

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE  
PRUEBAS PARA LA MEJORA DEL  
MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE EQUIPOS  
HIDRÁULICOS EN EL ÁREA DE SERVICIOS  
MINEROS DE LA EMPRESA ENERGOTEC SAC”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título  
profesional de:

Ingeniero Industrial

**Autor:**

Wilson Roman Tarrillo Gamarra

Asesor:

Ing. Erick Humberto Rabanal Chávez  
<https://orcid.org/0000-0002-1289-1221>

Lima - Perú

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida, a mis padres Rosa Gamarra L, Roman Tarrillo P por su constante apoyo en todo lo necesario para cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por todos los logros obtenidos en mi vida

A mis padres por el apoyo incondicional en cada etapa de mi formación como persona de bien.

A mi amigo el Ing. Javier Ruiz Villena por su paciencia y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida universitaria y personal.

Agradezco a nuestros maestros por las enseñanzas en estos 4 años de preparación académica.

A la Universidad Privada del Norte por abrirme las puertas en estos 4 años de estudio y superación llenos de aprendizaje y experiencias académicas que nunca olvidaré.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
1.1. Antecedentes de la empresa .....	10
1.2. Realidad Problemática.....	18
1.3. Formulación del Problema.....	20
1.4. Justificación .....	20
1.5. Formulación de Objetivos.....	21
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
2.1. Antecedentes de trabajo de Investigación .....	22
2.2. Contexto Actual de la Industria Minera en el Perú.....	27
2.3. La minería en la economía nacional .....	29
2.4. Mantenimiento en la industria minera peruana .....	32
2.5. Definición de Términos .....	33
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....</b>	<b>44</b>
3.1. Contexto general.....	44
3.2. Recolección de datos para el estudio del problema .....	49
3.3. Especificaciones de gata hidráulica.....	50
3.4. Mantenimiento correctivo de gatas hidráulicas.....	54
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>65</b>
4.1. Medición de la confiabilidad actual .....	65
4.2. Implementación de la solución mediante banco de pruebas .....	66
4.3. Comprobación de la mejora del mantenimiento correctivo .....	74
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>82</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Organigrama general de Energotec S.A.C. ....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2. Organigrama servicio Técnico de Energotec S.A.C. ....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 3. Variación de la producción minera durante el primer trimestre del 2022 .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 4. Variación del PBI por actividad.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 5. Detalle de inversiones en minería (en millones de US\$) .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 6. Variación de las exportaciones mineras por mes .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 7. Inversión mensual en equipamiento minero (en millones US\$) .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 8. Inversión mensual en infraestructura de minería (en millones US\$).....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 9. Sistema de Centro abierto en posición neutral (inactivo) .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 10. Ejemplo de diagrama de Ishikawa con método de las 6M.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 11 . Ejemplo de diagrama de Ishikawa con método de flujo de Proceso .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 12. Ejemplo de diagrama de Ishikawa con método de enumeración de causas .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 13. Certificado ISO 9011:2015 .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 14: Procedimiento de mantenimiento correctivo .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 15. Constancia de homologación SGS.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 16. Mapa de procesos estratégico .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 17. Diagrama de proceso de mantenimiento correctivo .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 18. Diagrama de Ishikawa para las garantías de servicio.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 19. Bomba de gata hidráulica.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 20. Sistema neumático de gata hidráulica .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 21. Sistema eléctrico de remolque gata hidráulica .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 22. Operación de levante de camión minero usando una gata hidráulica Durapac ...</b>	<b>53</b>
<b>Figura 23. Formatos llenos, sobre registro de inspección de gatas hidráulicas .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 24. Personal realizando el desmontaje de cilindro de gata hidráulica .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 25. Personal realizando desmontaje de bomba de gata hidráulica .....</b>	<b>58</b>

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

<b>Figura 26. Personal realizando prueba de funcionamiento sin carga de gata hidráulica .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 27. Especificaciones Técnicas de gata hidráulica.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 28. Formato de prueba de funcionamiento final.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 29. Pruebas de funcionamiento en instalaciones .....</b>	<b>61</b>
<b>Figuras 30, 31, 32, 33: Formatos de reclamos de garantía de equipos .....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 34: Registro de correctivos de equipos hidráulicos .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 35: Banco de pruebas para gata 300 toneladas .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 36: Plano de vista frontal y lateral de banco de pruebas para gata de 300 toneladas</b>	<b>68</b>
<b>Figura 37: Estructura general de banco de pruebas para gatas hidráulicas .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 38: Soporte Roscado de cilindro hidráulica para banco de pruebas .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 39: Torneado de vástago para cilindro hidráulica.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 40: Manómetro de prueba.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 41: Prueba de gata hidráulica 200 toneladas en banco de pruebas .....</b>	<b>73</b>
<b>Figuras 42, 43: Formatos de reclamos de garantía de equipos (año 2022) .....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 44: Registro de correctivos de equipos hidráulicos (año 2022) .....</b>	<b>75</b>

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente estudio se desarrolló en la empresa Energotec S.A.C., en el área de servicios, que es donde se realiza el mantenimiento, preparación, entrega e instalación de los equipos de los distintos clientes de la empresa. La problemática que se encontró fue en el procedimiento de mantenimiento correctivo de las gatas hidráulicas, en el cual se presentaban retrabajos, debido a que no se hacían las pruebas rigurosas a los equipos intervenidos, lo cual provocaba que regresaran al poco tiempo. Esto generaba como consecuencia pérdida de tiempo, sobrecostos y quejas por parte del cliente.

Para determinar la causa raíz de este problema, se usaron herramientas de análisis causa – efecto, así como también la definición de indicadores y procesos de mejora. Con estos instrumentos, se pudo hacer un diagnóstico preciso del problema y se logró determinar donde se tenía que hacer la mejora, consiguiendo de esta manera mejorar la confiabilidad del mantenimiento correctivo de un 42.86% a un 100%. Con esto se concluye la importancia de este estudio y de las herramientas de la Ingeniería Industrial para la mejora de procedimientos de trabajo.

Palabras claves:

Correctivo, diagnostico, instrumentos, problemática.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

En los últimos años, el rubro de la minería ha tenido un alto índice de crecimiento en la economía de nuestro país, lo cual ha sido motivo del aumento de la comercialización de equipos y componentes de acarreo y levante de cargas pesadas, ya que son indispensables para dicha actividad minera. En consecuencia, las empresas mineras tienen mayor demanda de servicios de mantenimiento, tanto preventivo para minimizar posibles fallas, como correctivo para restaurar la operación del equipo en el menor tiempo posible.

Las encuestas de la eficacia de la gestión de mantenimiento en el mundo indican que el 33% del dinero gastado en mantenimiento se desperdicia debido a la aplicación innecesaria e indebidamente de este, lo cual representa un igual porcentaje de confiabilidad del mantenimiento.

En la empresa ENERGOTEC S.A.C., se detectó que el porcentaje de confiabilidad de mantenimiento, que en su caso se representa como el índice de garantías en equipos vendidos y reparados los cuales se averían en un periodo mínimo de 6 meses, es del 75%, por lo que la empresa tuvo que identificar las fallas en el proceso de pruebas de funcionamiento en el servicio de mantenimiento correctivo que se realizan a los equipos de las empresas mineras. Para ello fue necesario identificar la principal causa raíz de fallas que presentaban dichos equipos después de haber sido enviado a operaciones en mina, así como identificar la frecuencia de averías y el estatus de equipos vendidos hasta la fecha, y los cuales presentaban los mismos problemas o se asemejen uno del otro.



En búsqueda de encontrar algunas opciones de mejora ante el aumento de reclamos por garantía, la empresa ENERGO TEC S.A.C. se comunicó con los proveedores de dichos equipos, el fabricante australiano DURAPAC del cual somos representantes, nos brindó la información para realizar pruebas utilizando un banco de ensayos físicos que simule las condiciones reales de trabajo a las cuales están sometidos los equipos en operaciones mina.

En base a las recomendaciones dadas por el fabricante se busca implementar ensayos de pruebas físicas a todos los equipos reparados y nuevos como indica nuestro sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015, con el fin de reducir costos y tiempos perdidos por fallas recurrentes en plena operación. Dicho sistema nos exige tener procedimientos desde la recepción, pasando por la inspección y entrega final del equipo y/o herramienta que llega para ser su mantenimiento, además de capacitar a nuestros colaboradores para poder adquirir nuevos conocimientos que estén a la vanguardia tecnológica.

El presente trabajo se enfoca en minimizar el índice de garantías que se tiene por falta de pruebas de funcionamiento antes y después de realizar el servicio de mantenimiento en nuestro taller de Lima, para ello se ha implementado un banco de pruebas físicas para los equipos hidráulicos el cual determinara la capacidad máxima y mínima real de levante en toneladas métricas, fugas internas y externas de fluido hidráulico, el tiempo de retención de la carga, la velocidad con la cual el cilindro hidráulico avanza así como el diagnóstico de fallas recurrentes de equipos reparados y nuevos en cada operación.

## 1.1. Antecedentes de la empresa

ENERGOTEC S.A.C. es una empresa peruana fundada en 1994 por los empresarios Juan Alvaro Lira Villanueva y Vicente Russo Pestana, a raíz de la división de Peruvian Trading Corporation, empresa comercial de origen británico fundada en Lima el año 1932. Nos dedicamos a la venta y servicio técnico de equipos, herramientas y componentes para la industria, actuando como distribuidor o agente comercial de diversos fabricantes del extranjero, como EE.UU. y Canadá. La empresa ENERGOTEC S.A.C. se encuentra ubicada en la región de Lima, provincia de Lima, distrito de Ate Vitarte; Dirección fiscal calle los plásticos 204 urbanización vulcano Ate-Lima, contamos con un grupo de Ingenieros dedicados a la venta y servicio post venta de los equipos, herramientas y componentes que comercializamos. En sus más de 25 años de vida, ENERGOTEC ha logrado establecerse como un proveedor de productos de calidad en la minería e industria más importantes del Perú como son: Compañía Minera Chinalco en las áreas de Mantenimiento mina y planta concentradora, Compañía Minera Antapaccay y Las Bambas, Compañía Minera Cerro Verde, compañía minera Antamina, Compañía Minera Yanacocha en el área de mantenimiento de camiones, Southern Copper Corporación en las unidades de Cuajones y Toquepala, en distintos escenarios los objetivos son brindar un servicio técnico apropiado y de acorde con las necesidades y altos estándares de calidad que requiere la industria minera.

### **1.1.1. Misión**

Proveer a nuestros clientes de equipos industriales y herramientas de alta calidad con prontitud, eficiencia y un servicio de pre y post-venta profesional. Brindar a nuestras representadas y proveedores de equipos y herramientas, un canal de venta altamente calificado y profesional para atender el mercado industrial peruano. Brindar a nuestros colaboradores y personal un ambiente de trabajo que permita un constante y satisfactorio desarrollo profesional y personal.

### **1.1.2. Visión**

Ser un proveedor confiable, profesional y altamente capacitado, que satisfaga las necesidades de equipos industriales y herramientas de las empresas industriales del Perú, contando con un soporte técnico de pre y post-venta de nivel internacional.

### **1.1.3. Código de ética y conducta**

El código de ética de Energotec SAC, establece los lineamientos de comportamiento dentro de la organización y con el entorno, siendo de cumplimiento obligatorio para los trabajadores.

Las normas contenidas en este código constituyen principios generales con la finalidad de fijar conductas de actuación en relación con la empresa, las funciones de dirección y gerencia, proveedores y clientes, empleados y sociedad civil. No son limitativas ni excluyentes de otras reglas estipuladas en otros documentos de la organización.

## **I. En relación con la empresa.**

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

- Cuidado del medio ambiente, salud y seguridad en el trabajo como principio de la organización, Energotec prioriza la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales sobre cualquier actividad de trabajo.
- Tratar con dignidad, respeto y justicia a todos los empleados, teniendo en consideración su diferente sensibilidad cultural.
- Reconocer los derechos de asociación, sindicación y negociación colectiva.
- Fomentar el desarrollo, formación y promoción profesional de los empleados.
- Vincular la retribución y promoción de los empleados a sus condiciones de mérito y capacidad.
- Establecer y comunicar criterios y reglas claras que mantengan equilibrados los derechos de la empresa y de los empleados en los procesos de contratación y en los de separación de éstos.
- Procurar la conciliación del trabajo en la empresa con la vida personal y familiar de los empleados.
- Queda prohibido discriminar a los empleados por razón de raza, religión, creencias, edad, nacionalidad, sexo o cualquier otra condición personal o social ajena a sus condiciones de mérito y capacidad.
- Queda prohibido el acoso sexual como conducta de naturaleza sexual que afecta a la dignidad de mujeres y hombres y que resulta ingrata, irrazonable y ofensiva para quien la recibe, creando un ambiente de trabajo intimidatorio, hostil o humillante.

## **II. En relación con las funciones de dirección y gerencia:**

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

- Realizar un ejercicio profesional, ético y responsable de su actividad.
- Cumplir y hacer cumplir el Código Ético de la empresa y para ello darlo a conocer y establecer los mecanismos adecuados para garantizar su aplicación.
- Cumplir y hacer cumplir las normas y principios de contabilidad generalmente aceptados y establecer los sistemas internos y externos de control y gestión del riesgo adecuado a las características de la empresa.
- Mantener los libros y registros de la empresa con exactitud y honestidad, de modo que permitan la obtención de información y la toma de decisiones de forma consciente y responsable.
- Facilitar a los auditores, externos e internos, de la empresa toda la información y explicaciones que requieran para la realización de su trabajo.
- Subordinar los intereses propios a los de la empresa cuando actúen en nombre y representación de ésta y no utilizar los activos sociales en su propio beneficio salvo con la debida transparencia, previa la autorización pertinente y mediante la contraprestación que sea adecuada en el mercado.
- Comunicar inmediatamente, cualquier hecho o situación que pudiera suponer o llegar a ocasionar un conflicto entre el interés de la empresa y el particular o directivo y abstenerse de intervenir en su resolución.
- Mantener la confidencialidad de los antecedentes, datos y documentos a los que tengan acceso por razón de sus funciones en la empresa, incluso después de haber cesado en ellas.
- Hacer frente al pago y cumplimiento de las deudas y obligaciones de la empresa sin dilaciones ni incumplimientos injustificados y proceder al cobro de sus créditos con la diligencia que el caso requiera.

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

- Elaborar y mantener vigente un plan de sucesión en los puestos clave de la empresa, de modo que la continuidad de ésta no dependa de la permanencia de ningún administrador ni directivo.
- Elegir a sus colaboradores y subordinados con arreglo a los principios de mérito y capacidad, procurando únicamente el interés de la empresa.

### **III. En relación con los proveedores y clientes de la Empresa:**

- No permitir ninguna forma de violencia, acoso o abuso en el trabajo.
- No revelar información relacionada con asuntos confidenciales dentro o fuera de la organización salvo que cuente con la autorización correspondiente. De igual forma, la información confidencial obtenida de clientes, proveedores y otros en general, en el curso de las actividades, será mantenida en reserva como si fuese propia.
- Los activos de la compañía, sean tangibles o intangibles, y la documentación e información de la misma podrá ser utilizada sólo en el desarrollo normal de las actividades de Energotec. La empresa promueve el uso racional, consciente y adecuado de los recursos, sin despilfarros ni derroches.
- Procurar la integración laboral de las personas con discapacidad o minusvalías, eliminando todo tipo de barreras en el ámbito de la empresa para su inserción.
- Mantener el óptimo clima organizacional, la armonía entre todos los trabajadores y la interrelación armoniosa y cooperativa entre las diferentes áreas de la empresa. Energotec hará lo posible por lograr la motivación de sus colaboradores, en el ámbito de acción en donde tenga influencia.

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

- Los trabajadores deben evitar cualquier conducta que pudiera ser interpretada como contraria a las leyes y/o disposiciones a la normativa legal vigente.

#### **IV. En relación con la sociedad civil.**

- Mantener el principio de neutralidad política, no interfiriendo políticamente en las comunidades donde desarrolle sus actividades, como muestra además de respeto a las diferentes opiniones y sensibilidades de las personas vinculadas a la empresa.
- Colaborar con las Administraciones Públicas y con las entidades y organizaciones no gubernamentales dedicadas a mejorar los niveles de atención social de los más desfavorecidos.

#### **V. En relación con la comunidad**

- Cumplimiento de las leyes y regulaciones, el trabajador se compromete cumplir y evitar cualquier conducta que pudiera ser interpretada como contraria a las leyes y/o disposiciones de cualquier jurisdicción en la que la empresa realice sus actividades.
- Medio ambiente, salud y seguridad en el trabajo, el trabajador se compromete a proteger y promover el cuidado del medio ambiente, la salud y la seguridad en el trabajo. No se admitirán acciones o amenazas que alteren el buen funcionamiento de la empresa o pongan en riesgo y peligro a los trabajadores, contratistas o visitantes en cualquiera de los locales en donde se llevan a cabo actividades de la empresa. Es también responsable de reportar en forma inmediata cualquier accidente, así como de la existencia de equipos, prácticas

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C o condiciones inseguras. En todo caso, la seguridad tendrá prioridad sobre cualquier actividad donde se presente una situación de conflicto.

- Responsabilidad social, Energotec puede apoyar el desarrollo de actividades de responsabilidad social voluntariamente aceptadas, colaborando con instancias gubernamentales cuando lo soliciten y mejorando los procesos para afectar de la menor manera posible al medio ambiente.

