibración: Temperatura, presión y flujo.
Mala utilización de instrumentos				Programa de capacitación para el personal encargado del uso de los instrumentos de medición y herramientas de poder.

Nota. Elaboración propia.



CAPÍTULO IV. PROPUESTA DE MEJORA

4.1. Propuesta por problema

Seguidamente se presenta las propuestas posibles por cada problema que se ha identificado con el fin de mejorar el proceso de atención al cliente.

Tabla 18

Propuesta por problema

Problemas	Descripción de la solución
Calibraciones realizadas por emergencia	Plan de Mantenimiento preventivo y correctivo
Herramientas de poder sin mantenimiento	Diseñar los procedimientos para realizar los mantenimientos preventivos y correctivos de los instrumentos de medición y las herramientas de poder
Transporte por emergencia	Diseñar manuales de operación
Equipos de calibración no utilizados	Elaborar procedimientos para la utilización de los equipos y añadir los procedimientos de calibración que se deberán utilizar para calibrar instrumentos de presión, temperatura y flujo.
Mala utilización de instrumentos	Programa de capacitación Elaborar un programa de capacitación para el personal encargado de la reparación y calibración de los instrumentos de medición y herramientas de poder, en el programa se deberá incluir al personal que utiliza estas herramientas.

Nota. Elaboración propia.

4.2. Cronograma de la Propuesta Aplicando la metodología PHVA

Seguidamente se presenta el cronograma de la propuesta aplicando la metodología PHVA tomando en cuenta que la implementación se llevará a cabo durante 7 meses.

Tabla 19
Cronograma de aplicación del ciclo PHVA

Cronograma de aplicación del ciclo PHVA									
Área: Mantenimiento	Proceso: Calibración y reparación de instrumentos de medición y herramientas de poder					Responsable: David Alejandro Ramos Perez			
Objetivo: Optimizar los procesos de calibración, mantenimiento preventivo y correctivo de instrumentos de medición y herramientas de poder para una empresa de servicios al sector minero aplicando las metodologías Just in Time y el ciclo PHVA									
ETAPA	ACTIVIDADES	HERRAMIENTA	e n e r o	f e b r e r o	m a r z o	a b r i l	m a y o	j u n i o	j u l i o
PLANIFICAR	Elaborar una selección de todos los instrumentos de medición para el proceso de calibración.	Matriz de objetivos, estrategias que se plantean y cumplimiento de los objetivos							
HACER	Rediseñar el programa de envíos y calibración de instrumentos de medición Realizar el programa de	Reingeniería del diseño actual de instrumentos de medición y realizar una distribución equitativa mensualmente.							
	Elaborar manuales de operación de equipos de calibración	Manuales de procedimientos de uso y aplicación de los equipos de calibración, se incluirá los procedimientos de calibración para cada uno (presión, temperatura y flujo)							
	Diseñar formatos de mantenimiento preventivos y correctivos para los instrumentos de medición y herramientas de poder	Protocolo para realizar los mantenimientos preventivos y correctivos de los instrumentos de medición y herramientas de poder							
	Realizar el programa de capacitación de personal	Plan de capacitación							
VERIFICAR	Verificar el cumplimiento de los objetivos planteados sobre la mejora del proceso de calibración de los instrumentos y el mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas de poder	Kpi's: -cantidad de instrumentos atendidos mensualmente entre instrumentos programados -tiempo del proceso de calibración de los instrumentos de medición (<20 días). -tiempo de mantenimiento preventivo de las herramientas de poder (<25 días)							
ANALIZAR	Analizar los resultados finales obtenidos para comprobar los resultados de la mejora planteada.	Organizar una reunión en donde como primer punto se realizara el análisis de todo el trabajo realizado durante el año, se realizara una presentación de todos los indicadores los cuales serán expuestos por el supervisor y programador del área, después de ello se hará la sustentación de los resultados obtenidos y finalmente se procederá a evaluar los resultados, y se harán mejoras en los apartados donde se requieran y se propondrán las nuevas propuestas de mejoras para poder mejorar los indicadores.							

Nota. Elaboración propia.

4.3. Mantenimiento con enfoque en la metodología JIT

Aplicando la metodología Just In Time podremos mejorar los procesos de mantenimiento que vamos a querer realizar ya sea a los instrumentos o equipos que se encuentren en planta es por ello que nos centraremos en varios aspectos:

- Actividades

Se programarán planes de mantenimiento los cuales se tendrán que realizar en el momento adecuado, esto se conseguirá con una mejor distribución de instrumentos a lo largo del año lo que permitirá que todos los instrumentos sean atendidos y calibrados la última semana de cada mes, evitando demoras e interrupciones las cuales pueden llegar a dificultar los planes de mantenimiento.

Respecto a las herramientas de poder se realizará una inspección previa de todas las herramientas ya sea eléctrica, neumática o hidráulica, con la finalidad de identificar el momento preciso para poder realizarle el mantenimiento, se considerará para este caso un mantenimiento preventivo semestral y uno anual según requiera la herramienta.

- Inventario

Se identificara todas las herramientas e instrumentos que podrán ser reparados en el mismo taller, posterior a ello junto con el técnico de herramientas se hará la revisión de todos los manuales y así poder identificar las piezas que fallan constantemente o que requieren cambio en cada mantenimiento, con la finalidad de tener un stock adecuado el cual permitirá mejorar en los tiempos de atención y no esperar a que llegue la herramienta y recién solicitar los repuestos los cuales demorar hasta 5 semanas.

- Eficiencia

La empresa se centrará en capacitar a todo el personal a carga del uso y manipulación de los equipos con la finalidad de alargar la vida útil de los mismos, además se buscará capacitar al personal de mantenimiento para que puedan utilizar los equipos de calibración ya que estos fueron adquiridos, pero no venían siendo usados lo que generaba perdida de dinero.

- Monitoreo

Se diseñará un plan de mantenimiento preventivo tanto para instrumentos como para herramientas el cual permitirá tener un mayor seguimiento de los mismos el cual ayudará a atender los instrumentos y equipos con mayor rapidez y tener un mejor acceso a información de los mismos, para ello se diseñará un dashboard el cual permitirá visualizar de una manera más optima los planes de mantenimiento preventivos programados.

- Indicadores

La empresa contara con 3 indicadores base para los procesos de mantenimiento los cuales serán

- Instrumentos calibrados entre instrumentos programados
- Tiempos de atención menor a 20 días
- Personal capacitado entre todo el personal de mantenimiento

- Capacitación

Se buscará tener al personal capacitado ya sea personal de mantenimiento como personal que operara las herramientas e instrumentos, esta capacitación permitirá que el personal conozca realmente como se usan las herramientas e instrumentos, además de ello permitirá que el personal se encuentre completamente calificado para poder utilizar los equipos de calibración y así permitir el ahorro de dinero y la mejora de tiempos de atención.

- Proveedores

Se buscara mejorar la relación con los proveedores con la finalidad de mejorar en los tiempos de atención, al tener un proveedor continuo que siempre realice los mantenimientos preventivos o correctivos a un equipo específico permitirá que el proveedor tenga siempre en stock repuestos, conozca a más detalle el equipo que se va a reparar y además de ello se mejore en los tiempos de mantenimiento, al contar con stock de repuestos a la mano, los mantenimientos se realizaran con mayor rapidez, y además de ello buscar un servicio de calidad .

- Integración de sistemas

En la empresa se busca continuamente la mejora de los procesos , el poder reducir los tiempos de los mantenimientos, poder pagar a tiempo al proveedor y poder tener toda la información como certificados e informes con fácil acceso para todos los trabajadores, es por ello que la empresa usa el erp SAP de mantenimiento el cual permitirá con rapidez poder crear ordenes de mantenimiento ya sean preventivas o correctivas, permitirá a todo el personal de la planta tener fácil acceso a información como certificados e informes sin la necesidad de ir a buscar a los encargados o pedir que les reenvíen los informes, ya que el programador encargado será el que subirá los archivos al SAP.

El SAP permitirá poder tener un control de tiempos de atención y un mejor seguimiento de los equipos e instrumentos que se encontraran en mantenimiento, además de ello permitirá generar órdenes de compra más rápidas las cuales permitirán pagarle a tiempo a

los proveedores con los que la empresa trabaja y así evitar retrasos y molestias en los proveedores.

El acceso a información será mucha más rápida para todos los trabajadores permitiendo ahorrar tiempos y poder tener más personal informado sobre el estado de los mantenimientos preventivos o correctivos.

4.4. Desarrollo de la Propuesta de Mejora

4.4.1. Etapa Planificar

Planificar una nueva distribución de los instrumentos donde la cantidad que será atendida este distribuida equitativamente durante los 12 meses del año, además de ello se tendrá que considerar que se cuentan con instrumentos que deben ser calibrados 2 veces por año.

Realizar planes de mantenimiento preventivos para todos los instrumentos de medición, tomando como punto principal la cantidad de cada tipo y modelo que se tienen, esto debido a que podemos encontrar que algunos instrumentos son únicos (tabla 14) los cuales a no tener un reemplazo no pueden ser retirados de los talleres por mucho tiempo, lo que origina que estos tengan que ser mandados a calibrar como emergencia, generando un gasto extra en la empresa, que a la larga se puede evitar si se planifica tener instrumentos como *backup*

Tener planes de mantenimiento preventivo para las herramientas de poder las cuales, si cuentan todas con un reemplazo lo que facilita la planificación, se realizara la planificación respecto al tipo de herramienta que sea ya sea hidráulica, neumática o eléctrica, el mantenimiento preventivo contara con la calibración de la herramienta, limpieza de partes internas y externas y las pruebas de líquidos penetrantes, este último se programara para poder identificar las fisuras de las herramientas.

Contar con planes correctivos para instrumentos de medición en los que se deberá considerar la reparación de los mismos en caso los instrumentos puedan repararse o en el caso de calibración si se encuentra fuera de tolerancia, si podrán ser ajustados.

Planear un mantenimiento correctivo para herramientas de poder en las cuales se realizará la calibración, limpieza de partes internas y externas, pruebas de líquidos penetrantes y además de ello se deberá considerar el cambio de piezas desgastadas.

Para la planificación de la implementación de las herramientas se presenta la siguiente Matriz de objetivos, estrategias y metas.

Tabla 20
Matriz de objetivos

HERRAMIENTA DE MEJORA	OBJETIVOS	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTUAL	META	RESPONSABLE DE ACCIÓN	RESPONSABLE DE SEGUIMIENTO
Plan de capacitación	Aprendizaje del personal en el correcto uso de los instrumentos de medición y las herramientas de poder	Realizar charlas con cierta frecuencia sobre el correcto uso de instrumentos. Tener una documentación donde el personal técnico registre su asistencia. Tener un cronograma con las fechas en las que se realizará las capacitaciones. Contar con proveedores o personal capacitado que pueda brindar una capacitación de calidad	Trabajadores que son capacitados / toda la cantidad de trabajadores que se encuentran en planta. Evaluaciones que evidencien si la información fue bien recibida.	20%	90%	Supervisor de mantenimiento Programador de herramientas	Supervisor de mantenimiento
Manuales de operación de equipos de calibración	Poder operar a la perfección los equipos de calibración y realizar el proceso de calibración en el taller de mantenimiento	Realizar manuales de operación de cada uno de los equipos de calibración junto al personal que utilizara los equipos. Implementar procedimiento de calibración respecto a las magnitudes que van a calibrarse: Flujo, temperatura y presión.	Cantidad de manuales realizados de cada equipo sobre la cantidad de equipos adquiridos. Prueba de funcionamiento de los equipos para evaluar a los operadores. Cantidad de informes de verificación o calibración realizados por el personal de mantenimiento,	0 manuales	3 manuales	Supervisor de mantenimiento Programador de herramientas	Supervisor de mantenimiento
Diseño de formatos de mantenimiento o preventivo y correctivo	Contar con un procedimiento establecido al momento en que el técnico encargado realice el mantenimiento preventivo o correctivo.	Realizar formatos donde se encuentren los procedimientos, materiales, etc. Para realizar los mantenimientos preventivos y correctivos. Contar con una constante supervisión de los primeros mantenimientos realizados por el taller.	Número de formatos de cada grupo de instrumentos realizados. Cantidad de herramientas atendidas por mes sobre la cantidad de herramientas programadas.	56%	90%	Programador de herramientas Técnico de herramientas	Programador de herramientas
Rediseño del programa de envíos y calibración de instrumentos de medición	Mejorar la distribución de los instrumentos de medición en las diferentes áreas de trabajo	Distribuir los instrumentos de medición de una forma equitativa por mes en cada área de trabajo. Identificar los instrumentos que son únicos para evitar que se crucen con fechas donde las actividades sean críticas. Tener una mejor relación con el proveedor externo que realizará algunas calibraciones.	Cantidad de instrumentos calibrados por mes sobre la cantidad de instrumentos programados. Número de días en que los instrumentos son retirados de su área de trabajo	75% de instrumentos calibrados 20 días	90% de instrumentos calibrados 12 días	Programador de herramientas Técnico de herramientas	Programador de herramientas Técnico de herramientas

Nota. Elaboración propia.

4.4.2. Etapa Hacer

Elaborar instructivos del uso de los instrumentos de medición, para evitar que los técnicos de los talleres maltraten los instrumentos y así poder alargar la vida útil de los mismos.

Elaborar flujogramas con los nuevos procedimientos que se realizarán tanto envío de instrumentos para su calibración como los procesos de verificación que se realizarán en el mismo taller de mantenimiento los cuales deberán tener como base procesos de calibración y normas de calibración.

Marcar los instrumentos con una etiqueta las cuales permitan a los técnicos y supervisores de las áreas visualizar el código interno, fecha de calibración y próxima calibración, lo que permitirá que se pueda prever la disponibilidad de los instrumentos y herramientas y así no tener dificultades para realizar el mantenimiento respectivo.

Los mantenimientos que realizará el personal encargado ya sea un mantenimiento correctivo o un mantenimiento preventivo deberá de llenar el formato de mantenimiento el cual será presentado a los talleres como evidencia de lo que se realizó a la herramienta o instrumento, además de los insumos que se utilizaron y los repuestos que se cambiaron en caso el mantenimiento lo requiera. (Anexo 8).

4.4.2.1. Plan de mantenimiento preventivo de instrumentos de presión

Plan de mantenimiento de manómetros y sensores de presión

- Objetivo

Realizar la calibración de los instrumentos de presión, para que los trabajos en las áreas tengan datos exactos y precisos y así poder cumplir con los objetivos planteados, además de ello poder cumplir con los requisitos que plantea la norma referente a la calidad ISO 9001.

- Encargados

- Supervisor de mantenimiento
- Programador de herramientas
- Técnico de herramientas

- Funciones

Supervisor de mantenimiento

- Corroborar que todo el personal pueda cumplir con el procedimiento establecido previamente.

- Verificar todo el llenado de documentos que el personal técnico deberá elaborar previo a la actividad.
- Programador de herramientas
 - Tener un plan establecido del tiempo disponible del instrumento que se va a tratar.
 - Coordinar con las demás áreas de trabajo la disponibilidad de los instrumentos de presión.
- Técnico de herramientas
 - Realizar la verificación completa del instrumento
 - Llenar los checklists correspondientes a cada instrumento
 - Realizar una prueba final del funcionamiento del instrumento
- Datos técnicos de los instrumentos

La planta cuenta con un total de 185 instrumentos de presión entre los cuales destacan los manómetros, sensores de presión internos y externos.

Tanto los manómetros como sensores de presión nos brindaran datos exactos y precisos de las presiones que se apliquen a distintos trabajos que se realizan en planta, ya sea pruebas de funcionamiento de componentes o referencias al momento de utilizar una bomba hidráulica. Los manómetros cuentan con un líquido interno llamado glicerina para evitar que al momento de medir las presiones la aguja este inestable, los sensores de presión que van conectados a componentes miden la presión de aceite o combustible que circula dentro de ellos.

- Los manómetros que se encuentran en planta tienen distintos rangos:
 - 12 psi hasta los 23000 psi

Una característica particular de los manómetros es que son instrumentos los cuales no se les puede realizar un ajuste al momento de salir fuera de tolerancia, es por eso que al momento de fallar se reemplazara inmediatamente.

Los sensores de presión tienen los siguientes rangos de medida:

100 psi hasta los 10000 psi

A diferencia de los manómetros, los sensores de presión si se les puede realizar un ajuste en la misma maquina donde se están probando mediante un procedimiento de recalibración donde se adecua la presión de acuerdo al indicador patrón.

Figura 7
Instrumentos de presión



Nota: se puede ver en la imagen un manómetro y un sensor de presión

- Frecuencia

Los instrumentos serán calibrados mensualmente, es decir este plan deberá cumplirse todos los meses durante todo el año, debido a que se realizó una distribución según el uso y la importancia de cada instrumento. A diferencia de los manómetros los sensores de presión son calibrados 2 veces al año es decir tienen una calibración semestral los cuales se realizan en los meses de mayo y noviembre, son fechas en donde la carga laboral reduce y se pueden realizar las calibraciones sin ninguna dificultad ya que se realizan in situ.

Figura 8
Dashboard de instrumentos



Nota: Se puede evidenciar el total de manómetros que cuenta la empresa y como se encuentran distribuidos mensualmente, como se observa en la imagen los manómetros se encuentran distribuidos durante los 12 meses del año.

Figura 9
Dashboard de instrumentos



Nota: El dashboard muestra los sensores de presión que cuenta la empresa, como se puede observar su próxima calibración será en mayo de 2024, una vez realizada la calibración se procederá a planificar la próxima que será en noviembre del 2024.

Desarrollo del plan

Se deberá de solicitar como primera instancia la disponibilidad del instrumento en este caso del manómetro al área correspondiente, en caso de los sensores de presión se deberá de coordinar la disponibilidad del área ya que la verificación se realizar in situ.

Para realizar la verificación del manómetro, el técnico deberá de realizar una inspección previa del instrumento para indicar en el reporte el estado en el que el instrumento fue entregado.

Si el instrumento se encuentra apto para la verificación, se procederá a colocar el manómetro en la bomba generadora de presión (equipo de calibración de presión), posterior a ello se procederá a elegir el patrón con el alcance requerido, que deberá tener trazabilidad verificada por INACAL.

Se procederá a seguir el “Procedimiento ME-003. Edición Digital 3, para la calibración de manómetros, vacuómetros y mano vacuómetros” del CEM-España - Método de medición por comparación directa utilizando un manómetro patrón., en el cual se hace una comparación directa entre el instrumento y el patrón a utilizar.

se deberá de llevar el manómetro a su máximo alcance y permanecer ahí por lo menos unos 2 minutos, luego de ello el manómetro deberá ser retornado a su mínimo alcance. Se

continúa distribuyendo la toma de datos en 5 puntos los cuales deberán ser apuntados tanto de ascenso como en descenso(histéresis).

Se hará una verificación de los datos obtenidos (Anexo 1), promediando los valores de ascenso y descenso y sacando el máximo error permitido que se halla multiplicando el máximo alcance del instrumento, ya sea manómetro o sensor de presión, por la clase del instrumento a calibrar (0,25%; 0,5%; 1,6%; 4%).

Si el instrumento está dentro de los valores permitidos se emite un informe de verificación, validando que el procedimiento se realizó con éxito para posteriormente colocar una etiqueta en donde se incluye la fecha en que el instrumento se verifico y la fecha de una próxima verificación.

El supervisor realiza una validación final, para que posteriormente el instrumento pueda ser retornado a su área de trabajo en caso de los manómetros, y en caso de los sensores de presión puedan ser usados con normalidad.

Tabla 21

Proceso calibración de instrumentos de presión

Proceso	Actividad	Tiempo de atención	Tiempo total del proceso	Encargado
Calibración de instrumentos de presión	Verificar los instrumentos asignados para el mes	1 día	7 días	Programador de herramientas
	Coordinar con los talleres la disponibilidad de los equipos			
	Crear las ordenes de mantenimiento en el SAP			
	Habilitar las ordenes de mantenimiento			
	Realizar la verificación de los equipos de presión	3 días		Técnico de herramientas
	tomar los datos mostrados en el patrón			
	Analizar los datos y verificarlos	1 día		Programador de herramientas
	Realizar el informe de verificación			
	Validar del informe de verificación	1 día		Supervisor de mantenimiento
	Subir documentos al SAP	1 día		Programador de herramientas
	Dar cierre técnico a la orden de mantenimiento			

Nota: Actividades en el proceso de calibración de instrumentos de presión y los encargados de cada actividad.

Figura 10
Manómetro



Nota: Proceso de calibración de un manómetro en donde siguiente el procedimiento de comparación directa se tomarán los datos comparados con manómetro patrón.

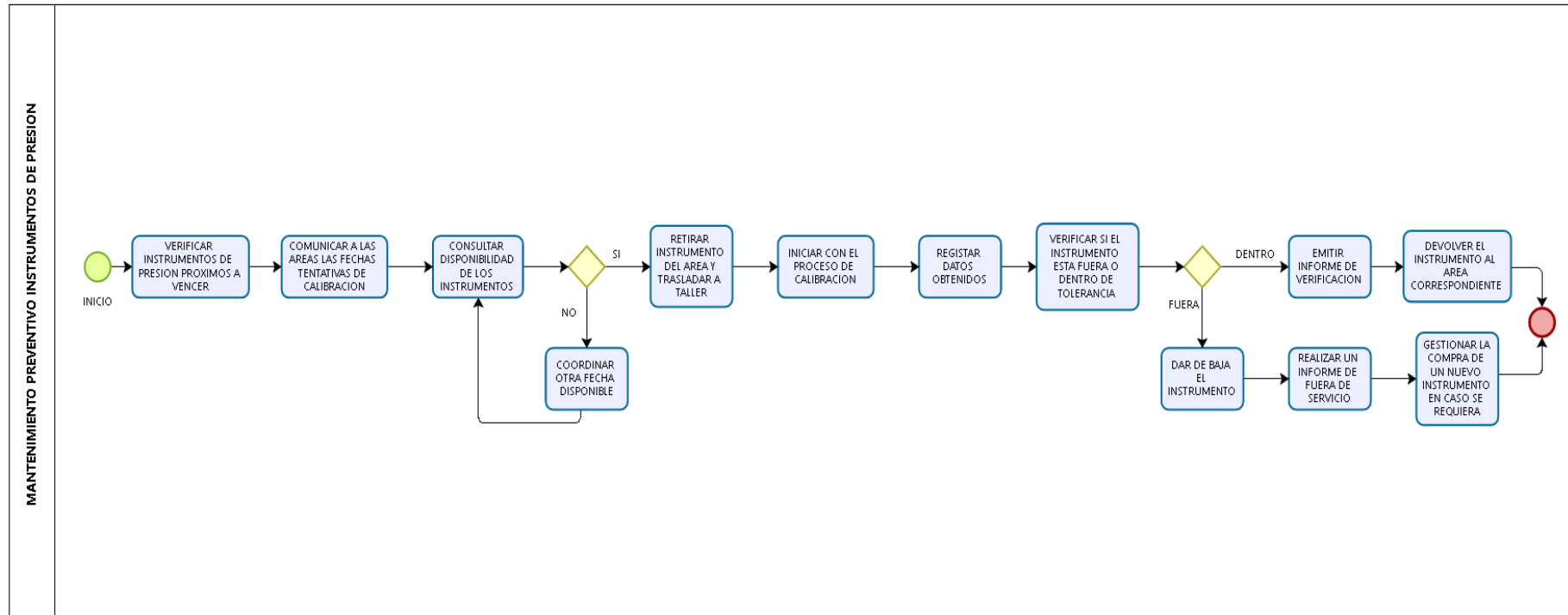
Recursos

Los recursos que se utilizarán para este mantenimiento serán los siguientes:

- Lentes de seguridad
- Guantes de seguridad
- Caso
- Zapatos de seguridad
- Llaves mixtas
- Wypall
- Papel bond
- Glicerina
- Equipo de presión

Figura 11

Proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de presión



Nota. Elaboración propia.

4.4.2.2. Plan de mantenimiento de instrumentos de longitud

- Objetivo

Tener todos los instrumentos correctamente calibrados para que las actividades o procesos realizados en planta sean de calidad y se evite tener medidas o datos erróneos los cuales pueden llegar a perjudicar a la empresa brindando un servicio de baja calidad ocasionando la pérdida de clientes importantes.

Encargados

- Supervisor de mantenimiento
- Programador de herramientas
- Técnico de herramientas
- Proveedor local

- Funciones

Supervisor de mantenimiento

- Corroborar que todo el personal pueda cumplir con el procedimiento establecido previamente.
- Verificar todo el llenado de documentos que el personal técnico deberá elaborar previo a la actividad.

- Programador de herramientas

- Tener un plan establecido del tiempo disponible del instrumento que se va a tratar.
- Coordinar con las demás áreas de trabajo la disponibilidad de los instrumentos de longitud.
- Coordinar con el proveedor la calibración y revisión de los instrumentos

- Técnico de herramientas

- Realizar la verificación completa del instrumento
- Llenar los checklists correspondientes a cada instrumento
- Embalar los instrumentos para el envío al proveedor
- Realizar una prueba final del funcionamiento del instrumento

- Proveedor local

- Recepcionar los instrumentos
- Realizar la calibración de los instrumentos
- Elaborar los certificados de calibración

- Datos técnicos de los instrumentos

Los instrumentos de longitud, velocidad y fuerza son enviados como se mencionó previamente a un proveedor externo el cual se encargara de realizar la calibración de los mismos, estos instrumentos de igual manera cuentan con un plan de distribución mensual los cuales fueron tomados en cuenta según el uso y la criticidad de los mismos, logrando que un instrumento del mismo tipo no coincida con otro igual permitiendo que en caso se retire uno del área de trabajo, el técnico pueda recurrir a prestarse el instrumento del otro taller.

Dentro de los instrumentos que más cantidad se tienen son los micrómetros de exteriores, interiores y vernier o pie de rey, estos instrumentos son los más usados en la mayoría de talleres y son los que más se requieren al momento de realizar compras.

Los micrómetros de exteriores se pueden encontrar tanto en pulgadas como en milímetros, considerando la marca más importante y como referente a Mitutoyo que al igual que los micrómetros de interiores, es la marca que mayor cantidad de instrumentos de longitud abarca.

Los rangos de micrómetros de exteriores pueden llegar desde los 0 mm hasta los 1200 mm según la actividad que se vaya a realizar de igual manera los micrómetros de interiores los más utilizados son los de 0 a 1000 mm.

Como los nombres indican ambos instrumentos son para medir partes internas o externas de los componentes que son reparados en taller, las medidas tienen que ser precisas y exactas ya que ante una falla el componente tendrá que pasar por un proceso de revisión desde 0.

Figura 12

Instrumento de medición de longitud



Nota: Imagen de un micrómetro de exteriores de 0 a 25mm

- Frecuencia

Los instrumentos de longitud cuentan con un plan el cual distribuye los instrumentos durante los 12 meses del año, los cuales posteriormente son enviados al proveedor para poder ser calibrados, cada instrumento tiene un periodo de calibración anual.

Figura 13

Dashboard de instrumentos de longitud



Nota: Plan de distribución de instrumentos de longitud, se distribuyen mensualmente, se toma como referencia la distribución realizada para el taller 1.

Desarrollo del plan

Los instrumentos que se encuentran en el grupo de longitud son calibrados por un proveedor externo, debido a que dentro del taller no se cuenta con los equipos que puedan calibrar los mismos, durante este proceso se coordina previamente con las diferentes áreas de trabajo la disponibilidad de los instrumentos, los cuales deberán estar listos 2 o 3 días después de haber enviado del correo solicitando la disposición de los mismos, se recolectaran todos los instrumentos programados para el mes correspondiente, se almacenaran en el taller de mantenimiento en donde se realizara la preparación para realizar el envío al proveedor, el técnico encargado tendrá que embalar y alistar la carga, y el programador realizara la creación de las ordenes de mantenimiento preventivo y las coordinaciones con el transportista y con el proveedor que realizara el proceso de calibración.

El proveedor enviara la cotización la cual deberá ser evaluada por supervisor del área, una vez aceptada se procederá a emitir los certificados de calibración y se realizara la coordinación para el retorno de los instrumentos al taller de mantenimiento.

Se realiza la verificación de los certificados de calibración con la finalidad de ver si el instrumento se encuentra dentro o fuera de tolerancia, en caso el instrumento se encuentre apto el técnico de herramientas procederá con la entrega de los mismos a las diferentes áreas. Si el instrumento se da como no apto, se realiza un informe de fuera de servicio, se realiza una consulta previa con el taller si se realizara la compra de un nuevo instrumento o si podrán reemplazarlo con uno similar.

Finalmente se suben los certificados al sistema y se da por finalizado el proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de longitud.

Tabla 22

Proceso de calibración instrumentos de longitud

Proceso	Actividad	Tiempo de atención	Tiempo total del proceso	Encargado
Calibración de instrumentos de longitud	Verificar los instrumentos asignados para el mes	1 día	15 días	Programador de herramientas
	Coordinar con los talleres la disponibilidad de los equipos			
	Crear las ordenes de mantenimiento en el SAP			
	Habilitar las ordenes de mantenimiento			
	Recoger los instrumentos de las diferentes áreas de trabajo	2 días		Técnico de herramientas
	Embalar los instrumentos para el envío			
	Coordinar con transportista el recojo de los instrumentos	1 día		Programador de herramientas
	Recepcionar instrumentos y verificar estado	8 días		Proveedor externo
	Realizar la calibración de instrumentos			
	Emitir certificados de calibración	1 día		Programador de herramientas
	Coordinar con transportista el retorno de los instrumentos			
	Revisión y entrega de instrumentos a sus áreas	2 días		Técnico de herramientas
	Revisión de certificados			Supervisor de mantenimiento
	Subir certificados al SAP			Programador de herramientas
	Dar cierre técnico a la orden de mantenimiento			

Nota: Actividades en el proceso de calibración de instrumentos de longitud y los encargados de cada actividad, se incluye actividades con el transportista.

Recursos

Los recursos que se utilizarán para este mantenimiento serán los siguientes:

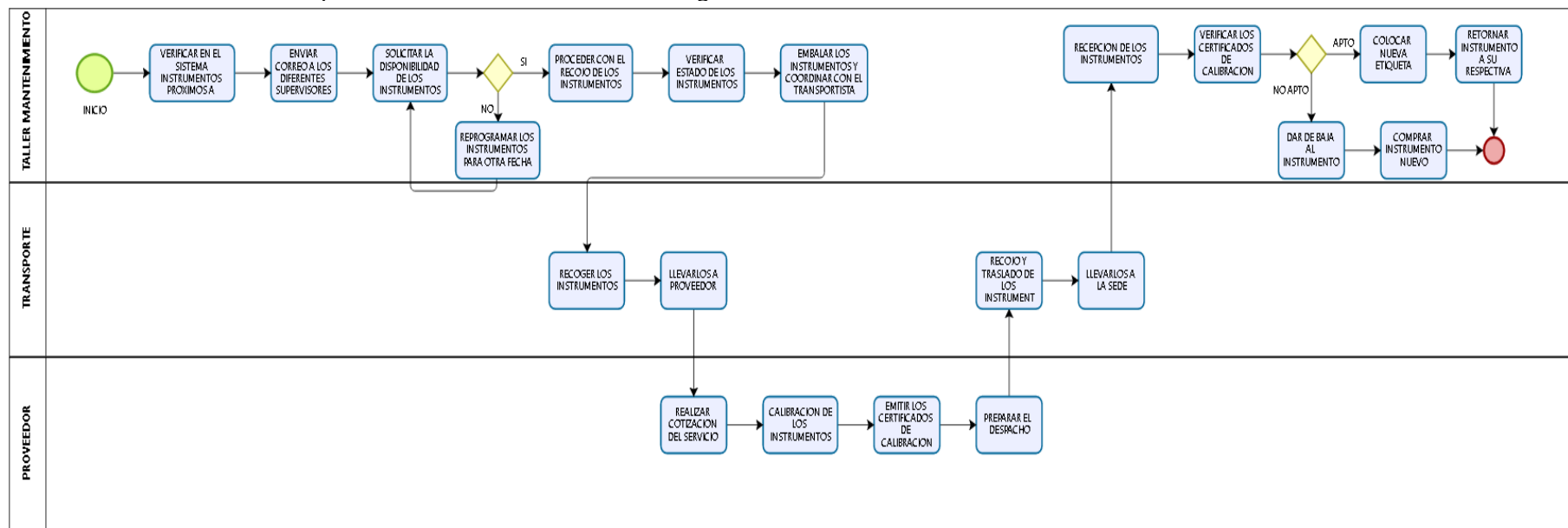
- Lentes de seguridad

- Guantes de seguridad
- Caso
- Zapatos de seguridad
- Llaves mixtas
- Wypall
- Papel bond
- Papel film
- Cinta de embalaje



Figura 14

Proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de longitud



Nota. Elaboración propia



4.4.2.3. Plan de mantenimiento de instrumentos de torque

- Objetivo

Cumplir con el plan de calibración semestral de los instrumentos de torque para que las áreas de trabajo puedan realizar los ajustes de los pernos con medidas exactas y poder tener un proceso de calidad con datos exactos y poder entregar el producto final en óptimas condiciones y con las menores fallas posibles.