### 1.1.4. Organigrama.

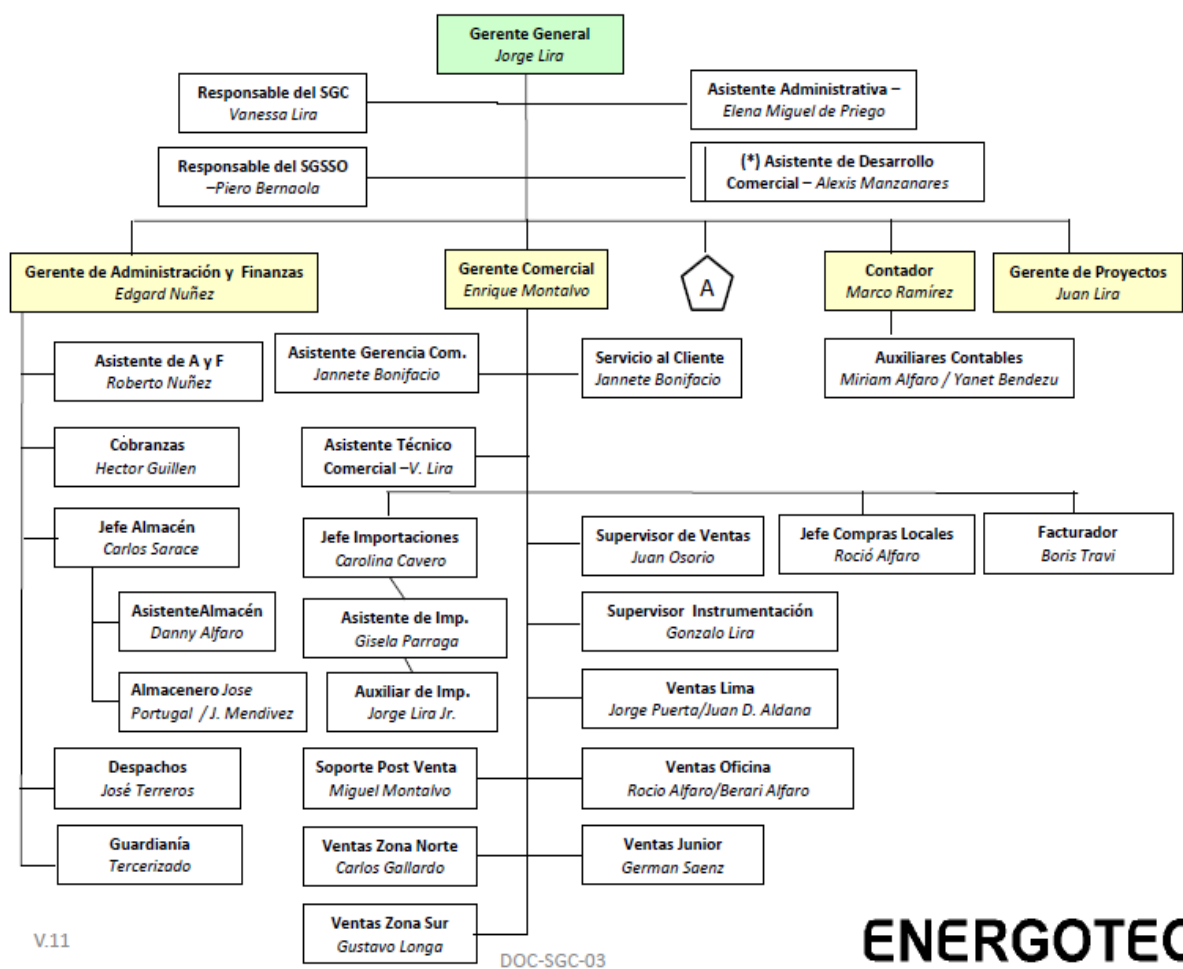


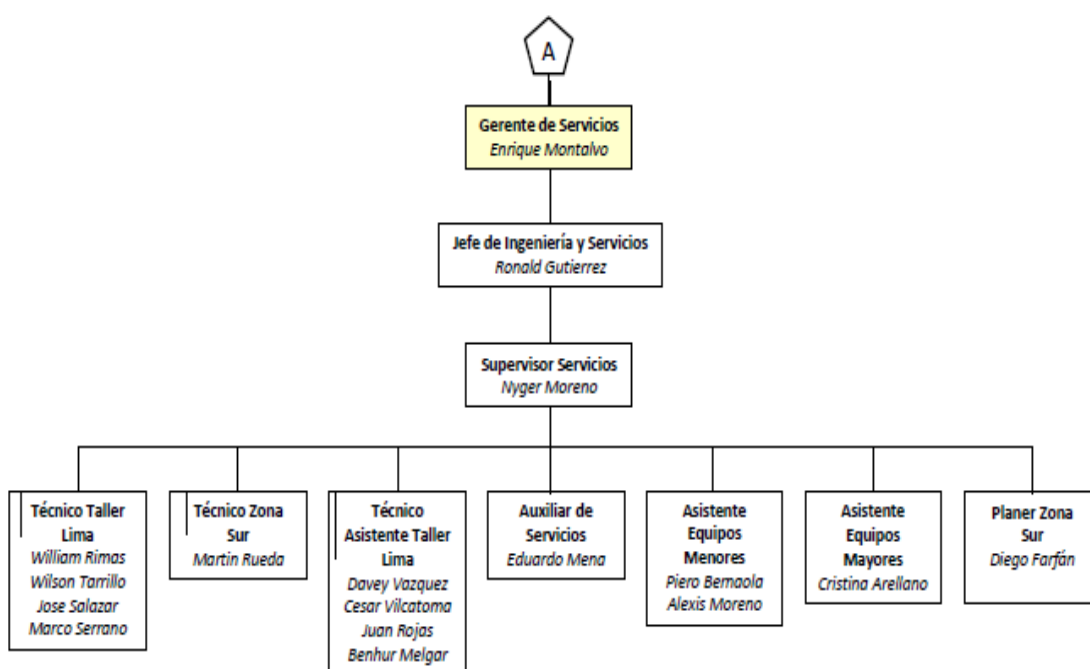
Figura 1. Organigrama general de Energotec S.A.C.

Fuente: Recursos Humanos Energotec S.A.C.



Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

Dentro del área de servicios, también se cuenta con el siguiente organigrama operacional de servicio técnico – Energotec S.A.C.



V.11

DOC-SGC-03

**ENERGOTEC**

Figura 2. Organigrama servicio Técnico de Energotec S.A.C.

Fuente: Recursos Humanos Energotec S.A.C.

### 1.1.5. Clientes

Nuestros principales clientes se encuentran en la industria minería y son los siguientes:

- Minera Antamina: Servicio de taller de camiones
- Minera Antapaccay: Servicio de molinos de mineral y taller de camiones
- Minera Chinalco; Servicio de molinos de mineral y taller camiones
- Minera Cerro Verde: Servicio de taller camiones
- Minera Yanacocha; Servicio de taller de palas

### 1.2. Realidad Problemática

Tal como se menciona en la revista especializada Tiempo Minero (2019), “El Mantenimiento de Maquinaria Minera es una actividad fundamental para alcanzar todos los objetivos de un proyecto con buenos resultados.” Es por esto que las empresas mineras apuestan por el mantenimiento de alto nivel, que se deriva en una mayor productividad y, por consecuencia, el logro de sus objetivos. En este escenario, la confiabilidad es una pieza clave en este proceso, en especial para el mantenimiento correctivo, para las empresas industriales y mineras del Perú (Revista Tiempo Minero, 2021).

Dentro del tipo de mantenimiento correctivo, que por concepto se trata de una serie de acciones tomadas luego de la falla de un equipo, se pueden distinguir cuatro etapas:

- la aparición de la falla,

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

- el diagnóstico de la causa de la falla,
- la sustitución o reparación de la pieza dañada y,
- la verificación del funcionamiento por parte del especialista

Adicionalmente, la revista especializada Rumbo Minero (2017), precisa que, “Las tareas de mantenimiento de maquinarias y equipos han ido adquiriendo una importancia cada vez mayor en la actividad minera. Y es que los adelantos tecnológicos que se han introducido en esas máquinas y equipos han generado la necesidad de contar con servicios cada vez más especializados para mantenerlos, lo cual ha impulsado la creación de un rubro de empresas dedicadas a brindar servicios de soportes de esos activos para y garantizar su continuidad operativa.” Dentro de estas empresas se encuentra ENERGOTEC S.A.C., ya que se dedica tanto a la venta y servicio técnico de equipos, herramientas y componentes para la industria, como al servicio post venta de dichos equipos.

En la empresa motivo del estudio, se detectó que la confiabilidad, que se mide a través del índice de garantías de equipos que retornan al servicio por reiteradas averías antes de seis meses, es casi del 43%, lo cual es un índice muy bajo, teniendo en cuenta que la empresa ENERGOTEC S.A.C. aspira a ser un proveedor confiable que satisfaga las necesidades de equipos industriales de las empresas.

Utilizando la técnica de juicio de expertos, se consultó tanto con el proveedor de equipos como con especialistas técnicos, quienes sugirieron implementar una mejora en la última fase de verificación del equipo, a través de un banco de pruebas especializadas.

### 1.3. Formulación del Problema

#### 1.3.1. Problema Principal

¿Cómo la implementación de un banco de pruebas físicas mejorará el mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos de la empresa ENERGOTEC S.A.C.?

#### 1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo medir la confiabilidad actual del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos?
- ¿Cómo implementar un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos?
- ¿Cómo comprobar la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos después de la implementación?

### 1.4. Justificación

La necesidad de mejorar el mantenimiento correctivo tiene su justificación en dos factores: humano y económico.

- **Justificación humana:** Con la mejora del mantenimiento correctivo, en función de la reducción del índice de garantías, se evitarán retrabajos, ya que se estará haciendo correctamente el mantenimiento a la primera oportunidad y se evitará que los especialistas hagan el mismo trabajo más de una vez, pudiendo realizar labores más productivas.
- **Justificación económica:** A raíz del retrabajo por un mantenimiento correctivo no adecuado, se cae en sobrecostos que van desde el tiempo por horas hombre como de los insumos que se tienen que emplear para dichas

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C operaciones, además del aumento de gastos de servicios como energía eléctrica, Internet, entre otros.

Además de estos factores, también se puede añadir el desgaste de la relación con los clientes, ya que, cada vez que solicite una garantía, disminuirá su confianza en la empresa cuestionando su capacidad y profesionalismo.

## **1.5. Formulación de Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo Principal**

Implementar un banco de pruebas físicas para mejorar el mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos de la empresa ENERGOTEC S.A.C.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Medir la confiabilidad actual del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos
- Implementar un banco de pruebas físicas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos
- Comprobar la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos después de la implementación.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de trabajo de Investigación

#### 2.1.1. Nacionales

Baldeón León, C. (2016), en su trabajo titulado: “Implementación de un sistema de tratamiento de agua, para la reducción de costos de mantenimiento correctivo en la empresa industria Fibraforte S.A.” para optar el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Privada del Norte, apunta como su objetivo general la implementación de un sistema de tratamiento con ablandadores por intercambio iónico para reducir la dureza del agua, en INDUSTRIAS FIBRAFORTE S.A, teniendo en cuenta la reducción de costos por mantenimiento correctivo. Luego de estudios con herramientas de control como Ishikawa y Pareto, y pruebas adicionales, concluyó que, al reducir la dureza del agua empleada en los trabajos, el tiempo de parada en el mantenimiento correctivo disminuye, lo que a su vez reduce costos. En consecuencia, recomienda que esta implementación se realice a otras áreas productivas de la empresa.

Huaco Tejada, P. (2018), en su tesis titulada: “Propuesta de mejora del área de servicios para optimización del proceso de mantenimiento correctivo de equipos de mina en planta en Weir Minerals – Vulco Perú S.A., Arequipa”, presentada en Universidad Católica de Santa María para optar por el Título Profesional de Ingeniera Industrial, tuvo como objetivo realizar una propuesta de mejora del área de servicios que permita la optimización del proceso de mantenimiento correctivo de equipos de mina en planta en una empresa de

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C fabricación y comercialización de equipos para el sector minero. Usando instrumentos como cuestionarios, entrevistas, observación y análisis de documentación de la empresa, concluye que, mediante la estandarización del proceso y capacitación, se disminuyó de 50% a 10% el número de reclamos del mantenimiento correctivo, por lo que sugiere hacer una evaluación continua con el objetivo de optimizar el proceso.

Rodríguez de La Cruz, M. (2021), en su trabajo titulado: “Mejora en el tiempo de mantenimiento correctivo de las torres de telecomunicaciones en la empresa “Telefónica del Perú” en el departamento de Lima” presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad de Lima, tuvo como finalidad realizar la mejora del proceso del mantenimiento correctivo de incidencias en torres de la empresa Telefónica del Perú. Haciendo análisis con indicadores tales como tiempos medios de resolución (MTTR), se llegó a la conclusión que, dentro del proceso del mantenimiento correctivo, se necesitaba mejorar la gestión del acceso a las torres, con lo cual se redujo el tiempo en 50%. Con este resultado, se recomienda replicar la solución a nivel nacional.

Condezo López, G. (2019), en su trabajo titulado: “Implementación de la metodología TPM para mejorar la productividad del proceso de mantenimiento correctivo de los equipos de maquinaria pesada de construcción con la empresa COSAPI S.A. Lima”, para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, presentada en la Universidad Privada del Norte, tuvo como objetivo implementar la metodología TPM para mejorar la productividad en el mantenimiento correctivo de los equipos de maquinaria pesada. Usando técnicas de observación, además del juicio de expertos, se concluyó que con la

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

aplicación de herramientas como 5S, se logró aumentar de 50% a 90% la confiabilidad de los equipos intervenidos. Con esto, se recomienda usar otras herramientas y/o aplicativos para aumentar aún más la confiabilidad.

Gamboa Montalvo, J. (2017), en su tesis presentada en la Universidad Nacional de Trujillo titulada: “Mantenimiento centrado en la confiabilidad para el molino de bolas Kurimoto 8’x 6’ en la unidad minera Catalina Huanca”, para optar por el título de Ingeniero Mecánico apuntó como objetivo principal aumentar la disponibilidad y confiabilidad del Molino de Bolas KURIMOTO 8X6 en la unidad minera Catalina Huanca, mediante el análisis de criticidad de sus componentes. Usando una metodología descriptiva comparativa con datos extraídos de las intervenciones a los equipos de la planta, se llegó a la conclusión que, mejorando uno de los procedimientos de regulación de componentes dentro del mantenimiento correctivo se redujo el tiempo del mantenimiento de un 75% a un 65% del tiempo óptimo, lo cual a su vez reduce costos. Como recomendación, se sugiere realizar esta mejora a otros procedimientos del mantenimiento correctivo para reducir costos y tiempo.

### **2.1.2. Internacionales**

Uribe Aguillon, D., (2019), en su investigación titulada “Investigación correlacional entre la aplicación de estudios de termografía y los costos de mantenimiento correctivo en motores eléctricos de unidades de bombeo mecánico en campo veta” presentada en la Universidad EAN (Escuela de Administración de Negocios) de Bogotá - Colombia, tuvo como objetivo general establecer el grado de correlación entre los costos de mantenimiento



correctivo y la aplicación de estudios de termografía en motores eléctricos de unidades de bombeo mecánico. Usando una metodología de investigación correlacional, el estudio concluye que, implementando un estudio de termografía previo, se obtienen beneficios medidos en costos de presupuesto y disponibilidad del equipo aumentando discretamente la confiabilidad en el mantenimiento correctivo. La investigación también recomienda hacer estudios adicionales cuantificables para tomar decisiones de mejoras a corto y mediano plazo.

Sandoval Serva, B., (2019), en su trabajo titulado “Propuestas de mejora del sistema de mantenimiento de la empresa AESA infraestructura y minería” para optar por el grado de Máster universitario en ingeniería del mantenimiento en la Universidad Politécnica de Valencia - España, tuvo como finalidad realizar la revisión integral del sistema de mantenimiento actual de la empresa, buscando analizar los tipos de proceso que utilizan dentro de su gestión de mantenimiento. Usando herramientas como el análisis Pareto y DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades), además de la metodología 5S para la calidad, se concluye que aplicando una mejora en el procedimiento de registro del mantenimiento correctivo se disminuirá tiempo además de evitar retrabajos. Como recomendación, sugiere que las mejoras se hagan extensivas a todas las áreas de la empresa ya que, con la información conseguida, se puede demostrar que con un mantenimiento adecuado y bien ejecutado los equipos serán confiables.

Ruiz Naranjo, R. y López Auquilla, V., (2017), en su tesis titulada: “Implementación del sistema alterno de mantenimiento para los equipos de

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

procesamiento minero en la cantera San Joaquín 2 de la empresa MAPEAGRE

CÍA. LTDA.”, presentada para la obtención del Título de Ingeniero Industrial en la Universidad Técnica de Cotopaxi en Latacunga – Ecuador, tuvo como objetivo general Implementar el Sistema Alternativo de Mantenimiento para los equipos de procesamiento minero mediante la identificación y selección de tipos de mantenimiento a nivel de máquinas, buscando la mejora continua de la disponibilidad y estado técnico de los equipos. Utilizando una metodología experimental, a través de observaciones y análisis diversos tanto al proceso como a los equipos, se concluye que, agregando un índice de criticidad en el proceso de mantenimiento de los equipos, se puede reducir el tiempo de intervención de los mismos, con lo que se ahorra costos que se representan en una TIR calculada de 44% por la que es rentable. Adicional a esto, recomienda que se organice de manera adecuada la documentación tanto en el procedimiento correctivo como en los otros tipos para mejorar el proceso.

Salas Barranco, J., (2012), en su trabajo de investigación titulado: “Mejora de la Metodología del Mantenimiento Correctivo en una Flota de Transporte Urbano” presentada en la Universidad Politécnica de Valencia en España para optar por el título de Máster universitario en ingeniería del mantenimiento, apuntó como objetivo aplicar herramientas Lean MRO (Maintenance Repair and Overhaul) a procedimientos de diagnóstico en mantenimiento correctivo de vehículos, con el fin de ayudar al operario a diagnosticar las anomalías que presenta el vehículo cuando presenta alguna anomalía. Usando metodología experimental con las herramientas Lean MRO, el estudio concluye que, usando Instrucciones Técnicas de Diagnóstico de Correctivo dentro del proceso de

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

mantenimiento, es posible diagnosticar de manera rápida y sencilla los fallos de los equipos, lo cual representa un ahorro 10% a 20% en tiempo de intervención, por lo que se recomienda replicar esta metodología a otros procesos dentro de la empresa.

Marín González, T., (2011), en su trabajo titulado: “Estudio de Tiempos en el área de Mantenimiento correctivo y preventivo en rutas, y determinación de estrategias para la mejora de la Productividad en IMBERA S.A. DE C.V”, para optar por el título de Ingeniera Industrial presentado en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez de la ciudad de Chiapas – México, tuvo como objetivo general establecer un proyecto en el cual se puedan justificar y validar los lineamientos para proporcionar servicios de mantenimiento a enfriadores en ruta. Usando una metodología experimental de simulación a través de muestras y con las herramientas del estudio de tiempos, se concluye que, haciendo una optimización del proceso por medio de software, se reducen los tiempos perdidos, lo cual aumenta la productividad del personal y operarios. Como recomendación, sugiere monitorear constantemente las actividades y capacitar al personal para mejorar aún más el proceso de mantenimiento.