- Encargados

- Supervisor de mantenimiento
- Programador de herramientas
- Técnico de herramientas
- Proveedor externo

- Funciones

Supervisor de mantenimiento

- Corroborar que todo el personal pueda cumplir con el procedimiento establecido previamente.
- Verificar todo el llenado de documentos que el personal técnico deberá elaborar previo a la actividad.

- Programador de herramientas

- Tener un plan establecido del tiempo disponible del instrumento que se va a tratar.
- Coordinar con las demás áreas de trabajo la disponibilidad de los instrumentos de fuerza.
- Coordinar con el proveedor la calibración y revisión de los instrumentos

- Técnico de herramientas

- Realizar la verificación completa del instrumento
- Llenar los checklists correspondientes a cada instrumento
- Embalar los instrumentos para el envío al proveedor
- Realizar una prueba final del funcionamiento del instrumento

- Proveedor externo

- Recepcionar los torquímetros
- Realizar la calibración de los torquímetros
- Elaborar los certificados de calibración
- Enviar los torquímetros nuevamente.

- Datos técnicos de los instrumentos

Los torquímetros y herramientas de torque a diferencia de los demás instrumentos de medición, tienen un periodo de calibración distinto esto debido a su uso y a la forma en que los técnicos usan esta herramienta que es sumamente peligrosa por la fuerza que ejercen, los torquímetros se pueden clasificar de distintas formas:

- Encastre

Los encastres se medirán en pulgadas y de acuerdo al encastre el torquímetro contara con un rango distinto

- $\frac{1}{4}$ " con un rango de 5-40 IN. LB.
- $\frac{3}{8}$ " con un rango de 5-100 FT. LB.
- $\frac{1}{2}$ " con un rango de 12.5-250 FT. LB.
- 1" con un rango de 200 - 1000 FT.LB

- Tipo

El tipo de torquímetro puede ser calificado de las siguientes formas:

- Digital
- Analógico
- Sin encastre
- Dial

Figura 15

Instrumento de torque



Nota: Torquímetro digital de $\frac{3}{8}$ de encastre.

Frecuencia

Los torquímetros e instrumentos de torque tienen una frecuencia de calibración semestral, esto debido a diversos factores como recomendación del proveedor, acuerdo entre gerencias de la empresa, y por la fuerza que se aplica en cada uno de los torquímetros. Al igual que los instrumentos, los torquímetros cuentan con una distribución en todos los meses, de tal manera que no coincidan 2 del mismo tipo en el mismo mes, siempre y cuando pertenezcan al mismo taller.

Figura 16
Dashboard instrumentos de torque



Nota: torquímetros del taller 1 que es donde la gran mayoría de estos instrumentos se encuentran, se evidencia el plan de calibración mensual y la distribución de los mismos en cada área de trabajo.

Desarrollo del plan

Los instrumentos que se encuentran en el grupo de fuerza son calibrados por un proveedor externo, debido a que dentro del taller no se cuenta con los equipos que puedan calibrar los mismos, durante este proceso se coordina previamente con las diferentes áreas de trabajo la disponibilidad de los instrumentos, los cuales deberán estar listos 2 o 3 días después de haber enviado del correo solicitando la disposición de los mismos, se recolectaran todos los instrumentos programados para el mes correspondiente, se almacenaran en el taller de mantenimiento en donde se realizara la preparación para realizar el envío al proveedor, el técnico encargado tendrá que embalar y alistar la carga , y el programador realizara la creación de las ordenes de mantenimiento preventivo y las coordinaciones con el transportista y con el proveedor que realizara el proceso de calibración.

El proveedor enviara la cotización la cual deberá ser evaluada por supervisor del área, una vez aceptada se procederá a emitir los certificados de calibración (Anexo 2), además de ello se realizará el envío de la próxima calibración programada, esto debido a que el proveedor se encarga de realizar el etiquetado de los instrumentos, se realizara la coordinación para el retorno de los instrumentos al taller de mantenimiento.

Se realiza la verificación de los certificados de calibración con la finalidad de ver si el instrumento se encuentra dentro o fuera de tolerancia, en caso el instrumento se encuentre apto el técnico de herramientas procederá con la entrega de los mismos a las diferentes áreas. Si el instrumento se da como no apto, se realiza un informe de fuera de servicio, se realiza una consulta previa con el taller si se realizara la compra de un nuevo instrumento o si podrán reemplazarlo con uno similar.

Finalmente se suben los certificados al sistema y se da por finalizado el proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de longitud.

Tabla 23
Proceso de calibración de torquímetros

Proceso	Actividad	Tiempo de atención	de	Tiempo total del proceso	Encargado	
Calibración de instrumentos de fuerza	Verificar los torquímetros asignados para el mes	1 día	de	18 días	Programador herramientas	de
	Coordinar con los talleres la disponibilidad de los torques					
	Crear las ordenes de mantenimiento preventivo en el SAP					
	Habilitar las ordenes de mantenimiento					
	Recoger los torquímetros de las diferentes áreas de trabajo	1 día			Técnico herramientas	de
	Embalar los instrumentos para el envío a proveedor externo					
	Coordinar con transportista el recojo de los instrumentos					
	Enviar los torquímetros a Lima					
	Recepcionar torquímetros y verificar estado	13 días			Proveedor externo	
	Realizar la calibración de los torquímetros					
	Emitir certificados de calibración					
	Coordinar con transportista el retorno de los torquímetros					
	Revisión final y entrega de torquímetros a sus áreas	1 días			Programador herramientas	de
	Revisión de certificados					
	Subir certificados al SAP					
	Dar cierre técnico a la orden de mantenimiento					
	2 días	Técnico herramientas	de			
		Supervisor mantenimiento	de			
		Programador herramientas	de			

Nota: Actividades en el proceso de calibración torquímetros, para estos instrumentos de fuerza se coordinará el traslado a un proveedor de Lima.

Recursos

Los recursos que se utilizarán para este mantenimiento serán los siguientes:

- Lentes de seguridad
- Guantes de seguridad
- Caso
- Zapatos de seguridad
- Llaves mixtas
- Wypall
- Papel bond
- Papel film
- Cinta de embalaje

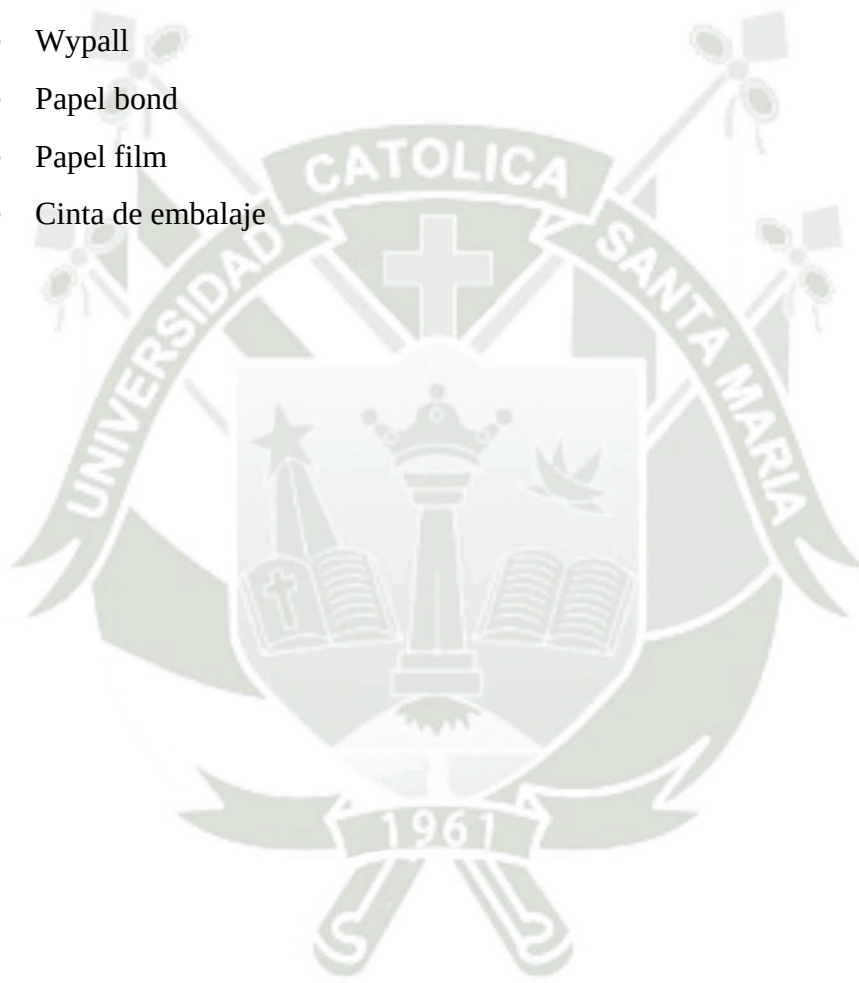
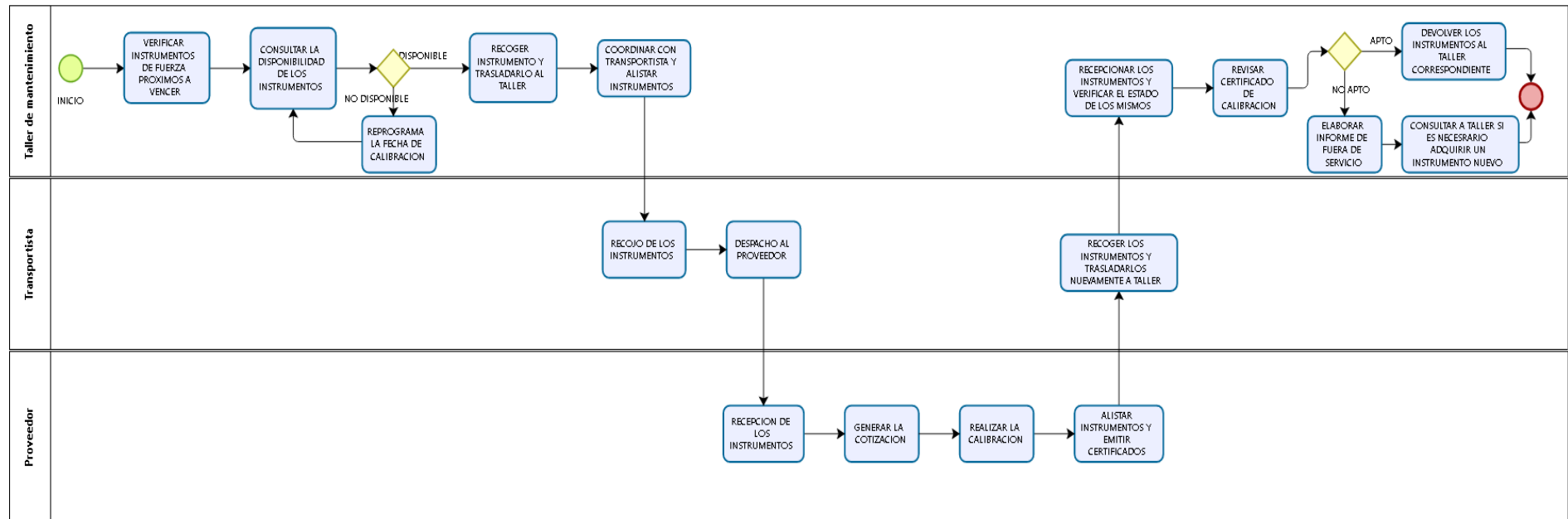


Figura 17
Proceso de calibración de instrumentos de fuerza



Nota. Elaboración propia.

4.4.2.4. Plan de mantenimiento de instrumentos de temperatura

- Objetivo

Tener todos los instrumentos de temperatura correctamente calibrados, para tener una correcta toma de datos al momento de medir la temperatura en la prueba de funcionamiento de los motores, permitiendo que la prueba se realice con normalidad y bote los resultados correctos y brindar un servicio de calidad.

- Encargados

- Supervisor de mantenimiento
- Programador de herramientas
- Técnico de herramientas

- Funciones

Supervisor de mantenimiento

- Corroborar que todo el personal pueda cumplir con el procedimiento establecido previamente.
- Verificar todo el llenado de documentos que el personal técnico deberá elaborar previo a la actividad.

- Programador de herramientas

- Tener un plan establecido del tiempo disponible del instrumento que se va a tratar.
- Coordinar con las demás áreas de trabajo la disponibilidad de los instrumentos de temperatura.
- Preparar el calibrador de temperatura

- Técnico de herramientas

- Realizar la verificación completa del instrumento
- Llenar los checklists correspondientes a cada instrumento
- Limpiar las termocuplas y sensores de temperatura.
- Realizar una prueba final del funcionamiento del instrumento

- Datos técnicos de los instrumentos

Los instrumentos de temperatura tendrán un plan de calibración anual si estos son las pistolas de temperatura y un mantenimiento semestral si son termocuplas, sensores de temperatura y relojes de temperatura.

Los rangos de temperatura que mide cada uno de los instrumentos son los siguientes:

- Pistola de temperatura 0-1000 C°
- Sensor de temperatura 0-1000 F°

- Termocupla 0-1450 F°
- Reloj de temperatura 10-150 C°

Figura 18

Instrumento de temperatura



Nota: Imagen de un sensor de temperatura que se utiliza para las pruebas de funcionamiento de motores.

Frecuencia

Los instrumentos de temperatura tienen un periodo de calibración tanto mensual como anual, dependerá de que tipo de instrumento sea, en este caso contamos con 3 tipos de instrumentos los cuales serán distribuidos, sensores y termocuplas semestralmente los cuales serán calibrados en mayo y noviembre, y las pistolas de temperatura que tendrán un periodo de calibración anual.

Figura 19
Dashboard de instrumentos de temperatura



Nota: plan de calibración de termocuplas, relojes de temperatura y sensores en el mes de mayo, se considera este mes por la disponibilidad de los instrumentos.

Desarrollo del plan

Los instrumentos que se encuentran en el grupo de temperatura son calibrados por el mismo taller de mantenimiento, al no contar con una acreditación se le llamara al proceso como una verificación, durante este proceso se coordina previamente con las diferentes áreas de trabajo la disponibilidad de los instrumentos, los cuales deberán estar listos 2 o 3 días después de haber enviado del correo solicitando la disposición de los mismos, se recolectaran todos los instrumentos programados para el mes correspondiente, se almacenaran en el taller de mantenimiento en donde se realizara la preparación para realizar la verificación correspondiente, el técnico encargado tendrá que limpiar y preparar los sensores de temperatura y termocuplas las cuales serán verificadas en el equipo calibrador de temperatura y se harán las lecturas de temperatura con un medidor digital.

Se realizará una prueba según se solicitud del taller, ya sea en 600 F° o en 1200 F° según la indicación previa de cada taller, posterior a ello se anotarán los datos para evaluar si los instrumentos están aptos o no para su uso, se tomará como referencia un EMP de 15 F° el cual si el instrumento excede se dará automáticamente de baja y se procederá a realizar la compra de uno nuevo. En caso el instrumento este apto, se realizará el etiquetado correspondiente y posterior a ello se entregará el instrumento al taller correspondiente.

El programador de herramientas se encargará de elaborar los informes de verificación colocando todos los datos que el área correspondiente solicite (Anexo 5).

Finalmente se suben los certificados al sistema y se da por finalizado el proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de temperatura.

Tabla 24

Proceso calibración instrumentos de temperatura

Proceso	Actividad	Tiempo de atención	de	Tiempo total del proceso	Encargado
Calibración de instrumentos de temperatura (sensores de presión, relojes de temperatura y termocuplas)	Verificar los instrumentos asignados para el mes	1 día		9 días	Programador de herramientas
	Coordinar con los talleres la disponibilidad de los equipos y de las áreas				
	Crear las ordenes de mantenimiento en el SAP				
	Habilitar las ordenes de mantenimiento				
	Calentar equipo de calibración a la temperatura que el cliente solicite.	1 día			Técnico de herramientas
	Realizar la verificación de los instrumentos de temperatura	2 días			Técnico de herramientas
	Tomar los datos mostrados en el indicador digital				
	Analizar los datos y verificarlos	1 día			Programador de herramientas
	Realizar el informe de verificación				
	Validar del informe de verificación	2 día			Supervisor de mantenimiento
	Subir documentos al SAP	1 día			Programador de herramientas
	Dar cierre técnico a la orden de mantenimiento				

Nota: Actividades en el proceso de calibración de instrumentos de temperatura como sensores de temperatura o termocuplas y además se visualiza la actividad de cada trabajador.

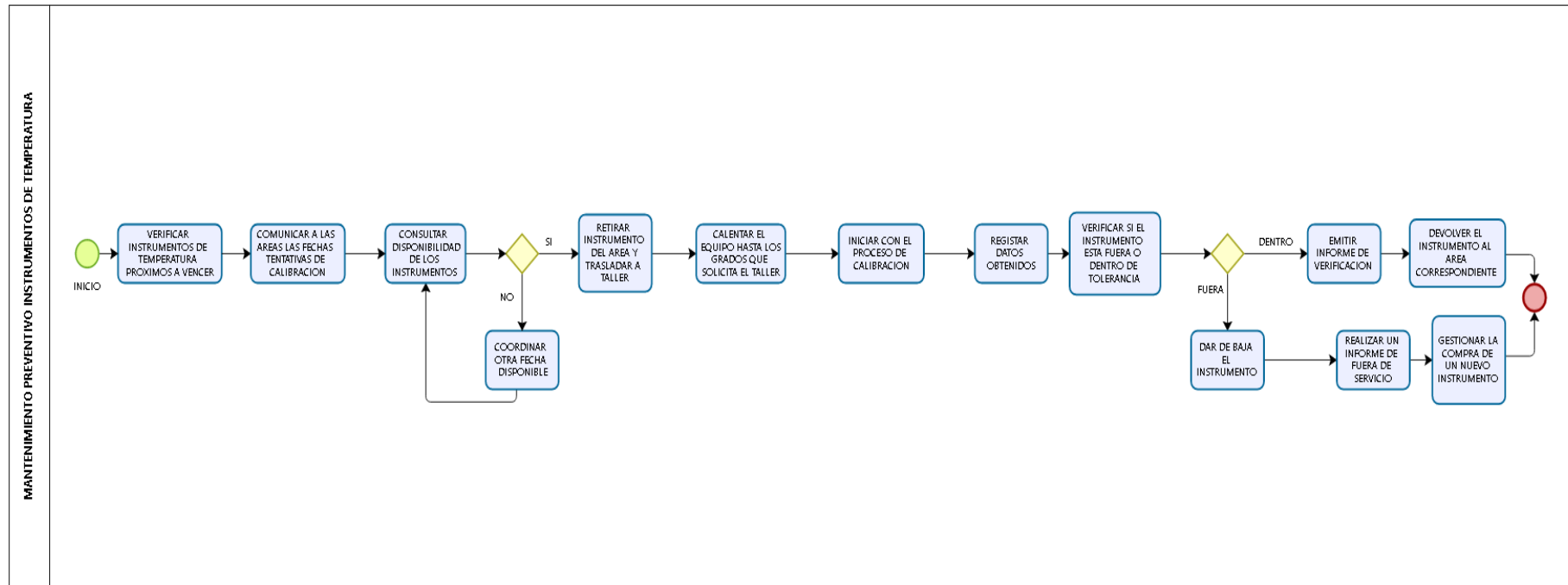
Recursos

Los recursos que se utilizarán para este mantenimiento serán los siguientes:

- Lentes de seguridad
- Guantes de seguridad
- Caso
- Zapatos de seguridad
- Llaves mixtas
- Wypall
- Limpia contacto
- Calibrador de temperatura

Figura 20

Proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de temperatura



Nota. Elaboración propia.

4.4.2.5. Plan de mantenimiento de instrumentos de flujo

- Objetivo

Contar con todos los flujómetros correctamente calibrados, para que los procesos de prueba de componentes tengan resultados óptimos y no presenten fallas al momento de entregar el producto final al proveedor.

- Encargados

- Supervisor de mantenimiento
- Programador de herramientas
- Técnico de herramientas

- Funciones

Supervisor de mantenimiento

- Corroborar que todo el personal pueda cumplir con el procedimiento establecido previamente.
- Verificar todo el llenado de documentos que el personal técnico deberá elaborar previo a la actividad.

- Programador de herramientas

- Tener un plan establecido del tiempo disponible del instrumento que se va a tratar.
- Coordinar con las demás áreas de trabajo la disponibilidad de los instrumentos de flujo.
- Alistar los patrones de flujo y el panel digital

- Técnico de herramientas

- Realizar la verificación completa del instrumento
- Llenar los checklists correspondientes a cada instrumento
- Limpiar los flujómetros e identificar la capacidad de cada uno
- Realizar una prueba final del funcionamiento del instrumento

- Datos técnicos de los instrumentos

Los instrumentos de flujo servirán para poder medir la cantidad de aceite o combustible que pasara por distintas partes del componente que se probara, servirán para que el técnico al momento de realizar pueda graduar el flujo de acuerdo a lo que la prueba requiera, realizando así esta graduación exacta y sin valores que puedan perjudicar el proceso, los flujómetros que se encuentran en planta son clasificados por sus rangos:

- Flujómetro 1-30 GPM
- Flujómetro 2-80 GPM
- Flujómetro 5-210 GPM
- Flujómetro 12.5-400 GPM

Figura 21
Instrumento de flujo



Nota: flujómetros de 5-210 GPM antes de ser calibrados

Frecuencia

Los instrumentos de flujo tendrán una frecuencia de calibración semestral, las fechas en los que los instrumentos de flujo son calibrados son en mayo y noviembre, de igual manera estas fechas son escogidas por la disponibilidad del taller y de los mismos flujómetros

Figura 22
Dashboard plan flujómetros

ULTIMA ACTUALIZACION
15/01/2024 08:55:32 a.m.

COD SAP	DESCRIPCION	BAHIA	MEDIDA	RANGO	N° SERIE	N/PMODELO	MARCA	TIPO PLAN	ESTADO	DIAS CALIB
10055931	FLUJOMETRO INTERNO (C49)	BH1	-	1.3-40...	H00045	CT150-SV-S...	WEBTEC	6M	EN BAHIA	✓
10055909	FLUJOMETRO EXTERNO	BH1	-	12.5-40...	K300047	LT1500-FM...	WEBTEC	6M	EN BAHIA	✓
10055910	FLUJOMETRO EXTERNO	BH1	-	12.5-40...	K300044	LT1500-FM...	WEBTEC	6M	EN BAHIA	✓
10055922	FLUJOMETRO EXTERNO	BH1	-	1-30 GPM	H000037	4C-9436	CATERP...	6M	EN BAHIA	✓
10055923	FLUJOMETRO EXTERNO	BH1	-	1-30 GPM	H000038	4C-9436	CATERP...	6M	EN BAHIA	✓
10055924	FLUJOMETRO EXTERNO	BH1	-	1-30 GPM	H000039	4C-9436	CATERP...	6M	EN BAHIA	✓
10061349	FLUJOMETRO	BH2	-	2-15 GPM	1212075	6V-7780	CATERP...	6M	EN BAHIA	✓
10055899	FLUJOMETRO	BCH	-	2-80 GPM	HT00100	LT300-FR-S...	WEBTEC	6M	EN BAHIA	✓
10055900	FLUJOMETRO	BCH	-	2-80 GPM	HT00098	LT300-FR-S...	WEBTEC	6M	EN BAHIA	✓
10071411	FLUJOMETRO	BH2	1-5/16"	2-80 GPM	HR00274	CT300-MA...	WEBTEC	6M	EN BAHIA	✓
10071412	FLUJOMETRO	BH2	1-5/16"	2-80 GPM	JE00005	CT300-MA...	WEBTEC	6M	EN BAHIA	✓
10055919	FLUJOMETRO	BH2	-	5-160 G...	M000302	4C-9910	CATERP...	6M	EN BAHIA	✓
10055912	FLUJOMETRO	BH2	-	5-160 G...	M000302	4C-9910	CATERP...	6M	EN BAHIA	✓
10055932	FLUJOMETRO INTERNO (C34)	BH1	-	5-210 G...	X000016	CT800-SV-...	WEBTEC	6M	EN BAHIA	✓
10055933	FLUJOMETRO INTERNO (C54)	BH1	-	5-210 G...	X000017	CT800-SV-...	WEBTEC	6M	EN BAHIA	✓
10055934	FLUJOMETRO INTERNO (C96)	BH1	-	5-210 G...	X000018	CT800-SV-...	WEBTEC	6M	EN BAHIA	✓
10055906	FLUJOMETRO	BH2	-	5-210 G...	KD00003	CT300R-MA...	WEBTEC	6M	EN BAHIA	✓
10055951	FLUJOMETRO	BH2	-	5-210 G...	IR00070	CT800-MA...	WEBTEC	6M	EN BAHIA	✓
10061350	FLUJOMETRO	BH2	-	5-50 GPM	1314282	H701A-010...	HYDRAC...	6M	EN BAHIA	✓
10055925	FLUJOMETRO EXTERNO	BH1	-	7-200 G...	MB00067	4C-8686	CATERP...	6M	EN BAHIA	✓
10055926	FLUJOMETRO EXTERNO	BH1	-	7-200 G...	MB00070	4C-8686	CATERP...	6M	EN BAHIA	✓
10055927	FLUJOMETRO EXTERNO	BH1	-	7-200 G...	MB00066	4C-8686	CATERP...	6M	EN BAHIA	✓
10055928	FLUJOMETRO EXTERNO	BH1	-	7-200 G...	MB00071	4C-8686	CATERP...	6M	EN BAHIA	✓
10055929	FLUJOMETRO EXTERNO	BH1	-	7-200 G...	MB00069	4C-8686	CATERP...	6M	EN BAHIA	✓
10055930	FLUJOMETRO EXTERNO	BH1	-	7-200 G...	MB00068	4C-8686	CATERP...	6M	EN BAHIA	✓

MES PROGRAMADO
☐ 2024
☐ 05. Mayo

25

ESTADO DE HERRAMIENTAS

EN BAHIA 25

Nota: flujómetros programados para calibrar en mayo del 2024

Desarrollo del plan

Los instrumentos que se encuentran en el grupo de flujo son calibrados por el mismo taller de mantenimiento, al no contar con una acreditación se le llamara al proceso como una verificación, durante este proceso se coordina previamente con las diferentes áreas de trabajo la disponibilidad de los instrumentos, los cuales deberán estar listos 2 o 3 días después de haber enviado del correo solicitando la disposición de los mismos, se recolectaran todos los instrumentos programados para el mes correspondiente, se coordinara con la misma área debido a que la calibración se realizara in situ, el técnico encargado tendrá que limpiar y preparar los sensores de temperatura y termocuplas las cuales serán verificadas en el equipo calibrador de temperatura y se harán las lecturas de temperatura con un medidor digital.

Se realizará una prueba según se solicitud del taller, ya sea en 40 GPM, 250 GPM y 450 GPM, según la indicación previa de cada taller, posterior a ello se anotarán los datos para evaluar si los instrumentos están aptos o no para su uso, según indicaciones de laboratorio de calibraciones de Lima se tomará como referencia un EMP de 5 GPM el cual si el instrumento excede se dará automáticamente de baja y se procederá a realizar la compra de uno nuevo. En caso el instrumento este apto, se realizará el etiquetado correspondiente y posterior a ello se entregará el instrumento al taller correspondiente.

El programador de herramientas se encargará de elaborar los informes de verificación colocando todos los datos que el área correspondiente solicite (Anexo 6).

Finalmente se suben los certificados al sistema y se da por finalizado el proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de flujo.

Tabla 25
Proceso calibración de instrumentos de flujo

Proceso	Actividad	Tiempo de atención	de	Tiempo total del proceso	Encargado
Calibración de instrumentos de flujo	Verificar los instrumentos asignados para el mes	1 día			Programador de herramientas
	Coordinar con los talleres la disponibilidad de los equipos y de las áreas				
	Crear las ordenes de mantenimiento en el SAP				
	Habilitar las ordenes de mantenimiento			8 días	
	Conectar los flujómetros y el patrón en la maquina donde serán calibrados los instrumentos.	1 día			Técnico de herramientas
	Realizar la verificación de los flujómetros en el flujo solicitado por el cliente	2 días			Técnico de herramientas
	Tomar los datos mostrados en el indicador digital				
	Analizar los datos y verificarlos	1 día			Programador de herramientas
	Realizar el informe de verificación				
	Validar del informe de verificación	2 día			Supervisor de mantenimiento
	Subir documentos al SAP	1 día			Programador de herramientas
	Dar cierre técnico a la orden de mantenimiento				

Nota: Actividades en el proceso de calibración de instrumentos de flujo y los encargados de cada actividad.

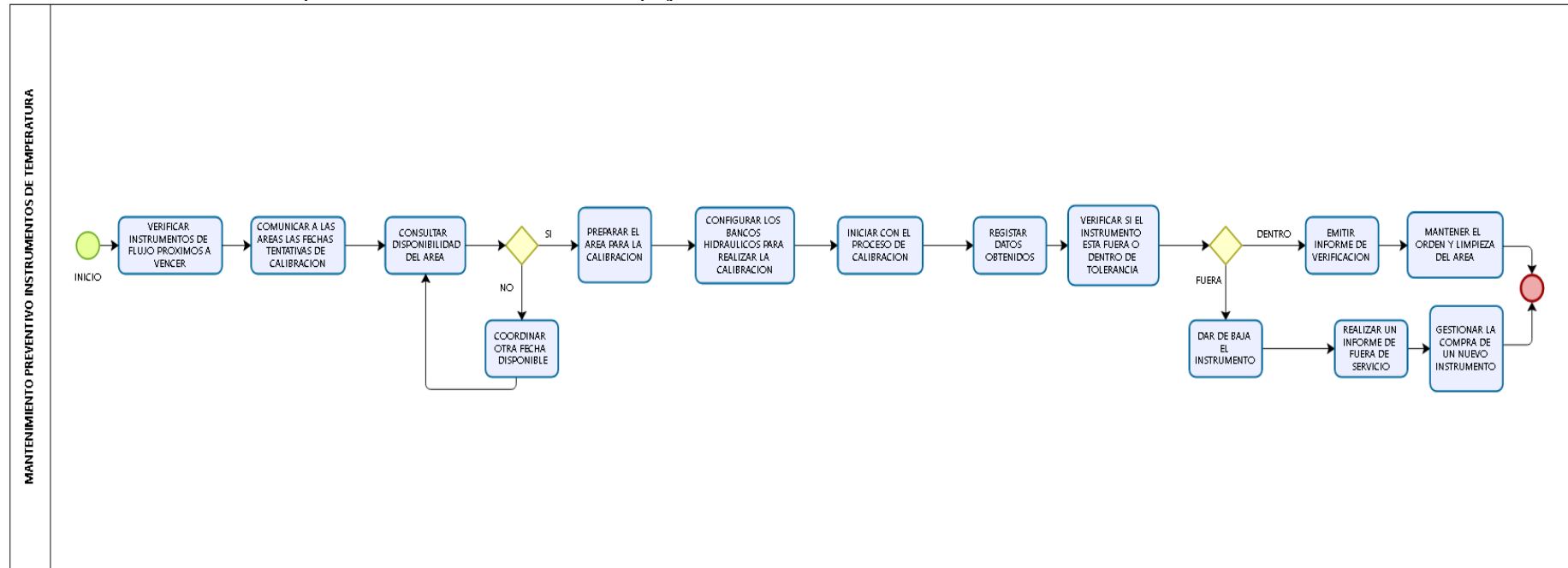
Recursos

Los recursos que se utilizarán para este mantenimiento serán los siguientes:

- Lentes de seguridad
- Guantes de seguridad
- Caso
- Zapatos de seguridad
- Llaves mixtas
- Wypall
- Limpia contacto
- Patrones de flujo
- Panel digital

Figura 23

Proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de flujo



Nota. Elaboración propia.

4.4.2.6. Plan de mantenimiento preventivo de herramientas de poder (eléctricas, neumáticas e hidráulicas)

- Objetivo

Realizar el mantenimiento preventivo completo de todas las herramientas de poder (eléctricas, neumáticas e hidráulicas) para evitar daños futuros debido a la fuerza que ejercen las herramientas pueden causar lesiones muy graves.

Tener las herramientas correctamente inspeccionadas de tal manera que el operador se sienta tranquilo de utilizarlas y poder realizar su trabajo de manera segura.

- Encargados

- Supervisor de mantenimiento
- Programador de herramientas
- Técnico de herramientas

- Funciones

Supervisor de mantenimiento

- Corroborar que todo el personal pueda cumplir con el procedimiento establecido previamente.
- Verificar todo el llenado de documentos que el personal técnico deberá elaborar previo a la actividad.

- Programador de herramientas

- Tener un plan establecido del tiempo disponible de la herramienta que se va a tratar.
- Coordinar con las demás áreas de trabajo la disponibilidad de las herramientas de poder.
- Alistar los materiales e insumos que se utilizarán durante el proceso

- Técnico de herramientas

- Realizar la verificación completa de la herramienta
- Llenar los checklists correspondientes a cada herramienta
- Limpiar las herramientas e instrumentos a utilizar
- Realizar una prueba final del funcionamiento de la herramienta

Datos técnicos de las herramientas

Las herramientas de poder son utilizadas para realizar actividades que demanden mayor fuerza de la que puede ejercer un torquímetro, estas herramientas se pueden clasificar y caracterizar según:

- Tipo

- Hidráulica

Cuyo rango esta entre 209-4175 ft/lbs.