## **2.2. Contexto Actual de la Industria Minera en el Perú**

El Perú ha sacado provecho de una creciente demanda de minerales metálicos que se inicia en el año 2006, principalmente desde China. Durante el estado de emergencia nacional producto del Covid-19, si bien el gobierno dio directrices para cerrar la actividad en sus asentamientos mineros, el 17 de marzo de 2020 se dio autorización a las unidades mineras para la realización de actividades

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

correspondientes para garantizar el sostenimiento de sus operaciones críticas con el personal mínimo indispensable. Esto nos da una idea de lo importante que es la actividad minera para el desarrollo y crecimiento del país. Aun así, el Perú fue uno de los países más afectados por la pandemia, lo que se reflejó en un retroceso económico récord de 11% en el sector minero debido a la inédita disposición gubernamental de suspender las operaciones.

En la actualidad, la actividad productiva del país ya empezó a expandirse por encima de los niveles que registraba antes de la pandemia, si se tiene en consideración que habría cerrado con un crecimiento de 13.2% en el 2021, lo cual prevé un dinamismo significativo del PBI para este año. En este contexto juega a nuestro favor una nueva demanda del exterior de productos de las grandes y medianas empresas mineras y agroexportadoras, así como de las pequeñas unidades productivas que venden al mundo. Pero también hay que considerar que los múltiples conflictos sociales pueden afectar este desempeño.

Para fines del año 2021, el Banco Central indica que la expansión en el sector minero se explica por la mayor contribución de las grandes y medianas empresas, además de la entrada en operaciones durante ese año de la cuprífera Mina Justa de Marcobre, y la ampliación de Toromocho de Chinalco.

Al primer trimestre del 2022, las inversiones en minería acumulan 9.2% de incremento, superando los US\$ mil millones, ya sea porque están en construcción, ampliación, mantenimiento o compras programadas. Las empresas del sector destinan una buena porción de su inversión total al equipamiento minero, desarrollo y preparación de mina con el fin de promover una industria moderna, sostenible y responsable.

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

En marzo de 2022, la producción minera reportó un aumento en los niveles producidos en 6 de los 8 minerales principales: cobre (+5.7%), oro (+4.9%), zinc (+3.2%), hierro (+29.3%), estaño (+15.8%) y molibdeno (+0.8%). Sin embargo, la producción nacional de plata y plomo reflejaron disminuciones de 0.7% y 0.5%, respectivamente.



Figura 3. Variación de la producción minera durante el primer trimestre del 2022

Fuente: Boletín Estadístico Minero MINEM

Se espera que durante el resto del 2022 la expansión minera sea dado por un mayor aporte de varias minas cupríferas, entre ellas Toromocho, Mina Justa y Constanca, de propiedad de Hudbay. Además, la entrada en funcionamiento de Quellaveco, proyecto de cobre de US\$5.500 millones de propiedad de Anglo American, también será un motor de la producción minera peruana durante el presente año.

### 2.3. La minería en la economía nacional

A fines del 2021, el banco central pronosticaba que la producción minera sería un importante motor de la economía peruana en 2022 con una expansión estimada en 5,9% del Producto Bruto Interno (PBI) Global, en un escenario en

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

el que el resto de las actividades exhibirán menor dinamismo. A febrero del presente año, el PBI minero reportó un ligero crecimiento de 0.8%, esto dado por el menor tonelaje procesado en las plantas concentradoras, lo cual tuvo como consecuencia que la actividad minera presentara un menor desempeño.

Sector	2022	
	Feb	Ene--Feb
1. Agropecuario	2.9	4.0
2. Pesca	-21.1	-26.6
<b>3. Minería metálica</b>	<b>-2.1</b>	<b>0.8</b>
4. Hidrocarburos	13.1	11.4
5. Manufactura primaria	-7.3	-7.1
6. Manufactura no primaria	6.4	3.4
7. Electricidad y agua	4.4	3.7
8. Construcción	-2.5	-1.6
9. Comercio	7.5	4.9
10. Total servicios*	7.4	5.8
<b>PBI GLOBAL</b>	<b>4.9</b>	<b>3.9</b>

*Figura 4. Variación del PBI por actividad*

Fuente: *Boletín Estadístico Minero MINEM*

En el primer trimestre de 2022, y tal como se había indicado anteriormente, se ha dado un crecimiento en las inversiones mineras, como consecuencia de la mayor inversión en infraestructura (US\$ 49 millones más), y desarrollo y preparación (US\$ 49 millones más). A nivel de empresas, la inversión en el proyecto Quellaveco explica más del 30% del total de inversión registrada, seguido por Antamina (7%), Southern (6%), Yanacocha (5%).

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

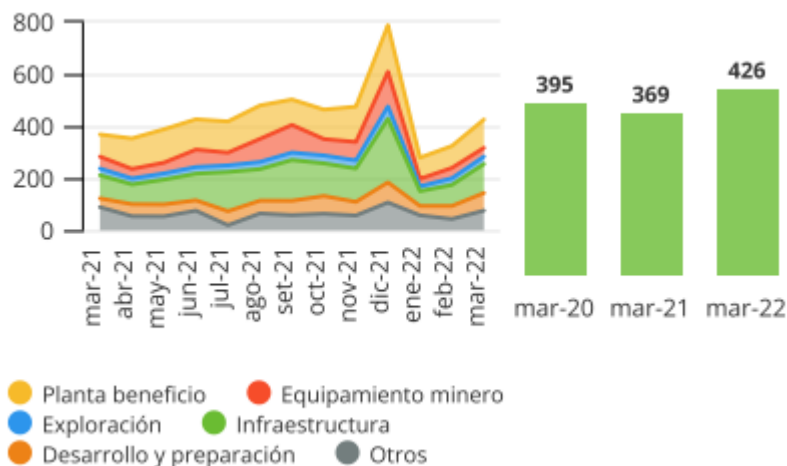


Figura 5. Detalle de inversiones en minería (en millones de US\$)

Fuente: Boletín Estadístico Mensual Minería - SNMP

Otra influencia de la industria minera en la economía, se da a través de las exportaciones ya que son ingresos para el fisco nacional. En febrero de 2022, las exportaciones mineras (metálicas y no metálicas) alcanzaron una suma de US\$ 3390 millones, con un incremento de 17.8% con relación al mismo mes de 2021. En cuanto al periodo acumulado de enero a febrero las exportaciones mineras registraron la suma de US\$ 6224 millones registrando un incremento de 10.7% en comparación al mismo periodo de 2021.

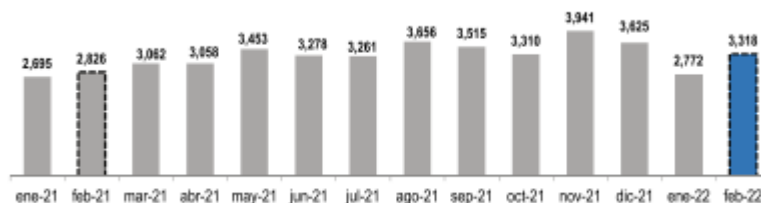


Figura 6. Variación de las exportaciones mineras por mes

Fuente: Boletín Estadístico Minero MINEM

## 2.4. Mantenimiento en la industria minera peruana

La continuidad de producción es vital para toda operación minera, por lo que uno de las tareas clave que la actividad minera debe tener entre su lista de prioridades es el mantenimiento de sus maquinarias y equipos. Si se desglosa las estadísticas en inversión minera presentadas anteriormente, podremos ver un aumento en la inversión en el ítem de equipamiento.

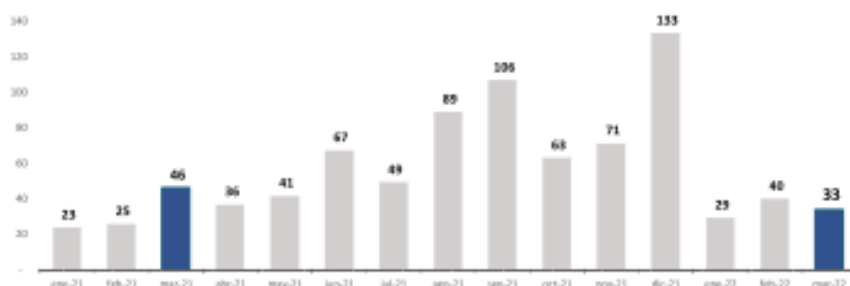


Figura 7. Inversión mensual en equipamiento minero (en millones US\$)

Fuente: Boletín Estadístico Minero MINEM

De la misma forma se puede entrar al detalle de la inversión en infraestructura minera.



Figura 8. Inversión mensual en infraestructura de minería (en millones US\$)

Fuente: Boletín Estadístico Minero MINEM



## 2.5. Definición de Términos

- 1. Mantenimiento de equipos:** En la actualidad, el Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) es una de las técnicas más utilizadas en toda la industria, debido al óptimo manejo de la información de los equipos, estructurando planes de mantenimiento de manera fácil y confiable, así mismo, enlazando los factores que puedan alterar la vida útil y funcionalidad, obteniendo mejoras representativas en los indicadores de confiabilidad que sean pertinentes en los diferentes procesos. La mayoría de las estrategias utilizadas para la gestión de mantenimiento requieren inicialmente, la mayor información posible de los equipos, histórico de fallas, principios de funcionamiento, estándares de función, tiempos, y contexto operacional, así como también, tiempos fuera de servicio, etc. Toda esta información en la mayoría de los casos, es de suma importancia para comenzar un análisis de mejora y/o crear un plan de mantenimiento óptimo, ya que resulta esencial realizar los cálculos estadísticos que permitan analizar el comportamiento del equipo, para luego; tomar decisiones que mejoren la calidad y productividad, sin embargo, no es frecuente encontrar este tipo de información en la industria y de ahí la obligación de recurrir a estrategias como la base de datos OREDA (Offshore and Onshore Reliability Data), que es una de las estrategias de mantenimiento más óptimas por su utilización cuando no se tiene la información mencionada; con dicha herramienta es factible crear planes de mantenimiento a partir de una serie de datos promedios generando los análisis estadísticos deseados. Es una fuente generalmente utilizada por diversos sectores industriales donde la confiabilidad de los procesos es de mucha importancia, esta es periódicamente

actualizada, y hoy en día, corresponde a gran parte del universo de equipos existentes en la industria. En ese orden de ideas, una de las maneras más reales de simplificar y optimizar estas estrategias, es a través de la aplicación de un software de cómputo en el cual se pueda tener acceso de forma común y sencilla a la información de los equipos, sus planes de mantenimiento y gestión administrativa. (Paez Salazar, O. E., & Rodriguez Barbosa, J. C., 2018).

- 2. Mantenimiento preventivo:** Las actividades de Mantenimiento Preventivo son ejecutadas para evitar y detectar condiciones que llevan a interrupciones de la producción, averías y deterioro acelerado de las maquinas, efectuadas en un paro programado basado en un análisis cíclico. La insuficiencia o el sobre aumento de mantenimiento preventivo aplicado a los equipos, tendrá consecuencias perjudiciales que afectarán tanto la disponibilidad de los mismos como la confiabilidad en la operación, por estas consecuencias es de gran importancia, determinar la frecuencia optima de Mantenimiento a los equipos, siguiendo una serie de procedimientos a realizar, para elaborar un programa de Mantenimiento preventivo y determinar si se están logrando los objetivos trazados. (Herrera Zurique & Segura Hoyos, 2004).
  
- 3. Mantenimiento correctivo:** El mantenimiento correctivo tiene por objeto corregir las deficiencias en los equipos o instalaciones, localizar averías y repararlas. Los costos de reparación de los equipos suelen ser mucho más elevados en la etapa correctiva que en la etapa preventiva, y la tendencia existente está más orientada a la prevención que a la corrección. Sin embargo, es inevitable que en un hospital,

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

como en cualquier otro lugar como ejemplo, a menudo se presentan dificultades en las computadoras que no pudieron ser previstos o evitados a través del mantenimiento preventivo o correctivo. Por ello, se necesitan protocolos de mantenimiento correctivo que contengan criterios y procesos claramente definidos para mejorar la eficiencia y eficacia en la resolución de problemas y asegurar la máxima disponibilidad en la prestación de los servicios. (Primerio, D. F., Díaz, J. C., García, L. F., & González-Vargas, A., 2015).

#### **4. Sistema oleo hidráulico:**

Según conceptos básicos de Asenjo (2007), el principio de Pascal dice que la presión ejercida sobre un líquido metido en un recipiente se transmite íntegramente a todos los puntos del líquido. En un sistema hidráulico la enunciación del mencionado principio podría ser: la presión aplicada en un punto del sistema se transmite a todo el líquido a través de las vías que vinculan el elemento donde se ejerce la presión con el elemento que utiliza esa presión. La definición de presión (fuerza/superficie) y el principio de la ley de Pascal son los conceptos que justifican el efecto multiplicador de fuerzas transmitidas por presión en un sistema hidráulico. También es importante recordar la ecuación de Bernoulli y el principio de la conservación de la energía en un fluido. Elementos que componen el sistema hidráulico Los sistemas hidráulicos del tractor o de la cosechadora se componen básicamente de los siguientes elementos:

- 1) Un depósito donde se encuentra el líquido hidráulico del cual sale para cumplir su función y al cual regresa posteriormente.

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

2) Una bomba hidráulica que le suministra energía hidráulica al líquido haciéndolo circular (caudal) y otorgándole presión. La energía hidráulica proviene de transformar energía mecánica de rotación. Las bombas, de acuerdo a su diseño, y para una determinada velocidad de rotación pueden entregar:

A) Un caudal fijo y una presión variable

B) Un caudal variable y una presión fija

3) Una válvula de mando que a voluntad del tractorista dirige el líquido hacia el elemento accionado (por ejemplo, a un cilindro hidráulico) o hacia el depósito según convenga. Estas válvulas de mando constan de dos partes una fija que es la carcasa y otra móvil que es el vástago. El vástago es una pieza cilíndrica con resaltos. Dos resaltos consecutivos constituyen un “carretel”. Estas válvulas pueden ser:

A) para sistemas hidráulicos de centro abierto (vástago de cuatro resaltos; tres “carreteles”)

B) para sistemas hidráulicos de centro cerrado (vástago de tres resaltos; dos “carreteles”)

Obsérvese que la diferencia constructiva más notoria entre ambos sistemas está en el número de resaltos (y por ende “carreteles”) del correspondiente vástago.

4) Cañerías de conducción del líquido: desde el depósito a la bomba; desde la bomba a la válvula; desde la válvula al elemento accionado (de entrada y de salida); desde la válvula al depósito.

5) Una válvula de seguridad que permite el paso del líquido al depósito cuando la presión de dicho líquido en las tuberías supera un límite establecido.

## **5. Sistemas hidráulicos de centro abierto y de centro cerrado**

Ya se mencionaron los elementos distintivos que caracterizan a ambos sistemas: las bombas y las válvulas. La denominación de cada uno de estos dos sistemas, centro abierto y centro cerrado, deriva de cómo es el flujo del líquido por el centro del vástago cuando éste se encuentra en la posición de reposo o neutra (sistema no activado) dentro de la carcasa. Veamos primero cuál es el centro del vástago en cada caso. Para el vástago de la válvula de centro abierto el centro de dicho vástago es el espacio que queda entre el 2° y el 3° resaltos, es decir el 2° “carretel” (el “carretel” del medio). Para el vástago de la válvula de centro cerrado el centro de dicho vástago es el 2° resalto, es decir, el resalto del medio. En el sistema de centro abierto, al estar el vástago de la válvula en su posición neutra su centro deja pasar el fluido que proviene de la bomba a través de la válvula directamente de regreso al depósito sin accionar ningún componente. La presión en este líquido que circula es despreciable. Recuérdese que la bomba es de caudal fijo y presión variable. En el sistema de centro cerrado, al estar el vástago de la válvula en su posición neutra su centro no deja pasar el flujo de líquido que proviene de la bomba (paso obturado, caudal nulo). En el tramo de conducto bomba-válvula, se mantiene la presión de trabajo. Recuérdese que la bomba es de caudal variable y presión constante. A continuación, se analiza el conjunto de cada sistema en su totalidad en sus dos posiciones, la neutra y la activada.

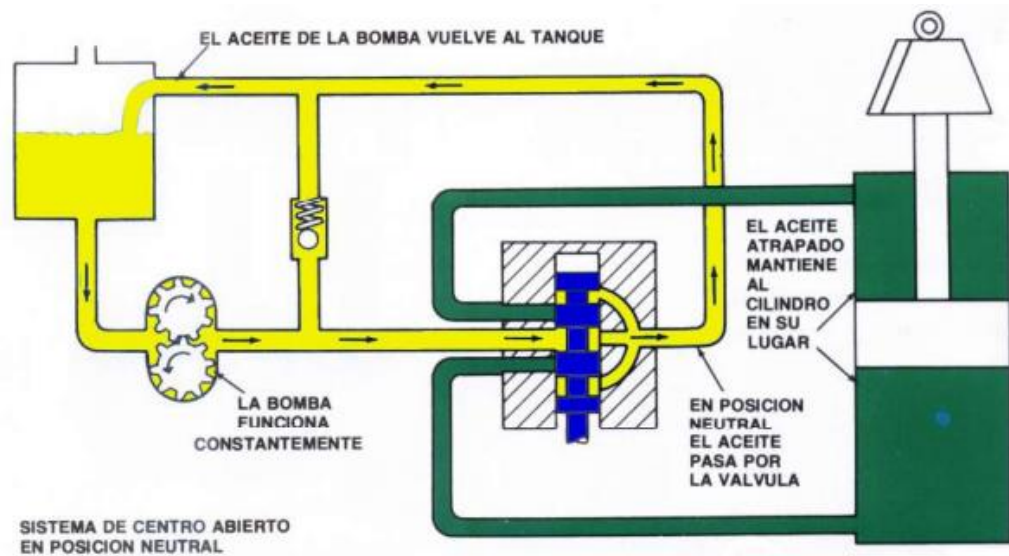
### **A1) Sistema hidráulico de centro abierto en posición neutra (de reposo)**

La bomba de la imagen es de engranajes (caudal constante y presión variable). En la posición neutra el centro del vástago de la válvula deja pasar el flujo de líquido

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

a menor presión (en amarillo) a través de la misma regresando al depósito o tanque.

En esa posición neutra del vástago su resalto 2° y 3° obturan los conductos que vinculan la válvula con el elemento accionado, reteniendo el líquido a la presión alta (en verde oscuro) que tenía durante su accionamiento.