Las herramientas hidráulicas tienen encastres desde 3/4 de pulgada hasta 2 3/16 pulgadas

- Neumática

Los rangos de las herramientas pueden llegar hasta los 4340 N.m

Las herramientas neumáticas tienen encastres desde 3/4 de pulgada hasta 1 1/2 pulgadas.

- Eléctrica

Los rangos de las herramientas eléctricas pueden llegar hasta los 5000 ft/lbs.

Las herramientas eléctricas tienen encastres desde 3/4 de pulgada hasta 1 1/2 pulgadas.

Figura 24

Herramienta de poder



Nota: Herramienta eléctrica de 1" de encastre de marca RAD

- Frecuencia

Las herramientas de poder contarán con una frecuencia de mantenimiento preventivo semestral según la indicación del proveedor y según se acordó con el área de seguridad debido a la fuerza que ejercen estas herramientas.

- Desarrollo del plan

El mantenimiento preventivo de las herramientas se realizará en el taller o un proveedor según sea necesario.

En el mantenimiento preventivo se identifica primeramente el tipo de herramienta que se recibirá en el taller, cuando la herramienta es de alto torque automáticamente se envía

al proveedor a realizar el mantenimiento ya sea semestral o anual según corresponda, posterior a ello el proveedor realizara un informe de inspección en donde detallara todas las fallas encontradas y a que se realizara el mantenimiento (Anexo 4).

- Mantenimiento semestral

Se realizará una limpieza general de todos los componentes internos de la herramienta, se hará la prueba de fisura y se cambiarán las piezas pequeñas dañadas, finalmente se realizará la calibración de la herramienta.

- Mantenimiento anual

Se realizará limpieza general de todos los componentes internos de la herramienta, se harán cambios de componentes grandes en mal estado, se realizará la prueba de fisura, finalmente se realizará la calibración de la herramienta.

Cuando la herramienta es de otro tipo se realiza el mantenimiento preventivo en el taller, en donde el técnico encargado realizará una primera inspección para determinar los materiales que utilizan e instrumentos que usará.

- Si la herramienta es eléctrica realizará una limpieza interna, cambio de carbones, cambio de cable y una prueba de funcionamiento final. Cuando la herramienta es neumática, realizará la limpieza interna completa, si requiere el cambio de algún componente pequeño se realizará previa coordinación, finalmente se realizará una prueba de funcionamiento final.

Tabla 26
Proceso de mantenimiento preventivo de herramientas de poder

Proceso	Actividad	Tiempo de atención	Tiempo total del proceso	Encargado
Mantenimiento preventivo para herramientas de poder	Verificar las herramientas asignadas para el mes e identificar el tipo de herramienta	1 día	21 días	Programador de herramientas
	Coordinar con los talleres la disponibilidad de las herramientas			
	Crear las ordenes de mantenimiento preventivo en el SAP			
	Habilitar las ordenes de mantenimiento preventivo	3 días		Técnico de herramientas
	Recoger las herramientas de las diferentes áreas de trabajo			
	Revisar la herramienta e identificar si se reparara en taller o enviara a un proveedor			
	Coordinar con transportista el recojo de las herramientas en caso se requiera	1 día		Programador de herramientas
	Recepcionar las herramientas y realizar informe de inspección y enviar cotización	14 días		Proveedor externo
	Realizar el mantenimiento preventivo de la herramienta enviada			
	Emitir informe de reparación e informe de calibración			
	Coordinar con transportista el retorno de las herramientas	1 día		Programador de herramientas
	Revisión y entrega de las herramientas a sus áreas	3 días		Técnico de herramientas
	Revisión de certificados e informes de reparación			Supervisor de mantenimiento
	Subir certificados al SAP			Programador de herramientas
	Dar cierre técnico a la orden de mantenimiento			

Nota: Actividades en el proceso de mantenimiento preventivo de herramientas de poder eléctricas, hidráulicas o neumáticas y los encargados de cada actividad, se incluye actividades con el transportista.

Recursos

Los recursos que se utilizarán para este mantenimiento serán los siguientes:

- Limpia contacto
- Desengrasante RPW 49
- Lubricante WD40

- Cable vulcanizado 2x16 awg
- Grasa de rueda dentada
- Carbones
- Mennekes
- Llaves mixtas
- Llaves allen
- Alicates corte
- Desarmadores
- Pinza amperimétrica
- Multímetro
- Prensa terminal
- Juego de dados

4.4.2.7. Plan de mantenimiento correctivo general

Plan de mantenimiento correctivo de herramientas de poder (eléctricas, neumáticas e hidráulicas)

- Objetivo

Poder solucionar inmediatamente las fallas que la herramienta presenta durante su uso o antes de su uso.

Evitar que la herramienta sea usada en mal estado y pueda causar lesiones de gravedad al personal.

- Encargados

- Supervisor de mantenimiento
- Programador de herramientas
- Técnico de herramientas

- Funciones

Supervisor de mantenimiento

- Corroborar que todo el personal pueda cumplir con el procedimiento establecido previamente.
- Verificar todo el llenado de documentos que el personal técnico deberá elaborar previo a la actividad.

- Programador de herramientas

- Tener un plan establecido del tiempo disponible de la herramienta que se va a tratar.
- Coordinar con las demás áreas de trabajo la disponibilidad de las herramientas de poder.

- Alistar los materiales e insumos que se utilizarán durante el proceso
- Gestionar la compra de repuestos
- Coordinar con el proveedor
- Técnico de herramientas
 - Realizar la verificación completa de la herramienta
 - Llenar los checklists correspondientes a cada herramienta
 - Limpiar las herramientas e instrumentos a utilizar
 - Realizar una prueba final del funcionamiento de la herramienta

Desarrollo del plan

El mantenimiento correctivo de herramientas de poder se realizará en el taller de ser viable la reparación o se enviará a un proveedor para que realice el análisis de la falla y se determine si será viable la reparación o se dará como fuera de servicio la herramienta.

Cuando el mantenimiento se realiza en el taller de mantenimiento el técnico encargado realizará una evaluación completa en la cual determinará las fallas, según la herramienta a utilizar el técnico solicita los materiales necesarios y los accesorios que reemplazará con la finalidad de realizar o concluir el mantenimiento correctivo de manera óptima.

El técnico una vez finalizado el mantenimiento realizará un informe final en donde indicará todo lo realizado, las fallas encontradas y las recomendaciones según la falla encontrada. finalmente se realizará el etiquetado correspondiente indicando que el equipo fue reparado, posterior a ello se entregará el equipo al área correspondiente (Anexo 3).

en caso la herramienta requiera ser enviada al proveedor, se deberá de coordinar previamente el envío con la finalidad de verificar la disponibilidad del taller del proveedor para evitar tiempos muertos debido a que se tiene que cumplir un objetivo por cada mantenimiento realizado, el proveedor recibirá la herramienta en donde emitirá un informe y una cotización, posterior a ello confirma que el equipo se encuentra listo para el retorno y emitirá un informe final donde indicara todo lo que se realizó en el mantenimiento correctivo. Una vez que la herramienta retorna al taller se hará una prueba de funcionamiento final y posterior a ello se realizará la entrega de la misma al área correspondiente.

• Recursos

Los recursos que se utilizarán para este mantenimiento serán los siguientes:

- Limpia contacto
- Desengrasante RPW 49
- Lubricante WD40

- Cable vulcanizado 2x16 awg
- Grasa de rueda dentada
- Carbones
- Mennekes
- Llaves mixtas
- Llaves allen
- Alicata corte
- Desarmadores
- Pinza amperimétrica
- Multímetro
- Prensa terminal
- Juego de dados
- Repuestos (rodamientos, ejes, piñones, acoples)

Plan de mantenimiento correctivo de instrumentos (fuerza, longitud, presión, temperatura y flujo)

- Objetivo
 - Evitar que el personal realice mediciones incorrectas.
 - Evitar lesiones graves en el personal que utiliza los instrumentos dañados o en mal estado.
- Encargados
 - Supervisor de mantenimiento
 - Programador de herramientas
 - Técnico de herramientas
- Funciones
 - Supervisor de mantenimiento
 - Corroborar que todo el personal pueda cumplir con el procedimiento establecido previamente.
 - Verificar todo el llenado de documentos que el personal técnico deberá elaborar previo a la actividad.
 - Programador de herramientas
 - Tener un plan establecido del tiempo disponible del instrumento que se va a tratar.
 - Coordinar con las demás áreas de trabajo la disponibilidad de los instrumentos (fuerza, longitud, presión, temperatura y flujo).

- Alistar los materiales e insumos que se utilizaran durante el proceso
- Gestionar la compra de repuestos
- Coordinar con el proveedor
- Técnico de herramientas
 - Realizar la verificación completa de los instrumentos
 - Llenar los checklists correspondientes a cada instrumento
 - Limpiar los instrumentos a utilizar
 - Realizar una prueba final del funcionamiento del instrumento

Desarrollo del plan

El mantenimiento correctivo en instrumentos se realiza en el mismo taller en caso se vea viable la reparación y se cuente con el stock suficiente de los repuestos. En caso la reparación no sea viable y no se cuente con stock se hará el envío del instrumento al proveedor con finalidad de que el instrumento sea reparado.

Los mantenimientos correctivos de los instrumentos se dan cuando el instrumento comienza a fallar o presenta alguna avería, fisura, o se encuentra roto y no se puede seguir usando, se procederá a coordinar el recojo del instrumento y se realizará un primer análisis en el taller en el cual se determinará si se realiza en el mismo taller o se enviará a proveedor, el cual una vez tenga recepcionado el instrumento realizará una evaluación la cual determinará si podrán repararlo o se dará de baja definitivamente, en caso se dé como fuera de servicio, se procederá a emitir un informe de fuera de servicio y posterior a ello se realizará la consulta necesaria al taller si se realizara la compra de un nuevo instrumento.

Cuando el instrumento se repara en el taller se procede a realizar un informe de reparación y posterior a ello se programa una fecha de calibración cercana previa coordinación con el taller a cargo.

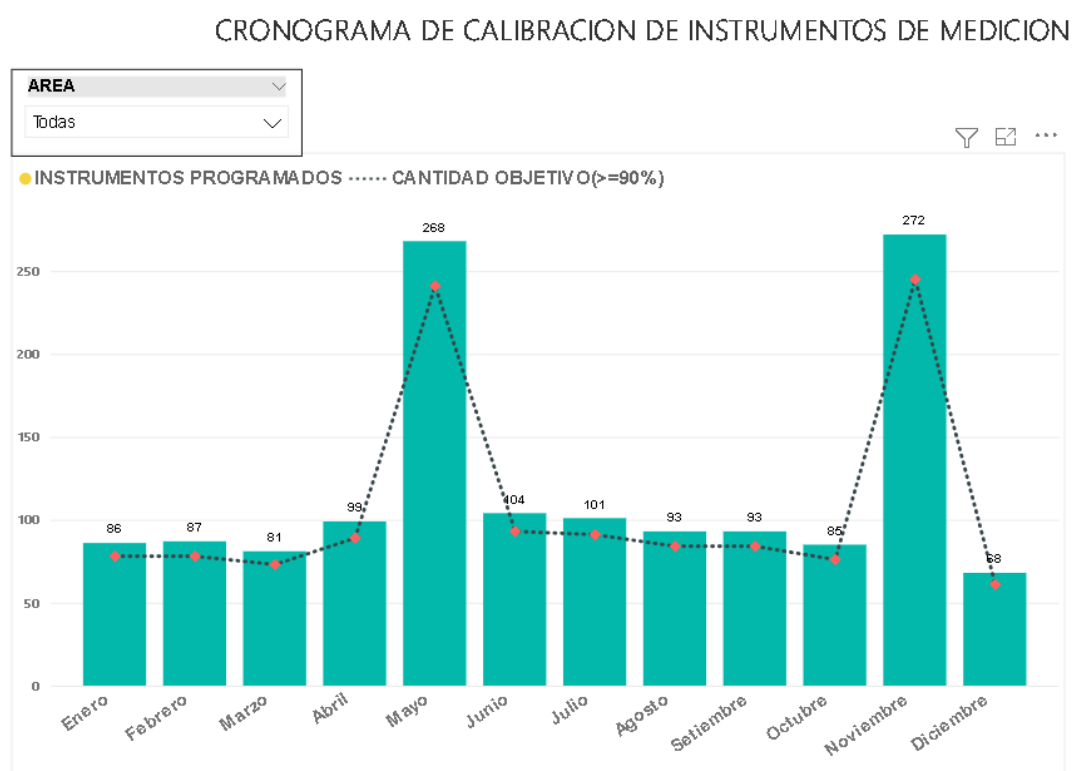
El mantenimiento correctivo lo realiza el personal técnico de herramientas el cual se deberá encontrar capacitado para identificar la causa raíz de la falla, con el cual se podrá plantear alternativas de solución.

Los recursos que se utilizarán para este mantenimiento serán los siguientes:

- Limpia contacto
- Desengrasante RPW 49
- Lubricante WD40
- Llaves mixtas
- Llaves allen

- Alicates corte
- Desarmadores
- Pinza amperimétrica
- Multímetro
- Prensa terminal
- Juego de dados
- Repuestos de los instrumentos (agujas, tapones, tapas, encastres, etc.)

Figura 25
Cronograma de recojo de instrumentos



Nota: Cronograma de calibración de instrumentos en la planta

4.4.3. Etapa Verificar

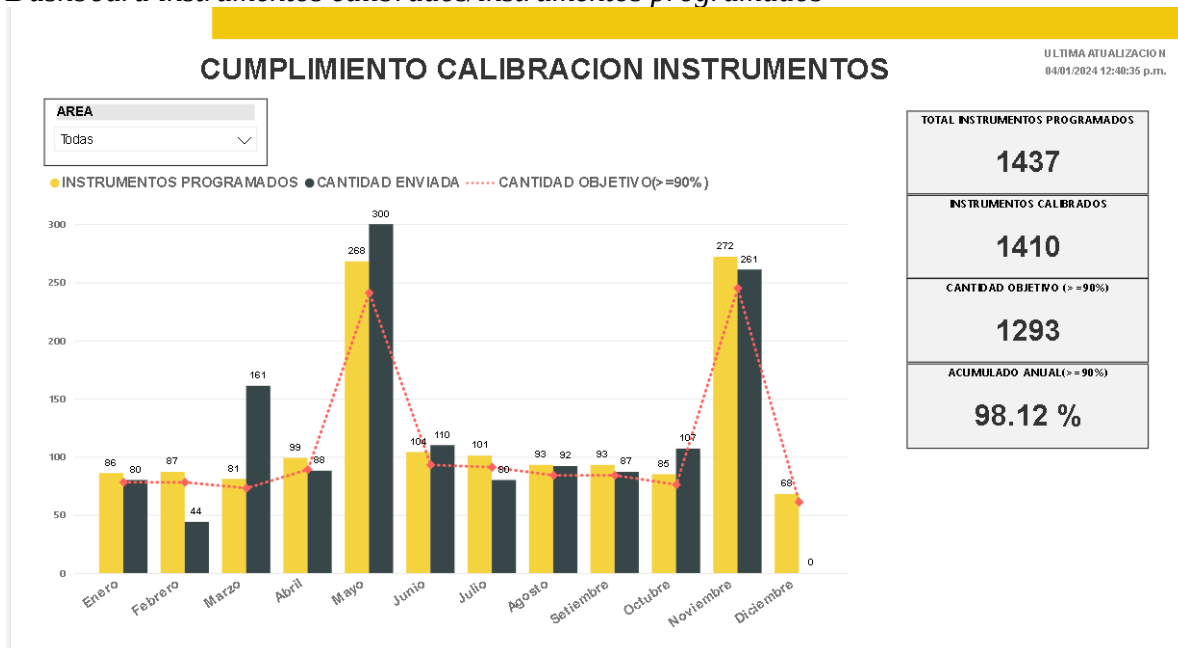
El proceso de envíos de instrumentos se verificará mediante el tiempo que demora el instrumento desde que se retira de taller hasta que se retorna al mismo, poniendo como objetivo máximo 20 días calendario, para este proceso se considerará todos los tiempos hasta el tiempo que demora en llegar al proveedor en caso sea un envío nacional.

Verificar los instrumentos calibrados mensualmente sacando un porcentaje entra los instrumentos programados para cada mes, como mínimo se deberá de obtener un 90% de instrumentos calibrados mensualmente.