El Sistema de Centro Abierto en Posición Neutral (Inactivo)

Figura 9. Sistema de Centro abierto en posición neutral (inactivo)

Fuente: Sistema Hidráulico

**6. Banco de pruebas de cilindro de doble efecto:** Actualmente, la maquinaria que

ingresa para su mantenimiento o reparación, no tiene un respaldo de pruebas, de todos los repuestos que se utiliza en los sistemas hidráulicos al terminar el trabajo.

La única prueba que existe es determinando el funcionamiento de la maquinaria.

Si el funcionamiento aparentemente se ve bien, puede entregarse el trabajo, pero

no hay un registro cuantificado y optimizado del trabajo que se hizo. Con un banco

de pruebas se puede garantizar que el trabajo y todos los repuestos utilizados

funcionen correctamente con los estándares de fabricación, para de esta manera

ofrecer un mejor servicio y confianza a los clientes. Realizando las pruebas

adecuadas a los repuestos hidráulicos, se asegura la optimización del

funcionamiento y un mejor ajuste apropiado para una buena instalación dentro de

la operación de la máquina. Cada prueba que se realiza en el banco de pruebas,

proporciona, también un diagnóstico de cualquier componente del actuador

hidráulico que se requiere verificar, y saber si su funcionamiento es el adecuado,

para que de esta manera se realice los reajustes si se requiere o hacer trabajos

mayores. El banco consta de una central hidráulica compuesta básicamente por un

depósito de almacenamiento de aceite, bomba, motor, válvula reguladora de

presión, y demás componentes que componen un sistema hidráulico básico.

Además, el equipo consta con un sistema de adquisición de datos, un sensor

electrónico (presión) y un entorno de control elaborado en TIA (Totally Integrated

Automation), y dado su facilidad de manejo no va a ser un problema familiarizarse

[XII] con el equipo; y lo que es más importante, ejecutar sin dificultades el proceso

para la puesta a prueba de los cilindros. Con el presente proyecto se está

garantizando que la empresa INSEIN cuente con un equipo capaz de comprobar

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

sus sellos instalados en los cilindros hidráulicos que se repara, evitando la presencia de errores previa la entrega del cilindro al cliente. (Manobanda & Paredes, 2012).

- 7. Diagrama de Ishikawa o de causa-efecto:** Citando a Gutierrez (2013), se define como “Un método gráfico que relaciona un problema o efecto con sus posibles causas”. De aquí radica el valor de esta herramienta debido a que fuerza a indagar las causas de que afectan el problema examinado, sin cometer el error de buscar directamente un motivo y no cuestionar las causas reales. Es una de las principales herramientas básicas para la calidad, junto con el diagrama de Pareto, hoja de verificación, diagrama de dispersión y coeficiente de correlación. Según como se investigan y ordenan las causas en la gráfica, hay tres tipos de diagramas de Ishikawa:

- a. Método de las 6M:** Es el más usado y se trata de agrupar las probables causas en seis ramas principales (6 M): métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Este método es sobretodo usado en manufactura, ya que estos seis elementos determinan de manera integral todo proceso. A continuación, se presenta un ejemplo



Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

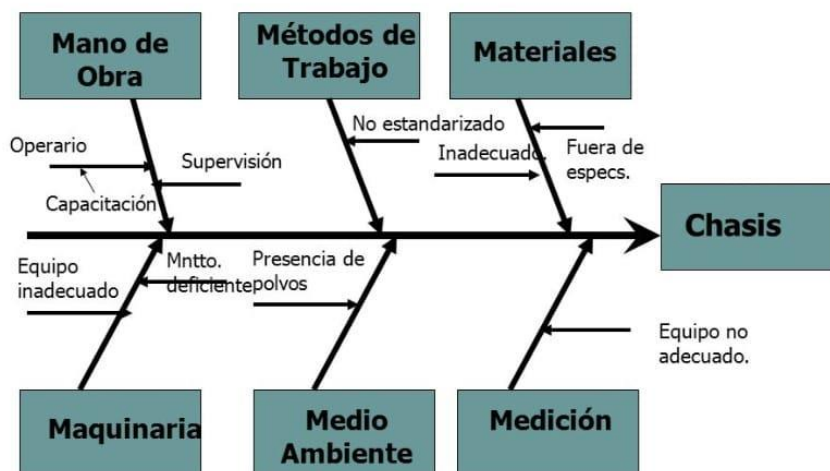


Figura 10. Ejemplo de diagrama de Ishikawa con método de las 6M

Fuente: Adaptado de Control estadístico de la calidad y Seis Sigma

Las ventajas del método 6M son que se enfoca en el proceso y no en el producto, además que es posible emplearlo cuando el proceso no se conoce a detalle, pero en contra tiene la desventaja de que en una sola rama se podrían identificar demasiadas causas potenciales.

- b. Método flujo del proceso:** En este método la línea principal del diagrama sigue la secuencia normal del proceso analizado y los factores que pueden afectar la característica de calidad se adicionan en el orden que les corresponde, según la secuencia del proceso, tal como se muestra en el ejemplo a continuación:

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

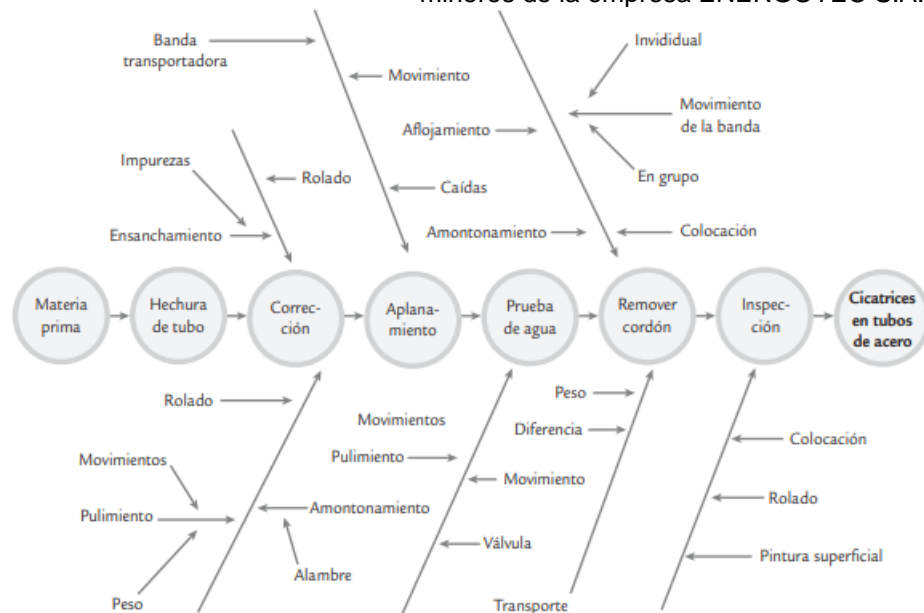


Figura 11 . Ejemplo de diagrama de Ishikawa con método de flujo de Proceso

Fuente: *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*

Entre las ventajas de este método, se puede mencionar que considera al proceso completo como una causa potencial del problema, por lo que se puede identificar procedimientos alternativos de trabajo, además de hacer posible descubrir otros problemas no considerados al inicio. Como desventaja, requiere que las personas tengan una alta familiarización con el proceso para poder detectar las causas potenciales, además que estas pueden aparecer muchas veces en el proceso.

- c. **Método de estratificación o enumeración de causas:** Lo principal de este método es ir directamente a las probables causas principales, no agrupándolas bajo el criterio de las 6M, ni por el flujo de proceso. Este método se usa mayormente en las reuniones de lluvia de ideas en

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C combinación con la técnica de los cinco por qué, con la finalidad de ahondar en la búsqueda de las causas.

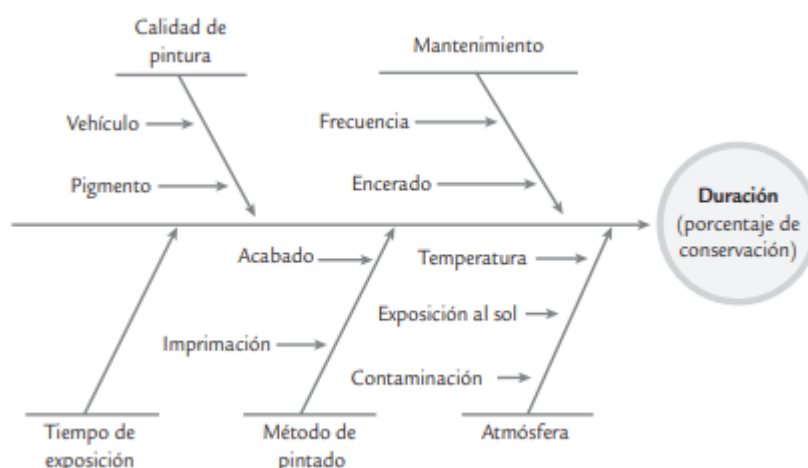


Figura 12. Ejemplo de diagrama de Ishikawa con método de enumeración de causas

Fuente: *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*

La ventaja principal es que agrupa claramente las causas potenciales del problema, lo cual permite centrarse directamente en su análisis. Adicionalmente, este gráfico es menos complejo que los obtenidos con otros procedimientos. En contraparte, la desventaja de este método es que requiere un buen conocimiento tanto del producto a analizar como de las causas potenciales.

Estas características y métodos hacen del diagrama de Ishikawa una herramienta versátil para encontrar mejoras y aumentar la calidad de un producto o proceso.

## CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### 3.1. Contexto general

En septiembre del 2012, ingresé a la empresa Energotec desempeñando la función de técnico en mantenimiento de equipos hidráulicos en las instalaciones de Ate-Lima. Al comienzo, trabajaba como asistente en las reparaciones de equipos hidráulicos y herramientas de poder. Dicha función la ejercí durante dos años para luego en el 2014, pasar a desempeñar la función de soporté técnico en campo de equipos en la minera Antapaccay. Al año siguiente 2015, participé en las gestiones que la empresa realizó para certificarse en gestión de calidad bajo la norma ISO 9001 -2015, objetivo que se logró tal como se muestra en la siguiente figura.



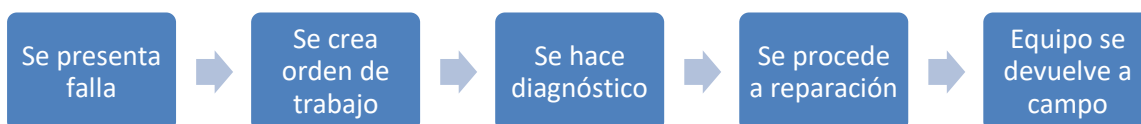
Figura 13. Certificado ISO 9011:2015

Fuente: Empresa Energotec S.A.C.

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

Con dicha certificación la empresa se ve obligada a mejorar todos sus estándares de calidad con respecto a las reparaciones de equipos y herramientas de poder, cuyo fin sería eliminar los posibles riegos de fallas. Para ello contaríamos con el apoyo de un nuevo equipo de trabajo el cual incluiría un supervisor de equipos mayores y un supervisor de equipos menores, un asistente técnico, un técnico sénior con un mínimo de 5 años de experiencia, un técnico soldador homologado y 3 auxiliares mecánicos.

Como mejora adicional fue en el proceso de mantenimiento ya que antes se realizaba de manera empírica lo cual ocasiona retrasos en las órdenes de servicio y desorden en los procedimientos del área técnica. Con la certificación se estableció un procedimiento cuya primera versión se muestra en la siguiente figura.



*Figura 14: Procedimiento de mantenimiento correctivo*

*Fuente: Elaboración propia*

Siguiendo con las homologaciones se obtuvo la licencia de comercialización de equipos y componentes industriales para la compañía minera Antapaccay otorgado por la entidad certificadora internacional SGS.

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

**SGS**

**Constancia de Homologación**  
N° 00532/17

SGS DEL PERÚ S.A.U. certifica que ha llevado a cabo el proceso de evaluación de proveedores, por solicitud de COMPAÑIA MINERA ANTAPACAY S.A., a:

**ENERGOTEC SAC**  
Lima.

Comercialización de equipos, herramientas y componentes industriales.

ASPECTO	PUNTAJE	ASPECTO	PUNTAJE	ASPECTO	PUNTAJE
SITUACION FINANCIERA Y OBLIGACIONES LEGALES	100.00	CAPACIDAD OPERATIVA	100.00	GESTION DE LA CALIDAD	100.00
SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIOAMBIENTE	82.47	GESTION COMERCIAL	100.00		
<b>Total</b>	<b>96.49%</b>	<b>Final</b>	<b>A</b>		

Periodo de Validez Del: 22/03/2017 al 23/05/2018  
Versión: 1 - FST

**CONDICIONES DE EMISION**

1) La información consignada en la presente constancia es un resumen y fiel reflejo de nuestros hallazgos en el lugar y objeto de evaluación. Los que se detallan en el informe de evaluación adjunto.  
2) El otorgamiento de la presente constancia se extiende exclusivamente a la actividad evaluada.  
3) La responsabilidad de nuestra empresa se limita a garantizar únicamente que el proveedor ha sido evaluado y certificado de acuerdo a un procedimiento establecido por SGS. SGS del Perú S.A.U. no asume responsabilidad alguna al proveedor frente a algún producto o servicio, que fue objeto de evaluación.

DL 24472-816

SGS del Perú S.A.C.  
*[Firma]*  
Oscar Saco - I.  
Gerente General

SGS del Perú S.A.C.

Figura 15. Constancia de homologación SGS

Fuente: Empresa Energotec S.A.C.

Con respecto al proceso de ventas de equipos, se realizaron estudios para los cuales se diseñó un mapa de procesos, con la finalidad de minimizar los reclamos por garantía. Para ello, realizamos pruebas de funcionamiento de calidad a los equipos vendidos antes de ser entregados a nuestros clientes finales.

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

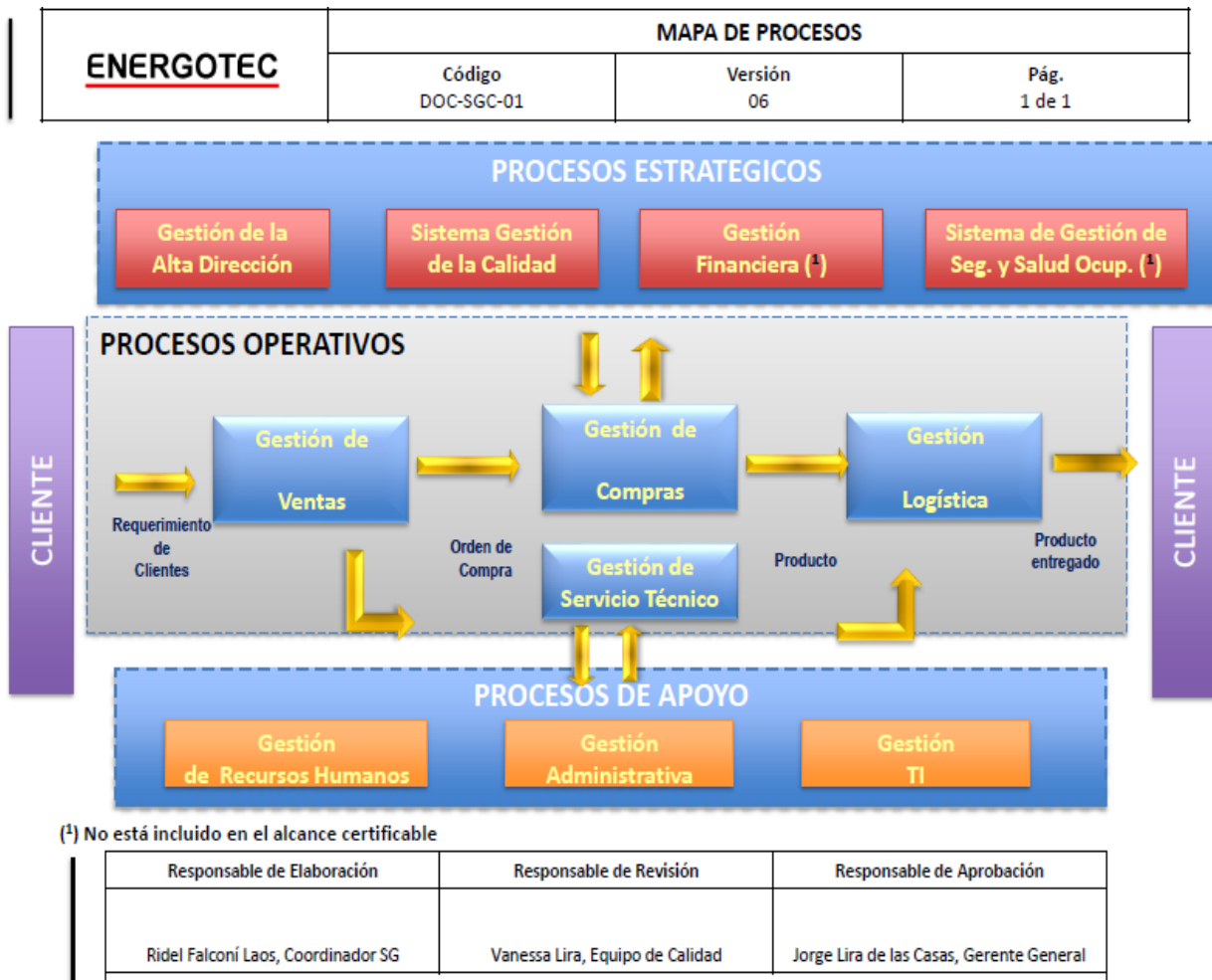


Figura 16. Mapa de procesos estratégico.

Fuente: Empresa Energotec S.A.C.

Actualmente trabajo en el área de servicios donde se realiza el mantenimiento correctivo de los diferentes equipos, entre ellos equipos hidráulicos tales como gatas, de los principales clientes, siguiendo el proceso de la figura siguiente.