Se realizará un dashboard el cual permita verificar y tener un mejor control de los días que demora este proceso como además se podrá tener un dashboard en donde se pueda visualizar los instrumentos que fueron programados durante el año contra los instrumentos que realmente fueron calibrados, para poder tener como objetivo visualizar si el plan de mantenimiento preventivo o plan de calibración resulto optimo.

Figura 26

Dashboard instrumentos calibrados/instrumentos programados



Nota: Se muestra un dashboard en el cual se tiene todos los datos necesarios para llevar un control sobre los objetivos planteados, la cantidad de instrumentos calibrados sobre los programados, este dashboard resultara útil para poder verificar el cumplimiento del plan de calibración de los instrumentos.

Un análisis mensual de la cantidad de instrumentos enviados y cuantos de ellos fueron dados como fuera de servicio o que requieren un ajuste. Los instrumentos de medición no podrán ser reparados a menos que puedan ser ajustados, una vez identificado un instrumento como malogrado y este no tiene ajuste o reparación inmediatamente se dará de baja y se procederá a la adquisición de un nuevo instrumento. (Tabla 3)

Verificar el beneficio costo obtenido por utilizar los equipos de calibración. La empresa al no utilizar los equipos de calibración estará perdiendo dinero al seguir enviando instrumentos donde un proveedor externo, es por ello que se realizará planes de capacitación del personal el cual permitirá poder realizar las calibraciones en el taller de los instrumentos habilitados para los equipos adquiridos por la empresa.

Figura 27

Equipo de calibración de temperatura



Nota: Calibración de sensores de temperatura y termocuplas, una vez capacitado el personal se pone en uso los conocimientos aprendidos y se procederá con los procesos de calibración en el taller.

Realizar una comparación de herramientas de poder reparadas y dadas de baja en el taller de mantenimiento, con la finalidad de verificar la eficiencia del mantenimiento realizado por el taller y no tener la necesidad de recurrir a un proveedor externo. En caso la herramienta no pueda ser reparada en el taller se procederá a realizar el envío obligatorio donde un proveedor donde se realizara las inspecciones necesarias las cuales serán atendidas median un informe de revisión el cual una vez analizado se dará luz verde para proceder con la reparación, este proceso de reparación externa no tiene un control de tiempos debido a que la mayoría de repuestos son importados por lo cual los manteamientos correctivos demoran unas 6 semanas una vez emitida la orden de compra realizada por el taller.

Figura 28
Llave hidráulica dañada



Nota: Llave hidráulica encontrada con partes internas rotas, se procedió a enviar a proveedor el cual estimo un periodo de 5 semanas para retornar la llave hidráulica reparada.

4.4.4. Etapa Actuar

Cambiar la distribución de instrumentos que se tienen mensualmente y volver a elaborar un nuevo plan el cual permita tener la disponibilidad de todos los instrumentos y no recurrir a calibraciones de emergencia.

Realizar seguimiento continuo de las herramientas de poder enviadas a proveedor para tener un análisis completo de las principales fallas, para que en un futuro adelantarnos a las fallas y evitar demoras y realizar la atención de los equipos más rápido y eficientemente.

Mejorar la relación con los proveedores, realizar convenios para que los costos de calibración sean menos, estos convenios podrían incluir que solo se envíen instrumentos en este caso al proveedor local, además se enviarían instrumentos con mayor frecuencia.

Contar con varios proveedores que puedan atender los equipos tanto como manteamientos correctivos y preventivos en el caso exista una sobre carga de instrumentos, poder manejar varias opciones y no sobresaturar a un solo proveedor con todos los instrumentos para así mejorar con los tiempos de atención y la calidad de servicio.

Implementar capacitaciones continuas al personal encargado con la finalidad de poder tener conocimiento sobre el uso de los equipos de calibración para poder realizar las verificaciones en el taller de mantenimiento y evitar enviar a proveedores externos y mejorar en los objetivos de tiempos de atención.

Para el plan de capacitación del personal por lo menos se requieren 3 meses, para que el personal se encuentre capacitado en el uso correcto de instrumentos y herramientas de poder, de la misma forma tener claro los conceptos de mantenimiento y la importancia de un correcto análisis de falla, se realizara el llenado de un formato el cual servirá como evidencia de que el personal fue capacitado (Anexo 7).

Tabla 27
Plan de capacitación de personal

PROGRAMA DE CAPACITACION DE PERSONAL													
Nombre de la compañía		MES 1				MES 2				MES 3			
Responsable del proyecto		SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4
TEMA	RESPONSABLE	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
INDUCCION CONCEPTOS NUEVOS													
CONCEPTOS DE CALIBRACION	ANALISTA DE LABORATORIO EXTERNO												
CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO	JEFE DE MANTENIMIENTO												
CONCEPTOS DE SEGURIDAD EN EL TRABAJO	AREA SSOMA												
CONCEPTOS ANALISIS DE FALLA	JEFE DE MANTENIMIENTO												
USO CORRECTO DE INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS													
USO Y CUIDADO DE INSTRUMENTOS DE LONGITUD Y PRESION	AREA DE DESARROLLO TECNICO												
USO Y CUIDADO DE INSTRUMENTOS DE TORQUE	AREA DE DESARROLLO TECNICO												
USO Y CUIDADO DE INSTRUMENTOS DE FLUJO Y TEMPERATURA	AREA DE DESARROLLO TECNICO												
USO Y CUIDADO DE LAS HERRAMIENTAS DE PODER	AREA DE DESARROLLO TECNICO												
IMPORTANCIA DE LOS LIQUIDOS PENETRANTES	AREA DE CALIDAD												
DESARROLLO PRACTICO													
ELABORACION CORRECTA DE UN ANALISIS DE FALLA	JEFE DE MANTENIMIENTO												
APLICACIÓN DE LIQUIDOS PENETRANTES	AREA DE CALIDAD												
DEMOSTRACION PRACTICA MTTO CORRECTIVO	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO												
MANTENIMIENTO A FLUJOMETROS Y HERRAMIENTAS	EMPRESA CONTRATISTA												
EVALUACION TEORICA Y PRACTICA													
EVALUACION CONCEPTOS BASICOS	AREA DE DESARROLLO TECNICO												
EVALUACION PRACTICA MANTENIMIENTO CORRECTIVO	AREA DE DESARROLLO TECNICO												

CAPÍTULO V. VIABILIDAD ECONÓMICA

En el siguiente capítulo se realizará el costeo de todos los planes de mantenimiento preventivos y correctivos planteados en la propuesta de mejora.

Este capítulo podrá mostrarnos la viabilidad de nuestras propuestas de mejora y además de ello el beneficio que estos planes de mantenimiento traerán consigo.

5.1. Costos de la propuesta de mejora

5.1.1. Costo plan de mantenimiento preventivo de instrumentos de presión

Para este proceso de mantenimiento preventivo consideramos el costo de hora hombre de 3 puestos de trabajo que serían el de supervisor, planificador y el técnico de herramientas, los cuales durante el proceso de calibración de instrumentos de presión se utilizan 8 días por cada mes para cumplir con la cuota mensual de instrumentos de presión programados por cada mes.

Tabla 28

Costo H-H mantenimiento preventivo instrumentos de presión

Puesto de trabajo		Precio unitario (S/)	Horas trabajadas	Días trabajados	Total	Total, anual
Supervisor mantenimiento	de	S/ 31.84	8	1	S/ 254.72	S/ 3,056.64
Planificador mantenimiento	de	S/ 11.94	8	3	S/ 286.56	S/ 3,438.72
Calibración Manometro patrón	-					S/ 600.00
Bomba generadora de presión	-					S/ 20,000.00
Técnico herramientas	de	S/ 5.97	8	3	S/ 143.28	S/ 1,719.36
Total						S/ 28,814.72

Nota: Costo del personal encargado de realizar la calibración de los instrumentos de presión.

5.1.2. Costo plan de mantenimiento preventivo de instrumentos de longitud

Para el proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de longitud consideramos que se demora un total de 13 días, debido a que se envían los instrumentos al proveedor, se considera que aproximadamente se tiene entre 70 y 90 instrumentos programados mensualmente.

Se sacarán también los costos de calibración de los instrumentos de medición, que se observan en la tabla 5 y el costo del transporte que se saca de la tabla 11.

Tabla 29
Costo mantenimiento preventivo instrumentos de longitud

Puesto de trabajo		Precio unitario (S/)	Horas trabajadas	Días trabajados	Total	Total, anual
Supervisor mantenimiento	de	S/ 31.84	8	2	S/ 509.45	S/ 6,113.43
Planificador mantenimiento	de	S/ 11.94	8	5	S/ 477.61	S/ 5,731.34
Técnico herramientas	de	S/ 5.97	8	4	S/ 191.04	S/ 2,292.54
Proveedor calibraciones		-				S/ 105,252.93
Transporte		-				S/ 3,600.00
Total						S/ 122,990.24

Nota: Para el costo de proveedor de calibración se utilizó el costo total anual de calibraciones de instrumentos de longitud de la tabla 5 y para el costo de transporte solo serán 2 viajes y se multiplicara por 150 s/ que es el costo por viaje que se visualiza en la tabla 11.

5.1.3. Costo plan de mantenimiento preventivo de instrumentos de temperatura

Para el proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de temperatura los cuales serán sensores de temperatura y termocuplas, solo se evaluará durante el año en 2 oportunidades debido a que la calibración de estos instrumentos solo se realiza en el mes de mayo y noviembre.

Tabla 30
Costo mantenimiento preventivo instrumentos de temperatura

Puesto de trabajo		Precio unitario (S/)	Horas trabajadas	Días trabajados	Total	Total, anual
Supervisor mantenimiento	de	S/ 31.84	8	2	S/ 509.45	S/ 1,018.91
Planificador mantenimiento	de	S/ 11.94	8	3	S/ 286.57	S/ 573.13
Técnico herramientas	de	S/ 5.97	8	3	S/ 143.28	S/ 286.57
Calibrador temperatura	de	-				S/ 18,000.00
Calibración patrón		-				S/ 1,450.00
Total						S/ 21,328.61

Nota: Este procedimiento para realizar el mantenimiento se realizará solo 2 veces al año.

5.1.4. Costo plan de mantenimiento de instrumentos de fuerza

El plan de mantenimiento de instrumentos de fuerza hace referencia a la calibración de los torquímetros, estos instrumentos al ser de fuerza deberán ser calibrados 2 veces al año, la cantidad de torquímetros se puede ubicar en la tabla 5 donde se pueden encontrar un total de 238 torquímetros, este procedimiento lo realiza un proveedor externo, en el cual se deberá considerar además los costos de envío.

Tabla 31

Costo mantenimiento preventivo instrumentos de fuerza

Puesto de trabajo		Precio unitario (S/)	Horas trabajadas	Días trabajados	Total	Total, anual
Supervisor mantenimiento	de	S/ 31.84	8	2	S/ 509.45	S/ 6,113.43
Planificador mantenimiento	de	S/ 11.94	8	4	S/ 382.09	S/ 4,585.07
Técnico herramientas	de	S/ 5.97	8	4	S/ 191.04	S/ 2,292.54
Proveedor calibraciones	-					S/ 110,163.30
Transporte	-					S/ 6,000.00
Total						S/ 129,154.34

Nota. El plan de mantenimiento preventivo de instrumentos de fuerza se realizará 2 veces al año con el costo de proveedor y el costo de transporte que será mayor debido a que estos instrumentos se enviarán a Lima.

5.1.5. Costo plan de mantenimiento de instrumentos de flujo

Para el proceso de mantenimiento preventivo de instrumentos de flujo, los cuales serán flujómetros, solo se evaluará durante el año en 2 oportunidades debido a que la calibración de estos instrumentos solo se realiza en el mes de mayo y noviembre, por la disponibilidad de las áreas donde se encuentran estos instrumentos, ya que las pruebas se realizan en las máquinas que ellos usan para probar motores y componentes.

Tabla 32
Costo mantenimiento preventivo instrumentos de flujo

Puesto de trabajo	Precio unitario (S/)	Horas trabajadas	Días trabajados	Total	Total, anual
Supervisor de mantenimiento	S/ 31.84	8	2	S/ 509.45	S/ 1,018.91
Planificador de mantenimiento	S/ 11.94	8	3	S/ 286.57	S/ 573.13
Técnico de herramientas	S/ 5.97	8	3	S/ 143.28	S/ 286.57
Flujómetro patrón	2 patrones				S/ 32,000.00
Calibración de patrón					S/ 3,000.00
Total					S/ 36,878.61

Nota. El proceso de calibración de flujómetros solo se realizará 2 veces al año por la disponibilidad de los equipos y de los instrumentos.

5.1.6. Costo plan de mantenimiento preventivo de herramientas de poder (Hidráulicas, neumáticas y eléctricas)

Para el plan de mantenimiento preventivo de herramientas de poder se considerará que el proveedor realizara el mantenimiento, además de ello es un plan que muchas veces varía el precio de acuerdo a lo que el proveedor realizara, se colocara un precio promedio del mantenimiento preventivo de estas herramientas.

Tabla 33
Costo plan mantenimiento preventivo herramientas de poder

Puesto de trabajo	Precio unitario (S/)	Horas trabajadas	Días trabajados	Total	Total, anual
Supervisor de mantenimiento	S/ 31.84	8	3	S/ 764.18	S/ 9,170.15
Planificador de mantenimiento	S/ 11.94	8	6	S/ 573.13	S/ 6,877.61
Técnico de herramientas	S/ 5.97	8	6	S/ 286.57	S/ 3,438.81
Proveedor	S/ 2,000.00	-			S/ 96,000.00
Transporte	-				S/ 3,600.00
Total					S/ 119,086.57

Nota. Para el costo de mantenimiento del proveedor se consideró un costo promedio y se multiplico por el número de herramientas que son 24 en total las cuales se deberán realizar los mantenimientos 2 veces al año.

5.2. Beneficios de las propuestas

5.2.1. Ahorro plan de mantenimiento de presión

El ahorro del plan de instrumentos de presión se considerará de la calibración de 125 manómetros debido a que antes no existía un procedimiento de calibración de sensores de

presión, que en total serían 85 sensores de presión, porque debían ser calibrados con la máquina donde se iban a utilizar, sin embargo se enviaba al proveedor con la finalidad de realizar una verificación con la que muchas veces al llegar a usarla con la máquina los valores no coincidían como debían haciendo que el proceso no sea bueno, se considerara también el costo del transporte que por lo menos va y retorna 3 veces haciendo un total de 6 veces al mes.

Tabla 34

Ahorro plan de mantenimiento de instrumentos de presión

Puesto de trabajo		Precio unitario (S/)	Horas trabajadas	Días trabajados	Total	Total, anual
Supervisor mantenimiento	de	S/ 31.84	8	12	S/ 3,056.72	S/ 36,680.60
Planificador mantenimiento	de	S/ 11.94	8	14	S/ 1,337.31	S/ 16,047.76
Técnico herramientas	de	S/ 5.97	8	12	S/ 573.13	S/ 6,877.61
Proveedor calibraciones	-	-	-	-	-	S/ 90,438.60
Transporte	-	-	-	-	-	S/ 10,800.00
Total	-	-	-	-	-	S/ 160,844.57

Nota. El monto comparado con la tabla 25 nos muestra que estaríamos ahorrando un total de S/ 132,029.85

5.2.2. Ahorro plan de mantenimiento de instrumentos de longitud

En el plan de ahorro de longitud se considerará que en costo antiguo los instrumentos no se encontraban distribuidos correctamente además de ello el transportista tenía que hacer hasta 6 viajes debido a que nunca se tenían todos los instrumentos listos, además de ello se considera el costo de calibraciones de emergencia que se tuvieron, con el nuevo plan de mejora se espera tener 0 calibraciones de emergencia.

Tabla 35
Costo antiguo mantenimiento instrumentos de longitud

Puesto de trabajo	Precio unitario	Horas trabajadas	Días trabajados	Total	Total, anual
Supervisor mantenimiento	de S/ 31.84	8	12	S/ 3,056.72	S/ 36,680.60
Planificador mantenimiento	de S/ 11.94	8	14	S/ 1,337.31	S/ 16,047.76
Técnico herramientas	de S/ 5.97	8	12	S/ 573.13	S/ 6,877.61
Calibraciones emergencia	de -				S/ 9,496.37
Proveedor calibraciones	-				S/ 100,256.56
Transporte	-				S/ 14,400.00
Total					S/ 183,758.90

Nota. Si obtenemos la resta que se halla entre el costo de calibración antiguo de instrumentos de longitud y el costo de la tabla 26 que hace referencia al nuevo costo de mantenimiento preventivo tenemos un ahorro de: S/ 132,029.85.