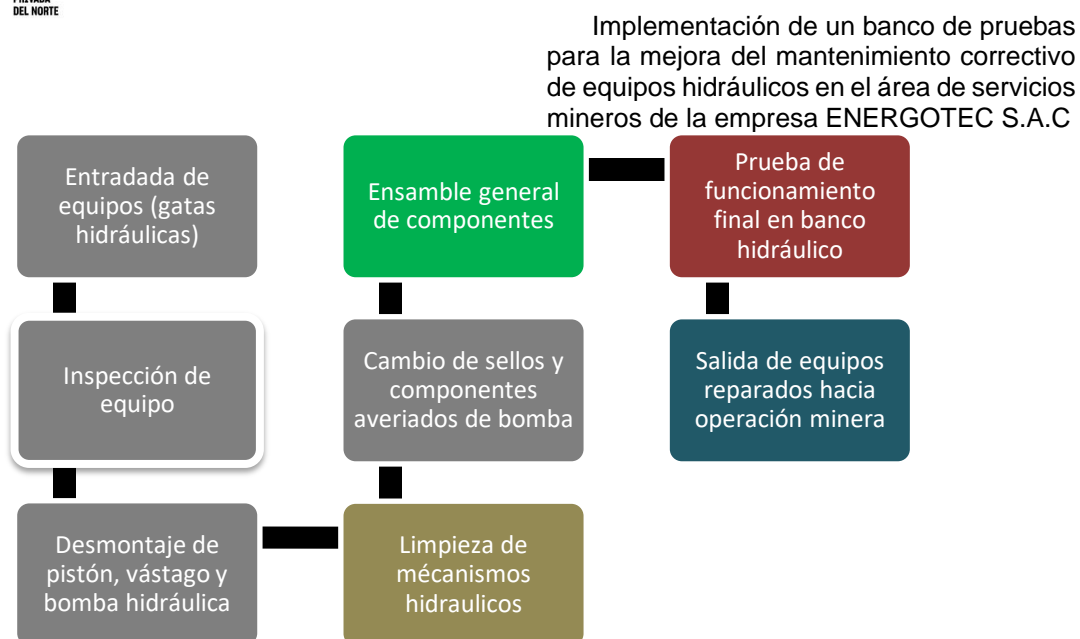


Figura 17. Diagrama de proceso de mantenimiento correctivo.

Fuente: Empresa Energotec S.A.C.

- **PROBLEMA DETECTADO.**

En el año 2019, Energotec adquirió la representación de comercialización y soporte técnico del fabricante australiano de gatas hidráulicas Durapac. Con el transcurso del tiempo, se llegaron a vender 15 gatas de 200 toneladas a nuestros clientes de minería Marcobre, Sociedad Minera Cerro Verde, Cosapi Minería y Yanacocha.

En el año 2020 y 2021 nuestros clientes mineros comenzaron a enviar los equipos para su mantenimiento, y posterior prueba de funcionamiento en donde se omitió la prueba de funcionamiento ya que por el momento no contábamos con un banco que pudiera realizar dicha prueba. A un mes de haber realizado el mantenimiento correctivo, las compañías mineras nos informan nuevas fallas en los equipos durante la operación impactando directamente en el proceso general de mantenimiento de equipos pesados en mina ya que dichas gatas hidráulicas son indispensables para la actividad.



Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

Para ellos se planteó diseñar un banco de pruebas que permita realizar pruebas funcionamiento reales después de cada mantenimiento correctivo con el fin de minimizar el índice de garantías de los equipos reparados también realizar pruebas de gatas hidráulicas nuevas antes de ser enviadas a la operación minera.

### 3.2. Recolección de datos para el estudio del problema

Para encontrar una solución al problema detectado se realiza un análisis usando el diagrama causa o efecto (Ishikawa) con el fin de encontrar la causa raíz del problema, tal como se muestra en la imagen.

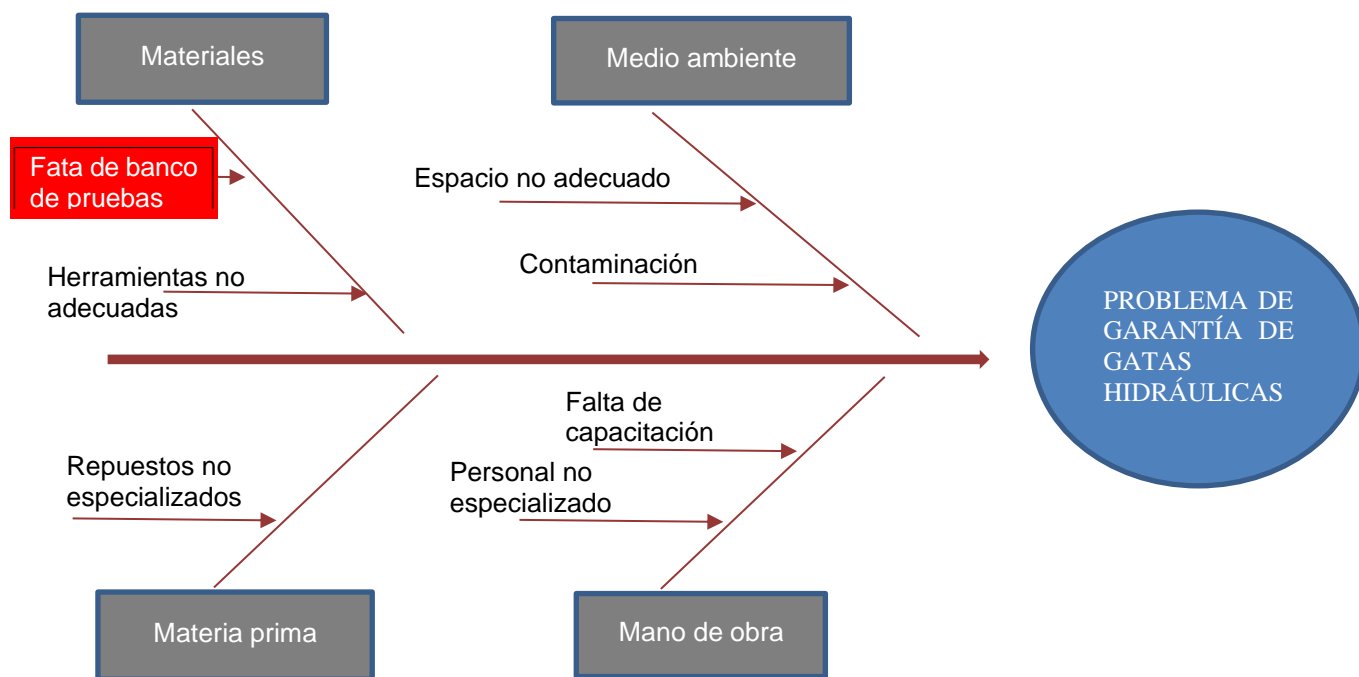


Figura 18. Diagrama de Ishikawa para las garantías de servicio

Fuente: *Elaboración propia*

A juicio de expertos, contando con la colaboración del gerente general Ing. Jorge Lira De las Casas y el jefe de taller Ing. Niger Moreno Veliz, se optó por solucionar la falta del banco de pruebas como causa del problema de garantías de gatas hidráulicas, ya que era lo más viable y de más rápida implementación, además de proporcionar una simulación real de trabajo en campo. Las otras causas tales como falta de capacitación o de medio ambiente requerían una mayor inversión además de un mayor tiempo de ejecución.

### **3.3. Especificaciones de gata hidráulica**

- **Partes de generales de la gata hidráulica:**

La gata hidráulica con la cual se está realizando la investigación, es un equipo que se utiliza como parte de los mantenimientos (Levante de carga) de camiones mineros en distintas operaciones.

Dicha gata cuenta con cuatro sistemas los cuales mencionare a continuación.

1. **Sistema mecánico:** Está compuesto de un conjunto de trabas las cuales sirven como protección ante cualquier falla o pérdida de presión hidráulica y que pueda generar la caída del componente levantado.

2. **Sistema hidráulico:** Cuenta con una bomba hidráulica la cual es encargada de enviar fluido de aceite para ser sometido a altas presiones.

También cuenta con un actuador (cilindro hidráulico) el cual se encarga de realizar el trabajo de levantar cargas mediante la potencia hidráulica caudal y presión.

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

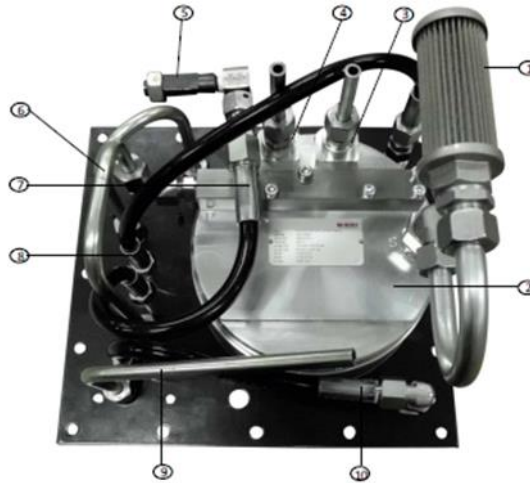


Figura 19. Bomba de gata hidráulica.

Fuente: Manual de partes fabricante australiano Durapac

- 3. Sistema Neumático:** Es aquel que utiliza el aire comprimido como fuente de energía de tal forma puede mover el sistema motriz de accionamiento de la bomba hidráulica.

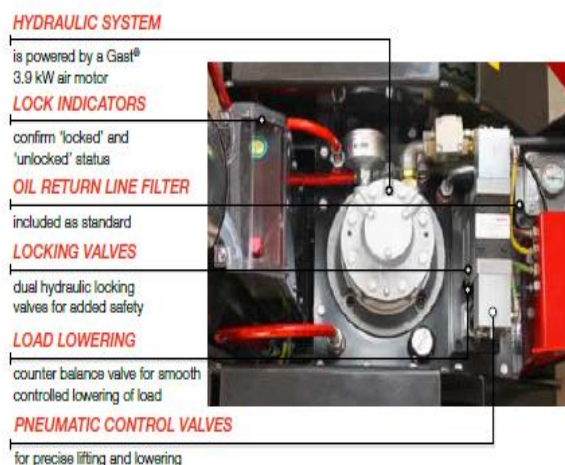
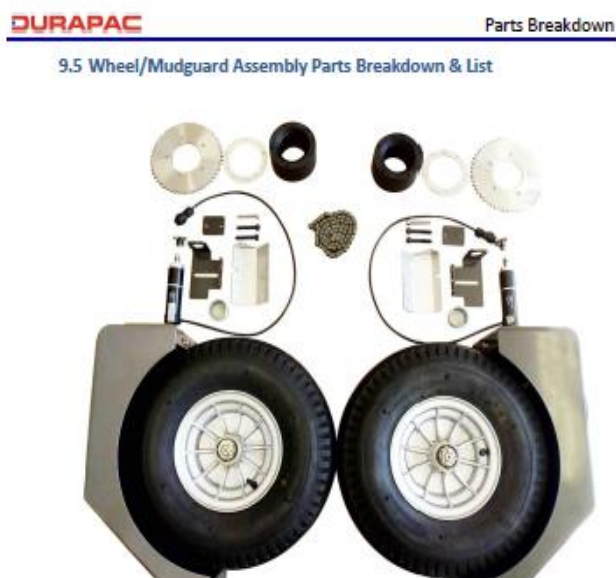


Figura 20. Sistema neumático de gata hidráulica.

Fuente: Manual de partes fabricante australiano Durapac

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

- 4. Sistema Eléctrico:** El equipo incluye dos motores eléctricos los cuales mueven las ruedas para trasportarlo a distintos puntos de trabajo.



*Figura 21. Sistema eléctrico de remolque gata hidráulica*

Fuente: *Manual de partes fabricante australiano Durapac*

- **Funcionamiento de la gata hidráulica en operación.**

Para empezar a utilizar la gata hidráulica se requiere entrenamiento al personal en ámbitos técnicos, así como de seguridad durante la operación en campo.

DURAPAC: los conectores Safe D Lock® están diseñados para cumplir con la norma AS/NZS 2693:2007 y AS/NZS 2538:2004 Normas de Desempeño y Seguridad.

Pasos a seguir para el funcionamiento de la gata hidráulica:

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

**Paso 1:** Determine la carga máxima a levantar especificado por el fabricante Durapac.

**Paso 2:** Remolcar el equipo hacia el lugar de trabajo (debajo del camión a levantar)

**Paso 3:** Instalar la línea de airé comprimido a la gata hidráulica para comenzar a operar.

**Paso 4:** Active la gata hidráulica pulsando el botón “hacia arriba”.

**Paso 5:** Acerque la gata hidráulica con la base del camión minero para proceder a levantar.

**Paso 6:** una vez levantado el camión active el pulsador de la traba mecánica interna para bloquear y evitar caídas de cargas inesperadas por fallas de sistema hidráulico.

**Paso 7:** Al terminar la operación de mantenimiento de camión minero bajar la carga pulsando el botón “hacia abajo” y asegúrese de desconectar la línea de alimentación de aire comprimido para finalizar la operación.



*Figura 22. Operación de levante de camión minero usando una gata hidráulica Durapac*

Fuente: *Empresa Energotec S.A.C.*

### **3.4. Mantenimiento correctivo de gatas hidráulicas**

El servicio de reparación y mantenimiento de gatas hidráulicas está destinado a aquellos equipos que presentan caídas de presión bruscas, componentes fisurados y válvulas desgastadas, para lo cual empleamos componentes de recambio originales para garantizar un mantenimiento confiable de acorde con los estándares, para lo cual tenemos dos procedimientos.

#### **1. Procedimiento de planificación del servicio de gatas hidráulicas**

##### **Objetivo:**

Establecer las actividades para realizar la planificación del servicio técnico en las instalaciones de ENERGOTEC y en campo.

##### **1.1. Alcances**

Este procedimiento aplica para los siguientes tipos de servicios:

- Servicio de inspección de gatas hidráulicas.
- Servicio de Mantenimiento correctivo de gatas hidráulicas.

##### **1.2. Definiciones**

**Técnico Líder:** Es el técnico de servicios responsable asignado por el Supervisor de Servicios o Jefe de Ingeniería para la realización de un Plan de Trabajo.

#### **2. Procedimiento:**

##### **2.1. Generación de la Orden de Servicio Técnico**

Se debe verificar la orden de compra del cliente según lo que indica el Instructivo para la verificación de Órdenes de Compra y Seguimiento.

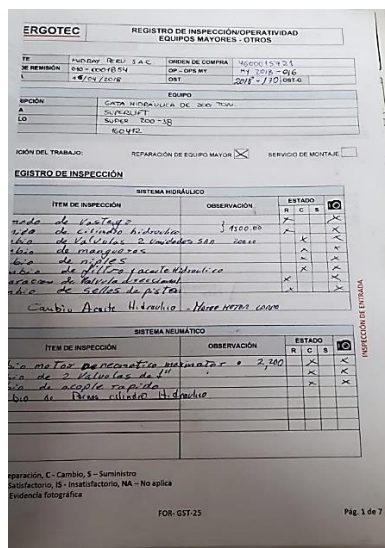
##### **2.2. Inspección de equipo gata hidráulica**

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGETEC S.A.C

El Supervisor de Servicios designa al personal que intervendrá en la inspección de acuerdo al Listado de Personal Calificado para equipos mayores o menores correspondientes.

La planificación del servicio de inspección de gata hidráulica debe considerar como mínimo los siguientes aspectos:

- Información de equipo modelo y serie en el registro de inspección.
- Lugar de la inspección de la gata hidráulica.
- Desmontaje de componentes hidráulicos (válvula, bomba hidráulica y tanque de aceite).
- Evaluación de componentes mecánicos móviles y fijos.
- Disponibilidad de herramientas e instrumentos para la realizar la inspección
- Llenado del formato de inspección técnica.



**ENERGETEC** REGISTRO DE INSPECCIÓN/OPERATIVIDAD EQUIPOS MAYORES - OTROS

CLIENTE: Minería de su S.A.C. ORDEN DE COMPRA: 1400015324  
 FECHA DE EMISIÓN: 2017-01-13 DP - OPS MY: 14-2016-016  
 FECHA: 01/11/2016 DIST: 2016-1701066

EQUIPO: GATA HIDRAULICA DE 200 TON.  
 DESCRIPCIÓN: SUCIUMAT  
 MARCA: SUCIUMAT  
 MODELO: 200-10  
 SERIE: 10010

EJECUCIÓN DEL TRABAJO: REPARACIÓN DE EQUIPO MAYOR  SERVICIO DE MONTAJE

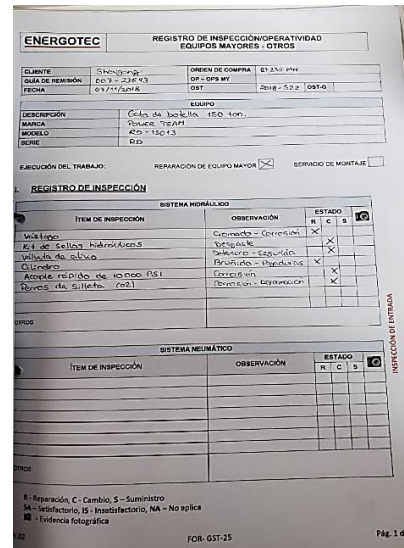
**REGISTRO DE INSPECCIÓN**

ITEM DE INSPECCIÓN	OBSERVACIÓN	ESTADO			
		R	C	S	NA
estado de las tijas		X			
estado de cilindros hidráulicos	5100.00	X			
estado de válvulas y bombas	5000	X			
estado de mangueras		X			
estado de rollos		X			
estado de cilindros hidráulicos		X			
estado de válvulas hidráulicas		X			
estado de cilindros hidráulicos		X			
estado de cilindros hidráulicos		X			
Cambio Aceite Hidráulico - Marca HYDRA 1000					

**SISTEMA NEUMÁTICO**

ITEM DE INSPECCIÓN	OBSERVACIÓN	ESTADO			
		R	C	S	NA
estado de la bomba neumática	2,300	X			
estado de 2 válvulas de 1/2"		X			
estado de aceite neumático		X			
estado de Bomba cilindro Hidráulico		X			

FOR: GST-23 Pág. 1 de 7



**ENERGETEC** REGISTRO DE INSPECCIÓN/OPERATIVIDAD EQUIPOS MAYORES - OTROS

CLIENTE: Minería de su S.A.C. ORDEN DE COMPRA: 1400015324  
 FECHA DE EMISIÓN: 2017-01-13 DP - OPS MY: 14-2016-016  
 FECHA: 01/11/2016 DIST: 2016-1701066

EQUIPO: GATA DE 200 TON. 100 TON.  
 DESCRIPCIÓN: SUCIUMAT  
 MARCA: SUCIUMAT  
 MODELO: 200-10  
 SERIE: 10010

EJECUCIÓN DEL TRABAJO: REPARACIÓN DE EQUIPO MAYOR  SERVICIO DE MONTAJE

**REGISTRO DE INSPECCIÓN**

ITEM DE INSPECCIÓN	OBSERVACIÓN	ESTADO			
		R	C	S	NA
estado de las tijas		X			
estado de cilindros hidráulicos		X			
válvula de aceite		X			
cilindros		X			
estado de cilindro de 1000 PSI		X			
estado de cilindro de 1000 PSI		X			
estado de cilindro de 1000 PSI		X			

**SISTEMA NEUMÁTICO**

ITEM DE INSPECCIÓN	OBSERVACIÓN	ESTADO			
		R	C	S	NA

FOR: GST-25 Pág. 1 de 4

Figura 23. Formatos llenos, sobre registro de inspección de gatas hidráulicas

Fuente: Empresa ENERGETEC

### **3. Procedimiento de realización del servicio técnico de mantenimiento correctivo para gatas hidráulicas.**

#### **Objetivos:**

Establecer las actividades para una adecuada ejecución del servicio técnico dicha operación son realizadas en las instalaciones de ENERGOTEC.