5.2.3. Ahorro plan de mantenimiento de instrumentos de temperatura

El ahorro que se tiene al implementar la calibración de los instrumentos de temperatura será comparándolo con el antiguo costo de calibración de los mismos, los cuales serán considerados 56 instrumentos de temperatura y además de ello se considerará el costo de transporte que será enviado a Lima, además de ello se deberá considerar que el costo de calibración deberá ser considerado por 2 veces ya que la calibración será semestral.

Tabla 36
Costo antiguo de instrumentos de temperatura

Puesto de trabajo	Precio unitario	Horas trabajadas	Días trabajados	Total	Total, anual
Supervisor mantenimiento	de S/ 31.84	8	10	S/ 2,547.26	S/ 5,094.53
Planificador mantenimiento	de S/ 11.94	8	12	S/ 1,146.27	S/ 2,292.54
Técnico de herramientas	S/ 5.97	8	10	S/ 477.61	S/ 955.22
Calibración proveedor	-				S/ 50,400.00
Transporte	-				S/ 3,000.00
Total					S/ 61,742.29

Nota. Se considerará un periodo de calibración semestral y comparando con el monto total de la tabla 27, se tendrá un ahorro de S/ 40,413.68

5.2.4. Ahorro plan de mantenimiento de instrumentos de fuerza

El plan de ahorro de instrumentos de fuerza incurre en los procesos de calibración por emergencia que se tenían anteriormente además de ello la mala distribución de los equipos lo que ocasionaba que el proveedor por lo menos tenga hasta 6 viajes semanales lo que incurría en un gasto mayor al que se espera tener ahora que solo venga 2 veces por mes.

Tabla 37

Costo antiguo de instrumentos de fuerza

Puesto de trabajo		Precio unitario (S/)	Horas trabajadas	Días trabajados	Total	Total, anual
Supervisor mantenimiento	de	S/ 31.84	8	12	S/ 3,056.72	S/ 36,680.60
Planificador mantenimiento	de	S/ 11.94	8	14	S/ 1,337.31	S/ 16,047.76
Técnico de herramientas		S/ 5.97	8	12	S/ 573.13	S/ 6,877.61
Calibraciones de emergencia		-				S/ 1,453.17
Proveedor calibraciones		-				S/ 110,163.30
Transporte		-				S/ 18,000.00
Total						S/ 189,222.44

Nota. El ahorro que se tendrá al tener una mejor distribución de los instrumentos, y además de ello que el transportista solo realizara viajes cuando se tenga todo el bloque de instrumentos listos, permitirá que el ahorro que se tenga sea de S/ 60,068.10

5.2.5. Ahorro plan de mantenimiento de instrumentos de flujo

El ahorro que se tiene en el mantenimiento de instrumentos de flujo se verá afectado por varias situaciones, en los costos antiguos se consideraban los 25 flujómetros, pero estos tenían que ser atendidos como emergencia por la disponibilidad de los instrumentos, además de ello el costo de calibración de los mismos será considera como 2 veces por año.

Tabla 38

Costo antiguo mantenimiento de instrumentos de flujo

Puesto de trabajo		Precio unitario (S/)	Horas trabajadas	Días trabajados	Total	Total, anual
Supervisor mantenimiento	de	S/ 31.84	8	12	S/ 3,056.72	S/ 6,113.43
Planificador mantenimiento	de	S/ 11.94	8	10	S/ 955.22	S/ 1,910.45
Técnico de herramientas		S/ 5.97	8	12	S/ 573.13	S/ 1,146.27
Calibración proveedor		-				S/ 144,000.00
Transporte		-				S/ 6,000.00
Total						S/ 159,170.15

Nota. El ahorro obtenido con la implementación de las calibraciones en el lugar de trabajo comparado con tabla 29 será de S/ 122,291.54.

5.2.6. Ahorro plan de mantenimiento de herramientas de poder

En el costo ahorrado en el mantenimiento de herramientas de poder debemos considerar que la distribución de la mismas recién se realizó debido a que antes se enviaban según disponibilidad y no seguían un plan, esto ocasionaba que el transportista realice más viajes de lo habitual por una mala coordinación y entrega de las herramientas.

Además, el costo promedio de manteniendo era mayor debido a que las herramientas eran enviadas a distintos proveedores, y con las nuevas estrategias que manejamos, se enviará donde 1 solo proveedor el cual podrá atender todo tipo de herramientas.

Tabla 39

Costo antiguo mantenimiento de herramientas de poder

Puesto de trabajo	Precio unitario (S/)	Horas trabajadas	Días trabajados	Total	Total, anual
Supervisor mantenimiento	de S/ 31.84	8	10	S/ 2,547.26	S/ 30,567.16
Planificador mantenimiento	de S/ 11.94	8	14	S/ 1,337.31	S/ 16,047.76
Técnico de herramientas	S/ 5.97	8	10	S/ 477.61	S/ 5,731.34
Proveedor	S/ 5,000.00	-			S/ 240,000.00
Transporte	-				S/ 24,000.00
Total					S/ 316,346.27

Nota. El ahorro que se obtendrá gracias a esta mejora respecto al proveedor y a la mejor organización y distribución de las herramientas de poder será de S/ 197,259.70

5.3. Análisis Beneficio/costo

Para el análisis de los beneficios costos, analizaremos cada costo de cada mantenimiento preventivo de cada tipo de instrumento y herramienta en donde además se mostrarán 2 tablas en las cuales se evidenciará un resumen de todos los costos y los beneficios que se obtendrán ante las propuestas de mejora las cuales ayudarán a mejorar los procesos de calibración y así tener productos finales de calidad.

Tabla 40

Costos de los planes de mantenimiento con las mejoras

Costos	Total
Costo mantenimiento presión	S/ 28,814.72
Costo mantenimiento longitud	S/ 122,990.24
Costo mantenimiento temperatura	S/ 36,878.61
Costo mantenimiento flujo	S/ 122,291.54
Costo mantenimiento fuerza	S/ 129,154.34
Costo mantenimiento herramientas de poder	S/ 119,086.57
Total	S/ 559,216.02

Nota. Se muestra un resumen de costos de todos los instrumentos y herramientas con las propuestas de mejora.

Tabla 41
Beneficios obtenidos

Beneficios	Total
Beneficio mantenimiento presión	S/ 132,029.85
Beneficio mantenimiento longitud	S/ 60,768.66
Beneficio mantenimiento temperatura	S/ 40,413.68
Beneficio mantenimiento flujo	S/ 122,291.54
Beneficio mantenimiento fuerza	S/ 60,068.10
Beneficio mantenimiento herramientas de poder	S/ 197,259.70
Total	S/ 612,831.53

Nota. Resumen de beneficios de las propuestas

Como resultado del análisis de los costos y los beneficios se obtendrá un valor final de **1.1** el cual indica que las propuestas de mejora serán viables para empresa y los resultados serán óptimos y traerán los beneficios que se buscan para mejorar los procedimientos de calibración en la empresa.

Beneficio/Costo	1.10
------------------------	-------------

CONCLUSIONES

PRIMERA. Se concluye que con el uso de las metodologías PHVA y Just In Time se logró elaborar 7 planes de mantenimiento para todos los instrumentos como de longitud, torque, flujo temperatura, presión también se implementaron los mantenimientos para las herramientas de poder del tipo hidráulico, eléctrico y neumático.

SEGUNDA. Se concluye que se logró realizar un plan de capacitación para el personal encargado del mantenimiento y el personal que utilizara los equipos, con la finalidad de que los mantenimientos sean de calidad y así alargar la vida útil de los equipos.

TERCERA. Se concluye que se logró realizar una distribución equitativa de los 1200 instrumentos lo cual con ayuda de dashboards permitirá que todo el personal de la empresa pueda visualizar la cantidad de instrumentos, fecha de próxima calibración y el estado en el que los instrumentos y herramientas se encuentran

CUARTA. Se concluye que con los nuevos planes de mantenimiento preventivo los tiempos del proceso se reducirán de 18 días a aproximadamente 12 días, según el tipo de instrumento.

QUINTA. Se concluye que mediante un análisis de Beneficio/costo de todos los procesos de mantenimiento preventivo, se alcanzó una ratio de 1.10 el cual nos indica que la empresa por cada sol que invierta obtendrá una ganancia de 1.10 soles.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. Se recomienda que la empresa pueda implementar planes de mantenimiento predictivo el cual permita reducir o eliminar los mantenimientos correctivos.

SEGUNDA. Se recomienda a la empresa que para los procesos de calibración que realiza in situ pueda contratar un analista de calibraciones y que este proceso ya no lo realice el técnico de herramientas ya que se requiere un personal capacitado.

TERCERA. Se recomienda plantear la alternativa de poder implementar un laboratorio de calibraciones en la misma empresa con la finalidad de no ser dependientes de una empresa tercera para el proceso de calibración.

CUARTA. Se recomienda a la empresa implementar el análisis de falla aplicando la metodología de los 5 porques para los mantenimientos correctivos que se presenten.

QUINTA. Se recomienda a la empresa poder invertir en herramientas de poder las cuales cuenten con la tecnología adecuada en donde te avisen de acuerdo a los ciclos de uso cuando se deberá de realizar el mantenimiento y así evitar las fallas de los mismos.

ANEXOS

Anexo 1 Certificado de verificación de instrumentos de presión

	INFORME DE VERIFICACIÓN PARA INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	Nro. IM035
		Versión: V.01 Última modificación: 15.09.2023

1. INFORMACIÓN GENERAL

Lugar del servicio: Taller de Mantenimiento La Joya
Fecha del servicio: 11/01/2024
Orden de Mantenimiento: 7229048

2. INFORMACIÓN DEL INSTRUMENTO

Descripción: Manómetro de deformación elástica
Identificación (Cod. SAP): 10055989
Marca:
Modelo:
Número de serie: S/N
Tipo de indicación: Analógico
Rango de medición: 0-58 PSI
Resolución: 1 psi
Clase de exactitud: 1.6% F.S.

3. TRAZABILIDAD METROLÓGICA

PATRON EMPLEADO	ALCANCE	CERTIFICADO
MANOMETRO DIGITAL FLUKE 700G07	0-500 PSI	E775-1544A-2023-2

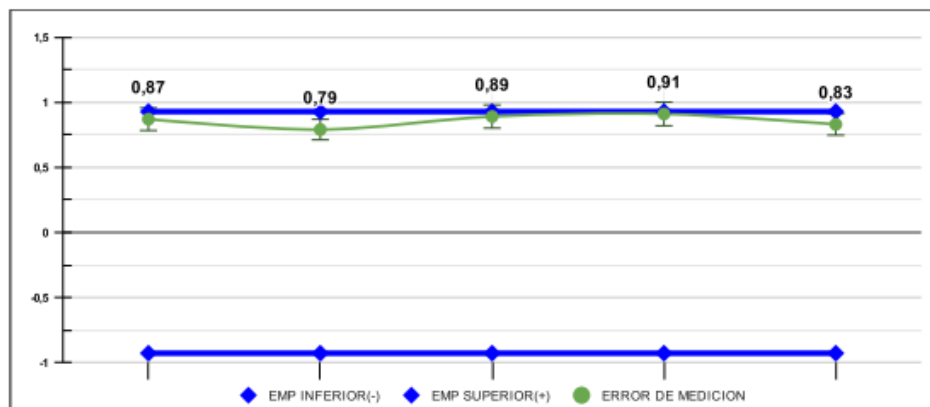
4. PROCEDIMIENTO UTILIZADO

Procedimiento ME-003. Edición Digital 3, para la calibración de manómetros, vacuómetros y manovacuómetros del CEM-España - Método de medición por comparación directa utilizando un manómetro patrón.

5. RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN

VALOR PATRON	INDICACION DEL INSTRUMENTO			ERROR MAXIMO PERMITIDO		
	VALOR ASCENSO	VALOR DESCENSO	VALOR PROMEDIO	EMP INFERIOR(-)	EMP SUPERIOR(+)	ERROR DE MEDICION
10	10,93	10,81	10,87	-0,93	0,93	0,87
20	20,75	20,83	20,79	-0,93	0,93	0,79
30	30,92	30,86	30,89	-0,93	0,93	0,89
40	40,89	40,93	40,91	-0,93	0,93	0,91
58	58,83	58,83	58,83	-0,93	0,93	0,83

6. GRÁFICO DE RESULTADOS



7. CONCLUSIONES

- Para la identificación del instrumento se le colocó una etiqueta adhesiva, la cual indica su código, fecha de la verificación y fecha de la próxima verificación.
- El instrumento llegó al taller de mantenimiento en buen estado.
- Los patrones utilizados para la comparación cuentan con trazabilidad a entidades acreditadas. (Revisar la sección 3 de este documento).
- Es responsabilidad del usuario el correcto uso del instrumento y dar aviso al Taller de Mantenimiento si tiene alguna observación.



Anexo 2 Certificado de calibración torquímetro

LABORATORIO DE METROLOGÍA CERTIFICADO DE CALIBRACION N° CC0420/2023

1. SOLICITANTE :
DIRECCION :
2. OBJETO DE CALIBRACION : Torquímetro
Indicación : Analógica
Tipo : De disparo (Click)
Mostrador : Tambor graduado
Rango nominal : 10 - 100 lbf.ft
Rango calibrado : 20 - 100 lbf.ft
Resolución : 0,5 lbf.ft
Fabricante :
Procedencia :
N° de serie : 1106505469
Código : 9U5020
Identificación : 10056703
Fecha de Calibración : 11/09/2023
3. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura $20 \pm 2^\circ \text{C}$
Humedad : $55 \pm 10 \% \text{ HR}$
4. LUGAR DE CALIBRACION :
5. METODO Y PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION
Determinación de los errores de indicación por el metodo de comparación directa, utilizando patrones (exactitud 0,5%) descritos en el punto 6 de este Certificado, según procedimiento de calibración SCL.3.504.100 v0, elaborado según referencias siguientes:
Norma ISO 6789:2003
Guía EURAMET cg-14 Versión 2.0 (03/2011)

6. TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES UTILIZADOS

En este certificado se documenta la trazabilidad a patrones nacionales, que realizan las unidades de medida correspondientes.

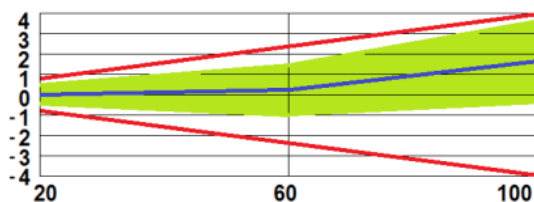
Código ICOSA	Descripción	N° Certificado	Calibrado por
Lab 202	Transductor de Torque Proto® 25-250 Ft.Lb (34-340N.m)	LFP-305-2013	INDECOPI/SNM Lab. De Fuerza y Presion

7. RESULTADOS DE MEDICION EN lbf.ft

La incertidumbre reportada corresponde a la incertidumbre estándar combinada, multiplicada por un factor de cobertura k, para un nivel de confianza de aproximadamente 95 %. Conforme al documento EA-4/02 y a la versión Peruana de la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición".

Valor nominal del Torquímetro	Valores obtenidos del patrón	Sentido Horario					Error Máximo Permitido ($\pm$)	
		Error de indicación		Incertidumbre de medición	k		Error Máximo Permitido ($\pm$)	
		Torque	%				Torque	%
20	20,0	0,03	0,2%	0,5	2,00		0,8	4%
60	60,2	0,17	0,3%	1,2	2,00		2,4	
100	101,6	1,60	1,6%	2,0	2,00		4,0	

- Límites de error máximo permisible
- Errores encontrados
- Incertidumbre de medición



8. OBSERVACIONES

Los errores de indicación obtenidos, no exceden a los valores de Error Máximo Permitido según la norma consultada ISO 6789:2003 (ver punto 5).



Anexo 3 Informe fuera de servicio de herramienta de poder

INFORME FUERA DE SERVICIO N°0014	FECHA
	08/02/2024

CODIGO SAP	-
DESCRIPCION	TALADRO NEUMÁTICO
MARCA	
N° DE PARTE	222-3062
AREA	
BAHIA	
MOTIVO DE INGRESO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO

MOTIVO DE BAJA
Porta Herramienta de taladro neumático, no realiza el ajuste de las mondarazas del mandril . El perno que sujeta el porta herramienta al eje del taladro neumático, se encuentra rodado y no se puede realizar el cambio.
POSIBLES CAUSAS
Ajuste del porta herramienta con excesiva fuerza o una broca mayor a 13 mm ,
EVIDENCIA FOTOGRÁFICA
 Despiece de taladro neumatico



Perno interno de mandril se encuentra rodado

RECOMENDACIONES

- No realizar un ajuste excesivo en el mandril, al momento de ajuste solo ajustar hasta que de el click de seguridad.
- Utilizar una broca máxima de acuerdo al mandril que es de un rango de 2 - 13 mm.

TECNICO RESPONSABLE	
NOMBRE	
CARGO	TECNICO



Anexo 4 Informe de inspección de una herramienta de poder

INSPECCION

Se procedió a la evolución e inspección interna donde se observó lo siguiente:

N°	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	COD SAP
1	llave de torque controlado hidráulico	ENERPAC	W4000X	X4004-40	10072501

1. Se desarmo el equipo, se sugiere mantenimiento de parte eléctrica y caja multiplicadora (Foto 1).
2. Cuadrante fisurado en su base (Foto 2).
3. Brazo de reacción doblado y con marcas en lugares no adecuados (Foto 3 y 4).

IMÁGENES

Foto 1



Foto 2



Foto 3

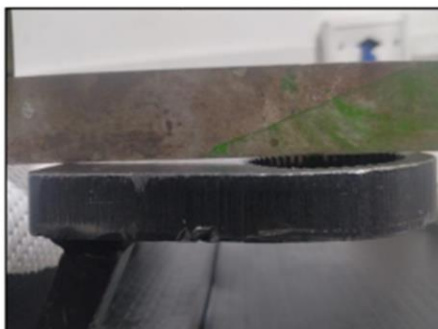


Foto 4



Anexo 5 Informe de verificación instrumentos de temperatura

INFORME DE VERIFICACIÓN N° IV-322-2023

OT Mant. : 7221658

Fecha de Recepción : 2023-11-14

Fecha de Emisión : 2023-11-14

1. SOLICITANTE : Taller de Mantenimiento Interno
DIRECCIÓN :

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: FLUJÓMETRO

Marca : WEBTEC

Modelo : CT300-MA-S-S-6

N° de serie : HR00274

Identificación : 10071411

Tipo de indicación : Digital

Alcance : 80 GPM

Resolución : 0,1 GPM

3. FECHA Y LUGAR DE VERIFICACIÓN

La Verificación se realizó el 2023-11-14

4. METODO DE VERIFICACIÓN

La Verificación se efectuó comparando con Patrones Certificados con trazabilidad al INACAL-DM. Método de Comparación Directa.

5. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los Patrones Nacionales del INACAL-DM.

Se utilizó el Flujómetro patrón con código 10008505 con certificado de calibración E831-1386A-2023 - 1 de lo Justo SAC

6. RESULTADOS

VALOR PATRON (GPM)	INDICACION DEL INSTRUMENTO (GPM)	CORRECCIÓN (GPM)	EMP (GPM)
28,84	30,08	-1,24	2,00
40,54	39,36	1,18	2,00

CONDICIONES AMBIENTALES:

	INICIAL	FINAL
Temperatura Ambiental :	24,5 °C	23,9 °C
Humedad Relativa :	25,1 % H.R.	25,4 % H.R.

7. OBSERVACIONES

- Para la identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación que muestra el código del instrumento, fecha de Verificación y la fecha de próxima del etiquetado de los termopares.
- La periodicidad de la Verificación está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.



Anexo 6 Informe de verificación de instrumentos de flujo

INFORME DE VERIFICACIÓN N° IV-336-2023

OT Mant. : 7221281

Fecha de Recepción : 2023-11-15

Fecha de Emisión : 2023-11-15

1. **SOLICITANTE** : Taller de Mantenimiento Interno
DIRECCIÓN :

2. **INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:** TERMOPARES

Marca : No Indica

Identificación : 10058589

Modelo : No Indica

Tipo de indicación : Digital

N° de serie : No Indica

3. **FECHA Y LUGAR DE VERIFICACIÓN**

La Verificación se realizó el 2023-11-15

4. **METODO DE VERIFICACIÓN**

La Verificación se efectuó comparando con Patrones Certificados con trazabilidad al INACAL-DM. Método de Comparación Directa.

5. **TRAZABILIDAD**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los Patrones Nacionales del INACAL-DM.

Se utilizó el Pozo Seco con código 10062795 con certificado de calibración 87958 de AMETEK.

6. **RESULTADOS**

IDENTIFICACIÓN DEL TERMOPAR	VALOR PATRON (°F)	INDICACIÓN DEL INSTRUMENTO (°F)	ERROR (°F)	EMP (°F)
1	600,0	596,4	-3,6	15,0
2	600,0	594,8	-5,2	15,0
3	600,0	596,8	-3,2	15,0
4	600,0	595,3	-4,7	15,0
5	600,0	596,1	-3,9	15,0
6	600,0	594,1	-5,9	15,0
7	600,0	595,2	-4,8	15,0
8	600,0	594,7	-5,3	15,0
9	600,0	595,2	-4,8	15,0

CONDICIONES AMBIENTALES:

	INICIAL	FINAL
Temperatura Ambiental :	25,5 °C	25,1 °C
Humedad Relativa :	27,2 % H.R.	26,5 % H.R.

7. **OBSERVACIONES**

- Para la identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación que muestra el código del instrumento, fecha de Verificación y la fecha de próxima del etiquetado de los termopares.
- La periodicidad de la Verificación está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

Anexo 7 Formato registro de capacitación

Codigo :		Version :		Fecha de Aprobación :																																																																															
FORMATO CAPACITACIONES (Campos minimos a considerar en el documento)																																																																																			
TEMA :																																																																																			
EXPOSITOR:			FIRMA:		FECHA:																																																																														
TURNO: DIA ☐ NOCHE ☐			HORA INICIO:		HORA TERMINO:																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N°</th> <th>APELLIDOS Y NOMBRES DEL TRABAJADOR</th> <th>CODIGO/DNI</th> <th>CARGO</th> <th>LISTO PARA TRABAJAR (SI ó NO)</th> <th>FIRMA DEL TRABAJADOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL TRABAJADOR	CODIGO/DNI	CARGO	LISTO PARA TRABAJAR (SI ó NO)	FIRMA DEL TRABAJADOR	1						2						3						4						5						6						7						8						9						10						11						12					
N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL TRABAJADOR	CODIGO/DNI	CARGO	LISTO PARA TRABAJAR (SI ó NO)	FIRMA DEL TRABAJADOR																																																																														
1																																																																																			
2																																																																																			
3																																																																																			
4																																																																																			
5																																																																																			
6																																																																																			
7																																																																																			
8																																																																																			
9																																																																																			
10																																																																																			
11																																																																																			
12																																																																																			
OBSERVACIONES																																																																																			
No.	OBSERVACION	RESPONSABLE	FIRMA	SE IMPLEMENTO (SI /NO)																																																																															

Anexo 8 Formato de mantenimiento de instrumentos y herramientas de poder

		ORDEN DE TRABAJO Y				OM:	
		MANTENIMIENTO				FECHA INICIO:	
EQUIPO A INTERVENIR:						HORA INICIO:	
PERSONAL DE MTTO. QUE INTERVIENE:						FECHA FIN:	
TIPO DE MANTENIMIENTO :		PREVENTIVO ☐		CORRECTIVO ☐		HORA FIN:	
MARCA :		AÑO :		ÁREA :			
MODELO :		ESTADO :		BAHIA :			
SERIE :		CANT.PERS ONAL:		OPERADOR :			
ITEM	ANÁLISIS DEL CORRECTIVO						
1	SÍNTOMA DE LA FALLA:						
2	ACCIONES INMEDIATAS:						
3	CAUSA RAZ:						
4	ACCIONES CORRECTIVAS:						
ITEM	ANÁLISIS DEL PREVENTIVO						
1	ACTIVIDADES REALIZADAS						
2	ANOMALIAS ENCONTRADAS						
3	EVIDENCIA FOTOGRAFICA						
4	CONCLUSION DEL INFORME						
ITEM	INSUMOS UTILIZADOS						
ITEM	RECOMENDACIONES						
FIRMA TECNICO				FIRMA SUPERVISOR			
CODIGO TECNICO:				CODIGO SUPERVISOR:			

REFERENCIAS

- AMATEK. (2023). *Software de calibración*. Recuperado el 20 de Setiembre de 2023, de FastCalXP: <https://www.ametekcalibration.com/products/software/calibration-software/fastcalxp-calibration-software>
- Automantenimiento.net. (2023). *Método Kaizen como herramienta de mantenimiento*. Recuperado el 19 de Setiembre de 2023, de <https://automantenimiento.net/mantenimiento/metodo-kaizen-como-herramienta-de-mantenimiento/>
- Badillo, K., & Cetre-Nolivos, K. (2018). *Uso de la metodología "Justo a Tiempo" en las empresas de servicios*. Quito, Ecuador: Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana.
- Camacho, H., Gómez, K., & Monroy, C. (2012). *Importancia de la cadena de suministros en las organizaciones*. Panamá: Tenth LACCEI Latin American and Caribbean Conference.
- Carpio. (2021). *Propuesta de mejora para la gestion de la cadena de suministro mediante la metologia Lean Supply Chain tomando el caso de estudio para la empresa C&P Industrial an Mining Supplies S.A.C. del sector mineria*. Arequipa, Peru: Universidad Catolica de Santa Maria.
- Castillo. (2021). *Implementacion de la Metodologia PHVA para incrementar la Productividad en el area de Almacen de la empresa INET S.A.C*. Lima, Peru: Universidad Cesar Vallejo.
- CEIINC S.A.S. (2023). *Analitica e instrumentacion, su mejor opcion*. Recuperado el 20 de Setiembre de 2023, de Novedades tecnológicas en la instrumentación industrial para el 2023: <https://ceiinc.co/novedades-tecnologicas-en-la-instrumentacion-industrial-para-el-2023/>
- ConcreLab. (2023). *Importancia en la calibracion de equipos de medicion*. Recuperado el 17 de 09 de 2023, de <https://www.concrelab.com/calibrar-medicion/>
- EMAINT. (2022). <https://www.emaint.com/es/>. Recuperado el 17 de Setiembre de 2023, de <https://www.emaint.com/es/blog-four-maintenance-strategies/>
- Ferremayoreo Elizondo. (2022). *Cuida tus Herramientas de Poder*. Recuperado el 20 de Setiembre de 2023, de <https://blog.fmelizondo.com/alarga-vida-herramientas-de-poder>
- Gallegos, J. (2019). *Conceptos básicos en metrología*. Universidad autónoma del estado de Mexico.
- García, B. (2021). *Introducción a ñametodología Lean*. Universitat Politècnica de València.
- GERENS CONSULTORIA. (2020). *Gestión de mantenimiento y procesos mineros: una visión general*. Recuperado el 17 de Setiembre de 2023, de <https://gerens.pe/blog/gestion-mantenimiento-procesos-mineros-vision-general/#:~:text=Se%20aplica%20frecuentemente%20en%20los,eficiencia%20del%20proceso%20de%20fabricaci%C3%B3n>
- Gitman, L. (2003). *Principios de Administración Financiera*. Prentice Hall.
- Gomez, & Lazo. (2022). *Aplicacion de tecnicas Lean Manufacturing en la cadena de suministro de una empresa de conservas de pescado*. Lima, Peru: Universidad Tecnologica del Peru.
- Gonzales, F. (2023). *LinkedIn*. Recuperado el 18 de Setiembre de 2023, de Sistemas de Gestión: Calibración: https://es.linkedin.com/pulse/sistemas-de-gesti%C3%B3n-calibraci%C3%B3n-francisco-gonz%C3%A1lez?trk=pulse-article_more-articles_related-content-card

- Grupo Casa Lima. (2023). *La Minería Peruana: ¿Qué es?, Características*. Recuperado el 17 de Setiembre de 2023, de <https://grupocasalima.com/blog/mineria/la-mineria-peruana-que-es-caracteristicas/#:~:text=Una%20de%20las%20principales%20caracter%C3%ADsticas,los%2056%20millones%20de%20d%C3%B3lares>.
- Guillen. (2017). *Implementacion de un modelo de mejora continua en el PHVA en el proceso de suministros para incrementar la puntualidad en la entrega de los materiales en una Empresa Siderurgica de Ancash en Peru*. Trujillo, Peru: Universidad Privada del Norte.
- Gutierrez, H. (2010). *Calidad y Productividad*. McGraw-Hill.
- Hernandez , J., Moreno, F., Ochoa, D., Pedraza, C., & Gonzales, J. (2020). Diseño de un software para la generación de certificados de calibración en metrología térmica. *Scientia et Technica*, 77-85.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación* (Vol. Sexta edición). Mexico D.F.: Interamericana editores S.A. de C.V.
- Huaranca. (2022). *Benchmarking y competitividad en empresas de servicios de calibracion de equipos de laboratorio acreditados por Inacal, Lima 2021*. Lima, Peru: Universidad Cesar Vallejo.
- Instituto Nacional de Calidad INACAL. (2021). *Información Institucional*. El Estado peruano. Obtenido de www.gob.pe: <https://www.gob.pe/institucion/inacal/institucional>
- INTEREMPRESAS. (2018). *Mantenimiento Industrial*. Recuperado el 20 de Setiembre de 2023, de La tecnología aplicada al mantenimiento mejora la competitividad y la rentabilidad del sector industrial: <https://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/231058-tecnologia-aplicada-mantenimiento-mejora-competitividad-rentabilidad-sector-industrial.html>
- Lara. (2019). *PHVA y costos de inventario en la empresa IMD Industrial S.A.C., Lima 2019*. Lima, Peru: Universidad Cesar Vallejo.
- Leon. (2020). *Diseño y guia de implementacion de un sistema gestor de inventarios bajo la filosofia Just in Time para la empresa Vitroalum S.A.S*. Boyaca, Colombia: Universidad Antonio Nariño.
- Masstech. (2010). *Principales metodos de calibracion*. Obtenido de <https://masstech.com.mx/>: <https://masstech.com.mx/cuales-son-los-principales-metodos-de-calibracion-dentro-de-laboratorios/>
- Mollano, & Villamil. (2020). *Analisis del ciclo PHVA en la gestion de proyectos, una revision documental*. Colombia: Revista Politecnica.
- Morillo, M. (2001). Rentabilidad Financiera y Reducción de Costos. *Actualidad Contable Faces*, 35-48. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/257/25700404.pdf>
- Moro Piñeiro, M. (2000). *METROLOGIA: Introduccion, conceptos e instrumentos*. Universidad de Oviedo.
- Moyano, F., & Villamil, D. (2021). Análisis del ciclo PHVA en la gestión de proyectos, una revisión documental. *Revista Politecnica*, 55-69. doi:DOI: <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v17n34a4>
- Nava, M. (2009). Análisis financiero: una herramienta clave para una gestión financiera eficiente. *Revista Venezolana de Gerencia* v.14 n.48 Maracaibo, 606-628. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-99842009000400009

- Pan American Health Organization. (2002). *Buenas Prácticas para Laboratorios Nacionales de Control Farmacéutico*. Ginebra: Pan American Health Organization.
- Pérez, R. (2011). *El almacén en la cadena logística*. Universidad politécnica de cataluña.
- Porter, M. (2002). *Ventaja competitiva*. Editorial Patria.
- Rey, F. (2014). Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo. *Técnica Industrial*, 30-41.
- Ruiz-Falco, A. (2009). *HERRAMIENTAS DE CALIDAD*. Universidad Pontificia Comillas Madrid.
- Servera, D. (2011). Concepto y evolución de la función logística. *Innovar*, 2017-234. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v20n38/20n38a16.pdf>
- Sexto, L. (2018). Tipos de mantenimiento: ¿cuántos y cuáles son? *Electromagazine*, 40-46. Obtenido de http://www.mantenimientomundial.com/notas/SEXTO_Tipos-Mantenimiento.pdf
- Soriano, A. (2015). *Diseño y validación de instrumentos de medición*. Universidad de Don Bosco.
- TESTO INDUSTRIAL SERVICES. (s.f.). Recuperado el 17 de 09 de 2023, de <https://www.testotis.es/know-how/centro-de-conocimiento/que-es-la-calibracion#:~:text=La%20calibraci%C3%B3n%20es%20la%20comparaci%C3%B3n,medi%20ci%C3%B3n%20y%20emitiendo%20el%20certificado>.
- Toyos, S. (2023). *Fracctal*. Recuperado el 19 de Setiembre de 2023, de <https://www.fractal.com/es/blog/7-herramientas-gestion-de-calidad-en-mantenimiento-industrial>
- Universidad de la Rioja. (18 de Mayo de 2015). *Herramientas de mano: Servicio de Prevención de Riesgos laborales*. Obtenido de [www.unirioja.es: https://www.unirioja.es/servicios/sprl/pdf/herramientas.pdf](https://www.unirioja.es/servicios/sprl/pdf/herramientas.pdf)
- Van Horne, J. (2003). *Fundamentos de Administración Financiera*. Prentice Hall.