Y para ello se utiliza una serie de actividades donde se emplea mano de obra calificada, repuestos originales e infraestructura adecuada para realizar las reparaciones.

En base a ello se presenta el siguiente procedimiento.

#### **Procedimiento:**

- 1) Realizar el desmontaje de sistema hidráulico en general para ello se utilizará la ayuda de un polipasto que ayude a mantener sujetado el peso de la gata.
- 2) Proceder con el desmontaje del cilindro hidráulico.
- 3) Luego retirar el aceite del tanque hidráulico.
- 4) Desmontar los componentes averiados de la bomba como son sellos, empaquetaduras y rodamientos.
- 5) Retirar componentes averiados y rectificar el cilindro hidráulico.
- 6) Realizar la limpieza de impurezas acumuladas en cañerías y tanque.
- 7) Cambiar sellos hidráulicos de cilindro hidráulico y bomba.
- 8) Retirar eje de la traba mecánica.
- 9) Cambiar eje de traba mecánica.
- 10) Realizar el montaje del sistema de traba mecánica completo.
- 11) Proceder a montar el cilindro y bomba hidráulica en chasis de la gata.
- 12) Realizar el ajuste de todos los pernos y tuercas del equipo.



Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

- 13) Colocar aceite hidráulico nuevo en el tanque hidráulico.
- 14) Realizar pruebas de funcionamiento sin carga de la gata hidráulica.
- 15) Medir el tiempo que demora en extender el vástago completamente.
- 16) Medir el caudal de aceite 10 litros / minuto del sistema.
- 17) Medir la presión hidráulica del sistema 10,000 psi.

#### **4. Evidencias fotográficas del mantenimiento correctivo a la gata hidráulica**



*Figura 24. Personal realizando el desmontaje de cilindro de gata hidráulica.*

*Fuente: Elaboración propia*

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C



*Figura 25. Personal realizando desmontaje de bomba de gata hidráulica.*

Fuente: *Elaboración propia*



*Figura 26. Personal realizando prueba de funcionamiento sin carga de gata hidráulica.*

Fuente: *Elaboración propia*

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

## 5. Formatos de prueba de funcionamiento finales de gatas hidráulicas

En este documento se plasman todos los parámetros de medida con los cuales se realizaron las pruebas de funcionamiento para ello se tiene como patrón las especificaciones técnicas que indica el manual de la gata Durapac.

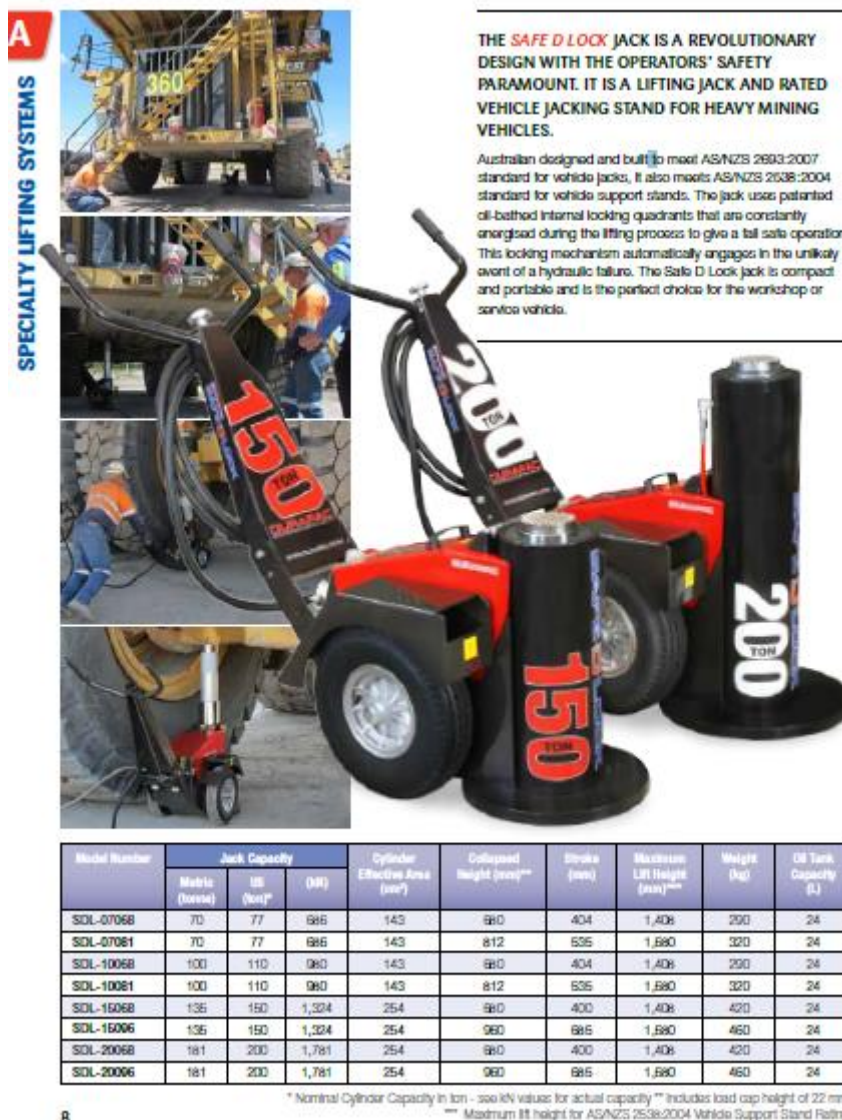


Figura 27. Especificaciones Técnicas de gata hidráulica

Fuente: Manual de especificaciones técnicas Durapac

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

**ENERGOTEC** REGISTRO DE INSPECCIÓN/OPERATIVIDAD EQUIPOS MAYORES - OTROS

PARÁMETROS	RESULTADO <i>Si la prueba resulta insatisfactoria, deberá ser realizada nuevamente</i>	ESTADO	
		SATISFACTORIO	INSATISFACTORIO
VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO (m/min) Presión 4000 PSI	48 M/MIN	✓	
CAUDAL	10 L/MIN	✓	
ALTEZA MÁXIMA DEL PISO	1.63 MTS.	✓	
ALTEZA DE LEVANTE MÁXIMO (ASTAGO)	74 CM	✓	
CAUDAL DE AIRE	14 SCFM	✓	
PRESIÓN DE AIRE	100 PSI	✓	

PRUEBA DE OPERATIVIDAD: SATISFACTORIO  INSATISFACTORIO

FECHA DE LA PRUEBA DE OPERATIVIDAD: 05/06/2018

MODIFICACIONES

LÍDER: WILSON TARRILLO SUPERVISADO POR: NYGER MORENO V.  
 FIRMAS: [Firma] FIRMA DEL SUPERVISOR: [Firma]  
 ALMACÉN: CARLOS SARAS E  
 JEFE DE ALMACÉN: [Firma] FECHA DE ENTREGA AL ALMACÉN: 06-06-2018

**ENERGOTEC S.A.C.**  
Ing. Nyger Moreno Veliz  
Supervisor De Servicios

Reparación, C- Cambio, S- Suministro  
 SA - Satisfactorio, IS - Insatisfactorio, NA - No aplica  
 [Icono] - Evidencia fotográfica

FOR-GST-25 Pág. 7 de 7

**ENERGOTEC** REGISTRO DE INSPECCIÓN/OPERATIVIDAD EQUIPOS MAYORES - OTROS

REGISTRO DE OPERATIVIDAD

PARÁMETROS	RESULTADO <i>Si la prueba resulta insatisfactoria, deberá ser realizada nuevamente</i>	ESTADO	
		SATISFACTORIO	INSATISFACTORIO
Presión Aire Comprimido	100 PSI	✓	
Presión Aceite Hidráulico	10,000 PSI	✓	
Nivel Aceite	Aceite Power 7TH 4L	✓	
CAUDAL	22 L/MIN	✓	
CAUDAL MÁXIMO	150 TM	✓	
ALTEZA LEVANTE PISTON	41cm	✓	
ALTEZA TOTAL CILINDRO-PISTON	108cm	✓	

PRUEBA DE OPERATIVIDAD: SATISFACTORIO  INSATISFACTORIO

FECHA DE LA PRUEBA DE OPERATIVIDAD: 19/02/2018

OBSERVACIONES

TÉCNICO LÍDER: Wilson Tarrillo SUPERVISADO POR: Nyger Moreno  
 FIRMAS: [Firma] FIRMA DEL SUPERVISOR: [Firma]  
 JEFE DE ALMACÉN: Carlos Saraso  
 FIRMA DEL JEFE DE ALMACÉN: [Firma] FECHA DE ENTREGA AL ALMACÉN: 19/02/2018

**ENERGOTEC S.A.C.**  
Ing. Nyger Moreno Veliz  
Supervisor De Servicios

Reparación, C- Cambio, S- Suministro  
 SA - Satisfactorio, IS - Insatisfactorio, NA - No aplica  
 [Icono] - Evidencia fotográfica

V.02 FOR-GST-25 Pág. 7 de 7

Figura 28. Formato de prueba de funcionamiento final

Fuente: Empresa Energotec S.A.C.

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

- En enero del 2022 el Ingeniero Jorge Lira De las casas realizó una capacitación practica en mantenimiento de gatas hidráulicas en las instalaciones de Energotec en la ciudad de Arequipa, para ello contamos con la presencia dos representantes del fabricante Australiano de gatas hidráulicas DURAPAC, los cuales realizaron dicha capacitación teórico práctica. En donde nos enseñaron las técnicas de montaje, calibración de traba mecánica y recomendaciones al momento de la operación en mina.



*Figura 29. Pruebas de funcionamiento en instalaciones*

Fuente: *Empresa Energotec S.A.C.*

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

## 6. Proceso de garantía de equipos

Dentro del proceso de mantenimiento correctivo, como parte del contrato que se estipula con los clientes, se da un tiempo de garantía sobre la revisión de los equipos. Para los equipos como las gatas hidráulicas, que son motivo de esta investigación, este tiempo de garantía es de 6 meses. A continuación, se presentan algunos de los formatos que se utilizan para el registro de garantía:

**ENERGOTEC SAC**  
RUC: 20218845615

**ENERGOTEC SAC**

**NRO. RECLAMO: REC/ST/2021-00000001**

FECHA: 31/01/2021 04:51 p. m      USUARIO: VLIRA      ESTADO: FINALIZADO

**DATOS DEL CLIENTE**  
CLIENTE: [REDACTED]      CODIGO: 20170072465  
CONTACTO: [REDACTED]      Taller de Enlante

**DATOS DEL RECLAMO**  
CLASIFICACION: Reclamos de Servicio Técnico por Garantía  
CATEGORIA: Equipo dejo de funcionar  
ORDEN COMPRA: 4502031186  
VENDEDOR: ARELLANO OLORTEGUI, CRISTINA  
PROVEEDOR: ABSOLUTE EQUIPMENT PTY LTD - DURAPAC  
USR. DERIVADO: NMORENO  
DESCRIPCION: Se entregó la gata DURAPAC reparada, sin embargo el vástago subió y quedó trabajo. Ya no baja ni sube Gata DURAPAC No. Serie:18108073

SEGUIMIENTO DEL RECLAMO							
ITEM	FECHA	ACCION	EXPLICACION	SOLUCION	FEC.REPROG.	N.P.?	FIN?
11	05/03/21 02:44 p.	RECLAMO FINALIZADO	Se hizo la reparación de la gata durepac quedando operativo (no presento el defecto de activación) continúe en el modo de bajada. Se hizo la pruebas con camion minero CAT 793.	Se adjunta reporte de visita firmada. Juan David confirmo funcionamiento.	05/03/21		X
10	29/02/21 10:42 a.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Wilson Tamillo estuvo en Arequipa realizando la inspección, se encuentra pendiente informe para confirmar si gata se encuentre operativa.		29/02/21		
9	24/02/21 11:24 a.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Se esta coordinando viaje de tecnico Wilson Tamillo debido a que la gata devuelta no funciona correctamente.	Se espera contar con reporte para confirmar cierre de reclamo.	24/02/21		
8	20/02/21 08:57 a.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	El día de ayer 19/02 se realizo la guia 85366 para la devolución de la gata reparada.	Se esta esperando informe tecnico con recomendaciones y conclusiones.	20/02/21		
7	17/02/21 08:23 a.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Se realizo inspeccion de Gata Durepac el día 12/02, pero problema aun no se resuelve. Gata Durepac sigue en mantenimiento, Día 15/02 se envio Gata a instalaciones de taller en lima para su inspeccion.	Envío de Gata Durepac a instalaciones de taller en lima para inspeccion.	17/02/21		
6	12/02/21 09:55 a.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Se probó el 11/02 la gata en mine pero no funciono correctamente. La trebe de la gata no funciona.	Martin Rueda bejere el 12/02 la gata a Arequipa y junto con Wilson Tamillo desembararán la gata.	12/02/21		
5	12/02/21 09:54 a.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Se probó la gata en Arequipa con la bomba enviada de Lima. Su operación es normal pero no se pudieron hacer pruebas con carga.	Se probará la gata en mine con carga	12/02/21		
4	12/02/21 09:38 a.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Se hicieron las pruebas en el taller de Arequipa donde se vio que la bomba hidráulica tiene problemas	Se envió la bomba hidráulica que tenemos en Lima (de la gata de demostración) a Arequipa	12/02/21		
3	06/02/21 02:54 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Revisión de equipo	El día de hoy 06/02 se está bejando el equipo al taller Arequipa para la inspección respectiva.	06/02/21		
2	03/02/21 09:29 a.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Martin Rueda realizo una inspección de la gata en mine el 31/01	Juan David Aldena bejere gata el día martes 4 de febrero al taller de Arequipa	03/02/21		
1	31/01/21 04:52 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Martin Rueda visito SMCV para inspeccionar la gata	A la espere del informe para determinar las causas.	31/01/21		

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

ENERGOTEC SAC  
RUC: 20218845615

**ENERGOTEC SAC**

**NRO. RECLAMO: REC/N/2021-00000009**

FECHA: 03/07/2021 04:00 p. m      USUARIO: JBNIFACIO      ESTADO: FINALIZADO  
 DATOS DEL CLIENTE  
 CLIENTE: [REDACTED]      CODIGO: 20170072465  
 CONTACTO: [REDACTED]      Administrador de Garantías

DATOS DEL RECLAMO  
 CLASIFICACION: Reclamos de Venta por Garantía  
 CATEGORIA: Equipo tiene un desperfecto  
 ORDEN COMPRA: 4502031186  
 VENDEDOR: ALDANA LAM, JUAN DAVID ELIAS  
 PROVEEDOR: ABSOLUTE EQUIPMENT PTY LTD - DURAPAC  
 USR. DERIVADO:  
 DESCRIPCION: GATA HIDRAULICA DUARAPAC PRESENTA FUGAS DE ACEITE Y ESTA INOPERATIVA  
 RECLAMO DE SMCV 4502498876 N/S: 18108073

SEGUIMIENTO DEL RECLAMO							
ITEM	FECHA	ACCION	EXPLICACION	SOLUCION	FEC.REPROG.	N.P.?	FIN?
7	08/08/21 11:19 a.	RECLAMO FINALIZADO	Se adjunta guía sellada por almacén de SMCV, por atención de gata en reclamo. Se adjunta comunicación con comprador Carlos Tamayo indicando envío de informe y guía para dar fin a reclamo.	Carlos Tamayo confirmo registro y aceptación.	08/08/21		X
6	30/07/21 04:47 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Juan David dará aviso de la recepción de gata durepac.		30/07/21		
5	25/07/21 11:08 a.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	El día de ayer 24.07 se envió a mina la gata se espera tener confirmación de buen funcionamiento.		25/07/21		
4	23/07/21 04:02 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Se hizo el envío de gata a Arequipa para ser entregada a SMCV (guía 87277)	Juan David Aldana realizará entrega y enviara guía sellada para cierre de reclamo.	23/07/21		
3	18/07/21 12:44 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Se reviso y se encuentra equipo validado por garantía.	Pendiente de que Wilson Tamillo envíe informe técnico.	18/07/21		
2	08/07/21 02:50 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Gata siendo evaluada por técnico Wilson Tamillo, se espere informe técnico		08/07/21		
1	03/07/21 04:01 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	GATA FUE RECOGIDA DE ALMACEN DE SMCV SE ESPERA CONTAR CON GATA PARA SER Y HOY 03.07 FUE ENVIADO A LIMA PARA SER INSPECCIONADO Y ENVIAR INFORME INSPECCIONADO.		03/07/21		

ENERGOTEC SAC  
RUC: 20218845615

**ENERGOTEC SAC**

**NRO. RECLAMO: REC/V/2021-00000017**

FECHA: 24/08/2021 05:46 p. m      USUARIO: JBNIFACIO      ESTADO: FINALIZADO  
 DATOS DEL CLIENTE  
 CLIENTE: [REDACTED]      CODIGO: 20170072465  
 CONTACTO: [REDACTED]      Administrador de Garantías

DATOS DEL RECLAMO  
 CLASIFICACION: Reclamos de Venta por Garantía  
 CATEGORIA: Equipo tiene un desperfecto  
 ORDEN COMPRA: 4502857001  
 VENDEDOR: ALDANA LAM, JUAN DAVID ELIAS  
 PROVEEDOR: ABSOLUTE EQUIPMENT PTY LTD - DURAPAC  
 USR. DERIVADO:  
 DESCRIPCION: GATA NUEVA por GARANTIA , tiene una Fuga de aceite hidráulico por un costado del Vástago  
 MODEL: SDL-20096-PD  
 SERIE: 21020866

SEGUIMIENTO DEL RECLAMO							
ITEM	FECHA	ACCION	EXPLICACION	SOLUCION	FEC.REPROG.	N.P.?	FIN?
2	24/09/21 02:15 p.	RECLAMO FINALIZADO	Se encontro fuga de aceite y se hizo las rectificaciones. Se adjunta informe técnico.	Se adjunta guía sellada y con ello se cierra reclamo. Juan David Aldana indica que usuario dio conformidad de funcionamiento.	24/09/21		X
1	24/08/21 05:51 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Se solicito el envío de la gata durapac a taller de Arequipa para ser evaluado.		24/08/21		

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

**ENERGOTEC SAC**  
RUC: 20218845615

**ENERGOTEC SAC**

**NRO. RECLAMO: REC/V/2021-00000020**

**DATOS DEL CLIENTE**      FECHA: 10/11/2021 04:50 p. m      USUARIO: JBNIFACIO      ESTADO: FINALIZADO  
 CLIENTE: [REDACTED]      CODIGO: 20137291313  
 CONTACTO: [REDACTED]      Mantenimiento Mina

**DATOS DEL RECLAMO**  
 CLASIFICACION: Reclamos de Venta por Garantía  
 CATEGORIA: Equipo tiene un desperfecto  
 ORDEN COMPRA: 3002324166  
 VENDEDOR: SANDOVAL PURIZAGA, KARINA  
 PROVEEDOR: ABSOLUTE EQUIPMENT PTY LTD - DURAPAC

USR. DERIVADO:  
 DESCRIPCION: **Cliente indica: " Se revisó el estado de las Gatas hidráulicas ( 200 Tn ) presentado problemas con el manipulador de subida( switch ) no controla y al momento de salir el vástago presenta como si se estuviera trabando y las gatas color amarillo ( 100 Tn ) presenta fugas de aceite hidráulico de la parte interna del pistón.**

**GATA HIDRO-NEUMÁTICA DE 200 TON. CON POWER DRIVE - DURAPAC**

SEGUIMIENTO DEL RECLAMO						
ITEM	FECHA	ACCION	EXPLICACION	SOLUCION	FEC.REPROG.	N.P.7   FIN7
5	22/12/21 05:17 p.	RECLAMO FINALIZADO	El día 16 de diciembre se hizo la entrega de a gata Se adjunta guía sellada por almacén autorizado por reparada por garantía.	Se adjunta guía sellada por almacén autorizado por cliente , se procede con cierre de reclamo.	22/12/21	X
4	21/12/21 10:56 a.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Gata ya fue enviada y recibidas por cliente. Cabe recalcar que fue enviada una sola unidad.	Cliente dio conformidad de recepción. Se adjunta guía de entrega.	21/12/21	
3	10/12/21 03:32 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Gatas fueron recibidas en nuestro taller para ser revisadas y hacer las pruebas.	Se estará enviando informe técnico a cliente.	10/12/21	
2	19/11/21 04:06 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Las gatas están pendiente de ser enviadas por cliente, se espera su comunicación para ser evaluadas.		19/11/21	
1	16/11/21 11:48 a.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Se solicito a usuario que nos haga llegar las gatas para ser evaluadas en nuestro taller de Lima.	Se adjunta correos de coordinaciones.	16/11/21	

*Figuras 30, 31, 32, 33: Formatos de reclamos de garantía de equipos*

Fuente: *Empresa Energotec S.A.C.*

Se puede observar en las figuras 30 y 31 que la gata hidráulica con número de serie 18108073, fue reparada el 05 de marzo del 2021, pero volvió a fallar a menos de cuatro meses de su reparación, el 03 de julio del mismo año, por lo que no se cumplió el tiempo de garantía estipulado en contrato. En el siguiente capítulo, se presentará un cuadro con las fallas que han presentado este tipo de equipos especificando las fechas y si cumplieron con la garantía estipulada. Con esto se evidenciarán los problemas que se requieren resolver con la implementación del banco de pruebas.



## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Medición de la confiabilidad actual

En base a los datos de los formatos de reclamo del año 2021, cuyos ejemplos se muestran en las figuras 24, 25, 26 y 27, se hace un cálculo usando la herramienta Excel. A continuación, se presenta dicho cálculo.

ÍTEM	MARCA	EQUIPO	MODELO	SERIE	FECHA CORRECTIVO	FECHA REINGRESO	N° MESES ENTRE CORRECTIVOS	CUMPLIÓ GARANTÍA
1	DURAPAC	GATA HIDRÁULICA 200TON	SDL-20096-PD	18108071	-	-		
2	DURAPAC	GATA HIDRÁULICA 200TON	SDL-20096-PD	18108072	14/04/2021	25/11/2021	7	SI
3	DURAPAC	GATA HIDRÁULICA 200TON	SDL-20096-PD	18129132	-	-		
4	TITAN	GATA TITAN DE 220T	220E	S1077-03	23/03/2021	-		SI
5	DURAPAC	GATA HIDRAULICA 200TON	SDL-20096-PD	18108073	05/03/2021	03/07/2021	4	NO
6	DURAPAC	GATA HIDRAULICA 200TON	SDL-20096-PD	20072735	10/07/2021	16/11/2021	4	NO
7	DURAPAC	GATA HIDRAULICA 200TON	SDL-20096-PD	20114407	10/05/2021	04/10/2021	5	NO
8	TITAN	GATA TITAN DE 220T	220E	025166-2-1	-	-		
9	DURAPAC	GATA HIDRAULICA 200TON	SDL-20096-PD	21020866	14/06/2021	24/09/2021	3	NO
10	DURAPAC	GATA HIDRAULICA 200TON	SDL-20096-PD	21073927	22/12/2021	-		SI
11	TITAN	GATA	220D	025272-2-2	-	-		
<b>Confiabilidad de Correctivo</b>								42.86%

Figura 34: Registro de correctivos de equipos hidráulicos

Fuente: *Elaboración propia*

Se puede observar que el porcentaje de confiabilidad del mantenimiento correctivo es baja, teniendo en cuenta que estos equipos presentan dificultad en su movilización e intervención, tal como se ha explicado en los capítulos anteriores. Según los datos analizados, solo se tiene un 43% de confiabilidad lo que quiere decir que en más de la mitad de los mantenimientos correctivos se presentan retrabajos, los cuales traen como consecuencia sobrecostos, así como insatisfacción y quejas del cliente. Como solución, se hizo el contacto con la empresa DURAPAC, que tiene el mayor número de gatas

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

hidráulicas y de la que ENERGOTEC es representante en Perú, para que nos brindaran alguna opción. De este contacto, surgió la necesidad de implementar un banco de pruebas para mejorar el proceso de mantenimiento correctivo.

#### **4.2. Implementación de la solución mediante banco de pruebas**

- **Información técnica del banco de pruebas**

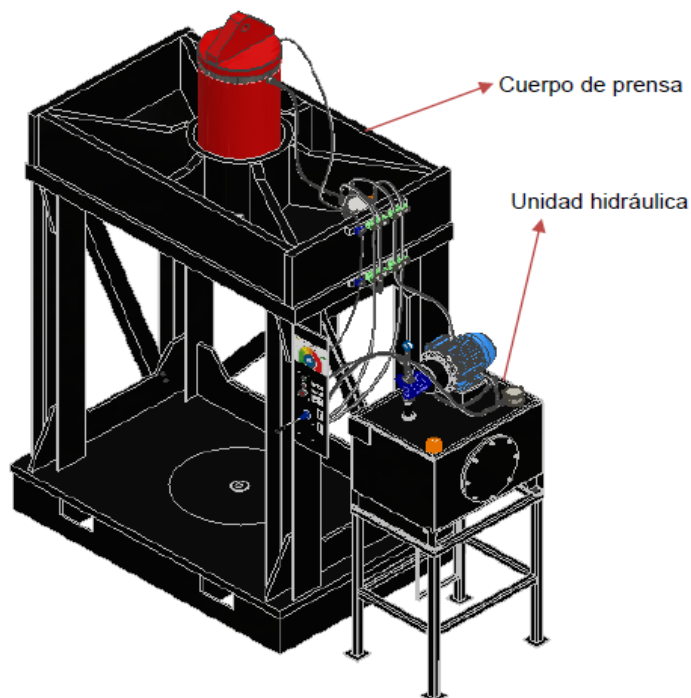
El equipo objeto de esta documentación técnica es una prensa para pruebas de gatas hidráulicas, diseñada para determinar el correcto funcionamiento de dispositivos que se tipifiquen como gatas. Las adecuaciones para dimensiones específicas requeridas, dependerá de los modelos que puedan adaptarse a las dimensiones finales de la máquina. Dicha prueba de funcionamiento se da en dos modos:

**EN POSITIVO:** Mediante la aplicación de una fuerza vertical descendente máxima de 256 Ton, equivalente a una presión del sistema hidráulico de 300 bar (4350 psi). Dicho modo será utilizado para comprobar el funcionamiento de la válvula de retención integrada a la gata hidráulica objeto de la prueba.

**EN NEGATIVO:** Manteniendo la línea de retorno del sistema hidráulico bloqueada, de tal forma que la gata ejerza una fuerza vertical ascendente de un máximo de 300 Ton, equivalente a una presión de 350 bar (5075 psi).

El equipo está separado en dos partes principales: CUERPO PRINCIPAL y UNIDAD HIDRÁULICA, las cuales están unidas entre sí por mangueras hidráulicas mediante acoples rápidos

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C



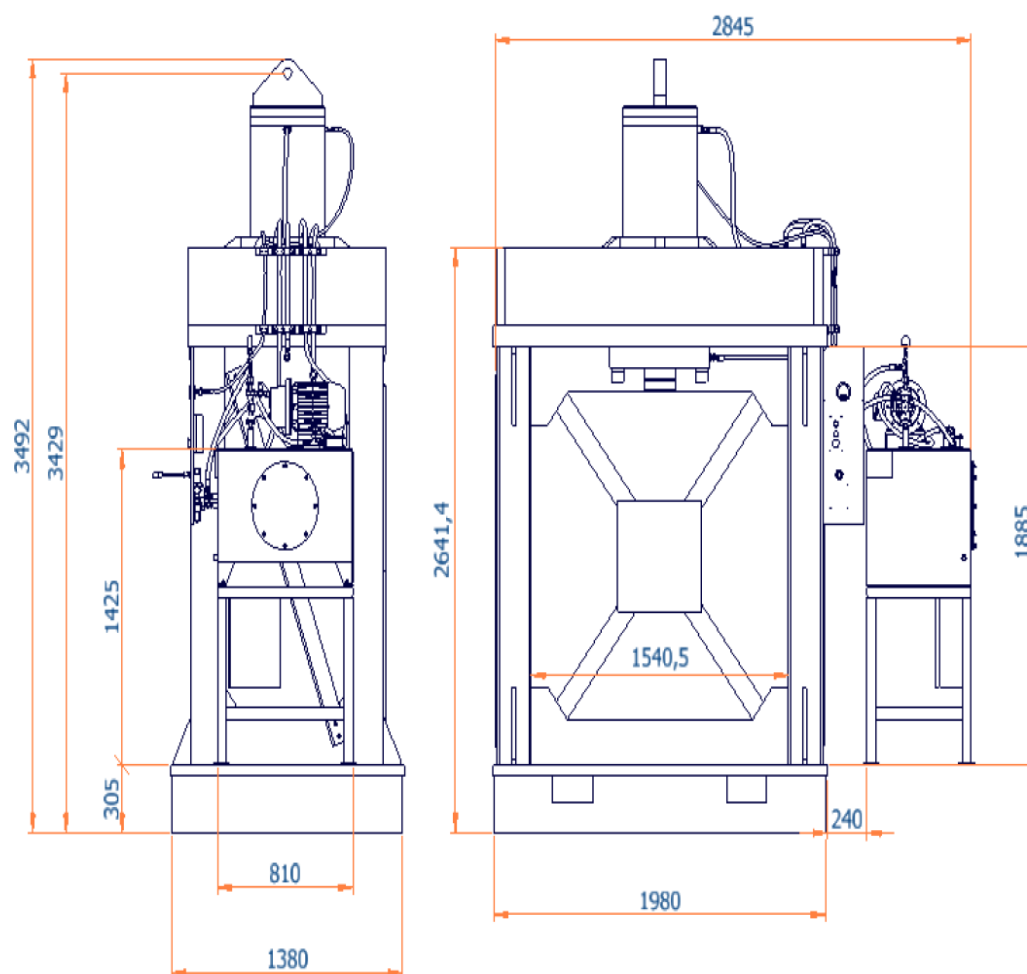
*Figura 35: Banco de pruebas para gata 300 toneladas.*

*Fuente: Empresa Energotec S.A.C.*

- **Procedimiento de fabricación del banco de pruebas como resultado de mejora en el proceso de mantenimiento de gatas hidráulicas**

Las dimensiones generales del equipo se muestran en la siguiente figura, expresadas en milímetros. Además, se recomienda que la unidad hidráulica se ubique a una distancia de 200 a 300 mm de la prensa. Dicha distancia permitirá el correcto paso del fluido de trabajo y la optimización de espacios.

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C



*Figura 36: Plano de vista frontal y lateral de banco de pruebas para gata de 300 toneladas.*

Fuente: *Empresa Energotec S.A.C.*

Con las dimensiones dadas en la figura anterior, se procede con la fabricación del banco de pruebas siguiendo los pasos a continuación:

1. Fabricación de estructura general del banco de pruebas: Aquí se procedió a soldar las chapas de acero y vigas estructurales hasta formar una armadura que soporte la carga de diseño 300 toneladas

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C



*Figura 37: Estructura general de banco de pruebas para gatas hidráulicas.*

Fuente: *Empresa Energotec S.A.C.*

2. Fabricación de soporte roscado para cilindro hidráulico: Dicho soporte está diseñado para soportar el peso del cilindro hidráulico de 2000 kilogramos, el cual será montado en la estructura general del banco de pruebas

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C



*Figura 38: Soporte Roscado de cilindro hidráulica para banco de pruebas.*

Fuente: *Empresa Energotec S.A.C.*

3. Fabricación de cilindro hidráulica de banco de pruebas: Para realizar esta fabricación se utilizó un vástago el cual fue cromado y torneado hasta obtener las dimensiones establecidas por el diseño

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C



*Figura 39: Torneado de vástago para cilindro hidráulica.*

Fuente: *Empresa Energotec S.A.C.*

- **Procedimiento para prueba de gatas hidráulicas usando el banco de pruebas**

El objetivo del procedimiento de prueba es determinar posibles fallas de una gata hidráulica en condiciones reales de trabajo, para ello utilizamos un banco de pruebas (prensa hidráulica) que nos permite soportar la carga máxima de levante y retención de dichas gatas con la finalidad de realizar una correcta evaluación y garantizar el buen funcionamiento de nuestros equipos hidráulicos de post-venta.

Para ello se sigue el siguiente procedimiento:

1. Identificar la capacidad de carga máxima de la gata hidráulica a probar.
2. Posicione la gata hidráulica a probar perpendicular al pistón de la prensa.
3. Encienda la unidad hidráulica con el botón verde “START”.
4. Aproxime el vástago de la prensa con el vástago de la gata a probar con la palanca “HACIA ABAJO”.

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

5. Accione el cilindro hidráulico de la gata de prueba hasta generar una presión contra el vástago de la prensa y dejar presionado por 30 minutos para verificar retención de carga.
6. Verificar el valor de la presión generada por la gata en el manómetro de la prensa hidráulica, los cuales deben estar comprendidos de 0 a 400 bar tal como se muestra en la siguiente figura



Figura 40: Manómetro de prueba.

Fuente: Empresa Energotec S.A.C.

7. Calculamos la carga máxima de la gata de prueba en toneladas (en caso no indique en la placa), multiplicando la presión en psi por el área efectiva del cilindro por el número de cilindros y dividiendo este resultado entre 2000.
8. Utilizando la fuerza de prensa hidráulica presione el pistón accionando la palanca “HACIA ABAJO” contra el pistón de la gata a probar, está acción generara una presión inversa a la presión de la gata de prueba (dejar presionado por 10 minutos para verificar retención de carga).



Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

9. Repetir estas operaciones como mínimo en tres puntos con el vástago retraído a la mitad y con el vástago extendido completamente.
10. Retraer completamente el vástago del cilindro de la prensa con la palanca “HACIA ARRIBA” y apagar el equipo con el botón de color rojo “STOP”



*Figura 41: Prueba de gata hidráulica 200 toneladas en banco de pruebas.*

Fuente: *Empresa Energotec S.A.C.*

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

### 4.3. Comprobación de la mejora del mantenimiento correctivo

A continuación, se presentan muestras de formatos de reclamo de garantía, generados el año 2022, desde la implementación del banco de pruebas en el procedimiento de mantenimiento correctivo de las gatas hidráulicas:

**ENERGOTEC SAC**  
RUC: 20218845615

**ENERGOTEC SAC**

**NRO. RECLAMO: REC/V/2022-0000006**

FECHA: 12/01/2022 08:43 a. m      USUARIO: J.CASTRO      ESTADO: FINALIZADO

**DATOS DEL CLIENTE**

CLIENTE:  
CONTACTO:

Administrador de Garantías

CODIGO: 20170072465

**DATOS DEL RECLAMO**

CLASIFICACION: Reclamos de Venta por Garantía  
CATEGORIA: Equipo tiene un desperfecto

ORDEN COMPRA: 4502857001  
VENDEDOR: ALDANA LAM, JUAN DAVID ELIAS  
PROVEEDOR: ABSOLUTE EQUIPMENT PTY LTD - DURAPAC

USR. DERIVADO:

DESCRIPCION: **Cliente indica que gata Durapac de serie 21020866, modelo: SDL-20096-PD presenta las siguientes observaciones: Pistón neutralizado (no sube ni baja), sistema de avance y retroceso no funciona, botonera se le salió pulsador inferior (se tiene el pulsador faltante). Solicita reparación por garantía.**

**SEGUIMIENTO DEL RECLAMO**

ITEM	FECHA	ACCION	EXPLICACION	SOLUCION	FEC.REPROG.	N.P.?	FIN?
5	23/03/22 04:39 p.	RECLAMO FINALIZADO	Se realizo entrega de 04.03.2022.	Se asjunta guía, se verifico con vendedor que herramienta qued o operativo en mina.	23/03/22		X
4	18/02/22 07:03 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Esta semana se realizo el envio de la gata durapac a Arequipa para ser entregado a Cerro Verde.	Nos matenemos a la espera de la guía sellada para cerrar reclamo.	18/02/22		
3	05/02/22 02:20 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Se culminó con la reparació de gata durapac, se aviso a oficina Arequipa que el día de ayer se envio para que gestionen el recojo.	Asimismo se adjunta informe tecnico y fotografias. Se espera respuesta de recepción y comunicación a cliente	05/02/22		
2	03/02/22 04:00 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Se brindo respuesta de avance de reparación a cliente ,por reclamo de garantá gata durapac.		03/02/22		
1	01/02/22 02:23 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	El equipo se traslado a nuestros talleres para su revisión	se realizará evaluación y un Informe Técnico	01/02/22		

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

**ENERGOTEC SAC**  
RUC: 20218845615

**ENERGOTEC SAC**

**NRO. RECLAMO: REC/V/2022-0000009**

**DATOS DEL CLIENTE**  
CLIENTE:  
CONTACTO:

FECHA: 09/02/2022 03:00 p. m USUARIO: J BONIFACIO ESTADO: FINALIZADO

CODIGO: 20170072465

**DATOS DEL RECLAMO**

CLASIFICACION: Reclamos de Venta por Garantía  
CATEGORIA: Equipo tiene un desperfecto  
ORDEN COMPRA: 4502857001  
VENDEDOR: ALDANA LAM, JUAN DAVID ELIAS  
PROVEEDOR: ABSOLUTE EQUIPMENT PTY LTD - DURAPAC  
USR. DERIVADO:  
DESCRIPCION: **Gatas DURAPAC presentan fallas:  
GATA HIDRAULICA DURAPAC, NS 18108072**

SEGUIMIENTO DEL RECLAMO							
ITEM	FECHA	ACCION	EXPLICACION	SOLUCION	FEC.REPROG.	N.P.?	FIN?
2	07/06/22 02:27 p.	RECLAMO FINALIZADO	Se realizó la entrega de la gata durapac con guía n° 004-265. Se adjunta documento correspondiente.	Se confirmó con JDA la recepción de equipo en mina. Equipo quedó operativo. Se procede con cierre de reclamo.	17/02/22		X
1	11/05/22 04:06 p.	ADMINISTRATIVO - VENTAS	Reclamo de gatas ya fue atendido, se realizaron las inspecciones y reparaciones en coordinación con fábrica ( se realizo en Arequipa por Brett	Se adjunta informe tecnico y comunicaciones de cliente coordinando el recojo de las gatas en Arequipa.	14/02/22		

Figuras 42, 43: Formatos de reclamos de garantía de equipos (año 2022)

Fuente: Empresa Energotec S.A.C.

En base a los datos de los reclamos por garantía del año 2022, se presenta a continuación el análisis realizado en Excel:

ÍTEM	MARCA	EQUIPO	MODELO	SERIE	FECHA CORRECTIVO	FECHA REINGRESO	N° MESES ENTRE CORRECTIVOS	CUMPLIÓ GARANTÍA
1	DURAPAC	GATA HIDRÁULICA 200TON	SDL-20096-PD	18108071	-	-		
2	DURAPAC	GATA HIDRÁULICA 200TON	SDL-20096-PD	18108072	09/02/2022	-		SI
3	DURAPAC	GATA HIDRÁULICA 200TON	SDL-20096-PD	18129132	-	-		
4	TITAN	GATA TITAN DE 220T	220E	S1077-03	20/01/2022	-		SI
5	DURAPAC	GATA HIDRAULICA 200TON	SDL-20096-PD	18108073	-	-		
6	DURAPAC	GATA HIDRAULICA 200TON	SDL-20096-PD	20072735	-	-		
7	DURAPAC	GATA HIDRAULICA 200TON	SDL-20096-PD	20114407	13/02/2022	-		SI
8	TITAN	GATA TITAN DE 220T	220E	025166-2-1	-	-		
9	DURAPAC	GATA HIDRAULICA 200TON	SDL-20096-PD	21020866	12/01/2022	-		SI
10	DURAPAC	GATA HIDRAULICA 200TON	SDL-20096-PD	21073927	-	-		
11	TITAN	GATA	220D	025272-2-2	-	-		
<b>Confiabilidad de Correctivo</b>								100.00%

Figura 44: Registro de correctivos de equipos hidráulicos (año 2022)

Fuente: Elaboración propia

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

Se observa que el porcentaje de confiabilidad del mantenimiento correctivo ha aumentado a 100% ya que ninguno de los equipos intervenidos después de la mejora ha regresado.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

Con el fin de alcanzar el primero de nuestros objetivos, se necesitaba tener un indicador confiable, para poder tener un dato fidedigno del índice de confiabilidad del mantenimiento correctivo. Para esto se usaron los formatos de reclamos de garantía, debido a que contenían datos importantes como los datos del equipo, fechas de ingreso y de mantenimiento, así como los tiempos transcurridos entre correctivos. Con esto se pudo demostrar de manera inobjetable que la confiabilidad era de 42.86%, lo cual es muy bajo teniendo en cuenta la criticidad de los equipos.

Para cumplir con el segundo objetivo, y luego de un análisis de causa raíz usando herramientas como el diagrama causa – efecto o Ishikawa, se presentó en forma detallada la implementación de la solución mediante el banco de pruebas, desde su diseño en planos y la construcción paso a paso, así como las instrucciones para su uso y el procedimiento de pruebas en las gatas hidráulicas. Se hicieron simulaciones y pruebas exitosas por lo que fue añadido en el procedimiento general del mantenimiento de equipos para el año 2022.

Para la consecución de nuestro tercer objetivo, se tomaron nuevamente como base los formatos de garantía que fueron emitidos después de la implementación del banco de pruebas en el presente año 2022. Al recolectar y analizar los datos, se pudo observar que ninguno de los equipos intervenidos regreso para un segundo correctivo por lo que se logró elevar a un 100% la confiabilidad de los mantenimientos correctivos. Además de esto, haciendo las consultas a los clientes, los equipos están trabajando actualmente con normalidad.

**Recomendaciones:**

Se bien el estudio se hizo para mejorar el mantenimiento correctivo de gatas hidráulicas, debido a que son equipos críticos y difíciles de transportar y de comprobar su funcionamiento, la solución mediante el banco de pruebas se puede usar también en otros equipos hidráulicos como cilindros, grúas y componentes de hidroelevadores, por lo que se sugiere ampliar el estudio a dichos equipos para mejorar sus procesos de mantenimiento.

Para este estudio, se usaron herramientas de la Ingeniería Industrial, como el análisis con herramientas de calidad, definición de indicadores y mejora de procesos, los cuales son perfectamente aplicables a otras áreas de la empresa, por lo que se recomendará a la gerencia su difusión para asegurar la mejora continua.

## REFERENCIAS

- Tiempo Minero (2019). Mantenimiento de Maquinaria Minera: control de calidad. Tiempo Minero. <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/mantenimiento-de-maquinaria-minera-el-valor-del-control-de-calidad/>.
- Tiempo Minero (2021). Mantenimiento minero: Aspectos clave para reducir costos. Tiempo Minero. <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/mantenimiento-minero-aspectos-clave-para-reducir-costos/>.
- Rumbo Minero (2017). Mantenimiento de maquinarias y equipos. Rumbo Minero. <https://www.rumbominero.com/revista/informes/mantenimiento-de-maquinarias-y-equipos/>.
- Baldeón León, C. (2016). Implementación de un sistema de tratamiento de agua, para la reducción de costos de mantenimiento correctivo en la Empresa Industria Fibraforte S.A.
- Huaco Tejada, P. (2017). Propuesta de Mejora del Área de Servicios para Optimización del Proceso de Mantenimiento Correctivo de Equipos de Mina en Planta en Weir Minerals–Vulco Perú S.A., Arequipa.
- Rodriguez De La Cruz, M. (2021). Mejora en el tiempo de mantenimiento correctivo de las torres de telecomunicaciones en la empresa “Telefónica del Perú” en el departamento de Lima.
- Condezo, G. (2019). Implementación de la metodología TPM para mejorar la productividad del proceso de mantenimiento correctivo de los equipos de maquinaria pesada de construcción con la empresa Cosapi S.A. Lima 2019 (Trabajo

de suficiencia profesional). Repositorio de la Universidad Privada del Norte.

Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/23482>.

Gamboa Montalvo, J. A. (2018). Mantenimiento centrado en la confiabilidad para el molino de bolas kurimoto 8'x 6' en la unidad minera Catalina Huanca.

Uribe Aguillón, D. A. (2020). Investigación correlacional entre la aplicación de estudios de termografía y los costos de mantenimiento correctivo en motores eléctricos de unidades de bombeo mecánico en campo veta (Bachelor's thesis, Universidad EAN).

Sandoval Serva, B. (2019). Propuestas de mejora del sistema de mantenimiento de la empresa AESA infraestructura y minería.

Ruiz Naranjo, R. A., & López Auquilla, V. M. (2017). Implementación del sistema alternativo de mantenimiento para los equipos de procesamiento minero en la cantera San Joaquín 2 de la empresa Mapeagre Cía. Ltda (Bachelor's thesis, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; Carrera de Ingeniería Industrial).

Salas Barranco, J. M. (2012). Mejora de la Metodología del Mantenimiento Correctivo en una Flota de Transporte Urbano.

Marín Gonzalez, T. E. (2010). Estudio de Tiempos en el área de Mantenimiento correctivo y preventivo en Rutas, y determinación de estrategias para la mejora de la Productividad en IMBERA S.A. DE C.V.

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2022). INVERSIONES ACUMULAN 9.2% DE INCREMENTO EN EL AÑO. Boletín Estadístico Minero MINEM. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3068516/BEM%2003-2022.pdf.pdf>.



Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. (2022). Boletín Estadístico Mensual

Minero / Marzo 2022 - SNMPE. <https://www.snmpe.org.pe/informes-y-publicaciones/boletin-estadistico-mensual/mineria/7420-boletin-estadistico-mensual-minero-marzo-2022.html>.

Herrera Zurique, L. J., & Segura Hoyos, C. M. (2004). Programa de mantenimiento preventivo equipo mayor en el taller de metalmecánica Servitec Ltda.

Primero, D. F., Díaz, J. C., García, L. F., & González-Vargas, A. (2015). Manual para la gestión del mantenimiento correctivo de equipos biomédicos en la fundación Valle del Lili. Revista Ingeniería Biomédica.

Asenjo, M. (2007). Sistema hidráulico. [https://eac.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2021/06/Sistema\\_hidraulico.pdf](https://eac.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2021/06/Sistema_hidraulico.pdf)

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2013). Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. México DF: Mc Graw Hill Education.

## ANEXOS

### Anexo 01. Memoria de cálculo

#### 3. DISEÑO ESTRUCTURAL

##### 3.1 PARÁMETROS DE DISEÑO:

Carga de trabajo: 250 Ton (2452.5 KN)

Carga máxima: 300 Ton (2943 KN)

Factor de diseño: 1.5

Carga de diseño: 450 Ton (4414.5 KN)

Aceleración de la gravedad: 9.81 m/s<sup>2</sup>

Material predominante: Acero estructural ASTM A36

Carga de rotura mínima a tracción-compresión: 410 MPa

Carga de fluencia mínima a tracción-compresión: 250 MPa

##### 3.2 SELECCIÓN DE COLUMNAS

Dadas las cargas y la naturaleza de la carga aplicada (vertical ascendente), esta se considerará distribuida en la misma dirección de forma uniforme en las cuatro columnas. Así, cada una soportará 112.5 Ton (1103625 N) a tracción.

En el proceso de selección se consideraron varios perfiles para la columna, de entre los cuales se determinó que el perfil H 8"x31lb cumpla con lo esperado.

Cálculos analíticos de resistencia:

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \sigma_{permisible}$$

$$\sigma_{permisible} = 0.8\sigma_y = 0.8 * 250 = 200 \text{ MPa}$$

Donde  $\sigma$  es esfuerzo en MPa, F es la fuerza soportada y A el área soportante. Para el perfil elegido,  $A = 5.89 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ , por ende:

$$\sigma = \frac{1103625}{5.89 * 10^{-3}} = 187.37 \text{ MPa}$$

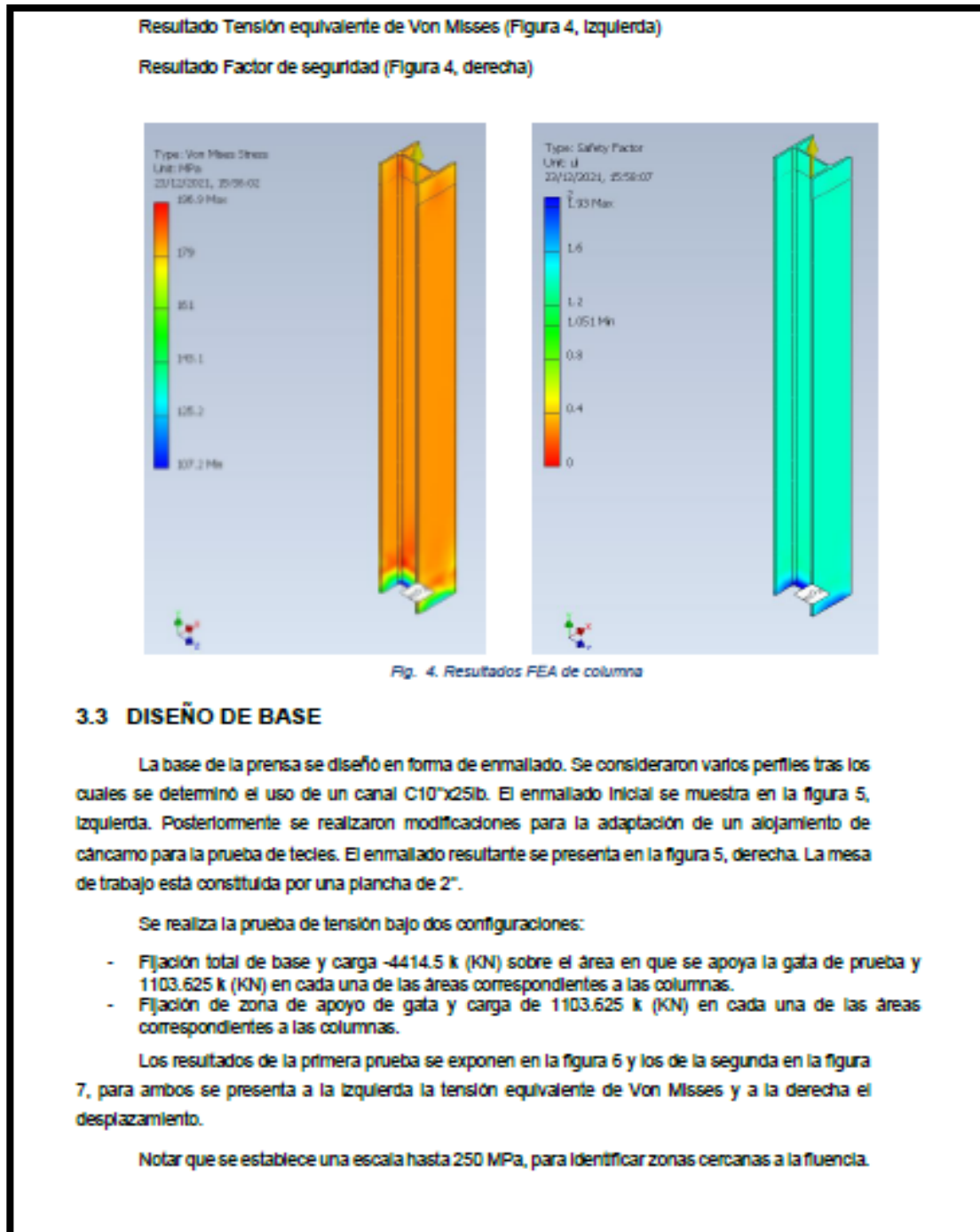
El factor de seguridad, sobre la carga de diseño, será:

$$FS = \frac{\sigma}{\sigma_{permisible}} = 1.07$$

Verificación FEM:

Fijación: área de base

Carga: 1103625 k (N)



Simulación de factor de seguridad en vigas en "H"

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

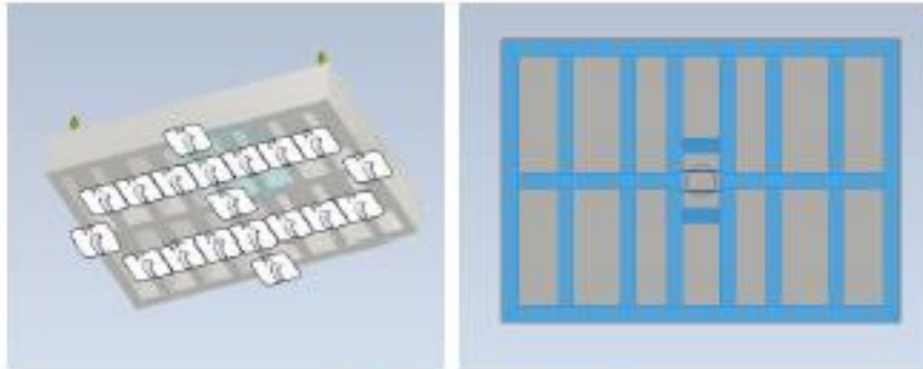


Fig. 5. Enmallados de base

A pesar de que la tensión máxima aparece mayor a ese valor, se desprecia puesto que no es observable gráficamente. Las tensiones exageradamente altas, localizadas en puntos imperceptibles son producto de divergencias matemáticas en las iteraciones. Un cálculo computacional de mayor precisión requiere de softwares y equipos de mayor capacidad.

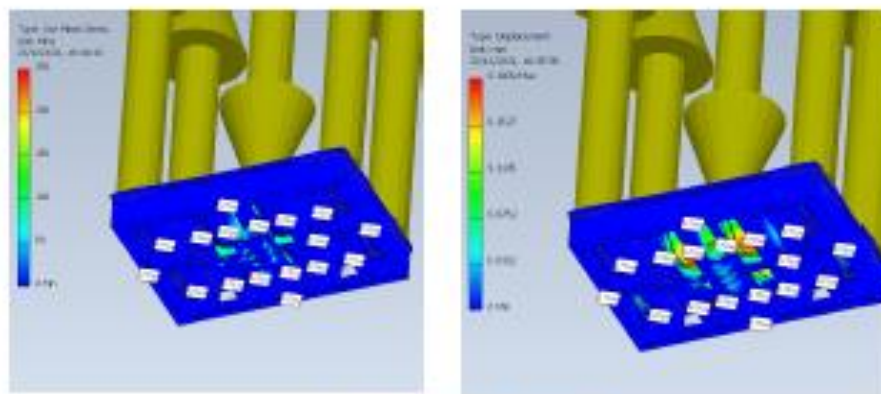


Fig. 6. Primer FEA de base

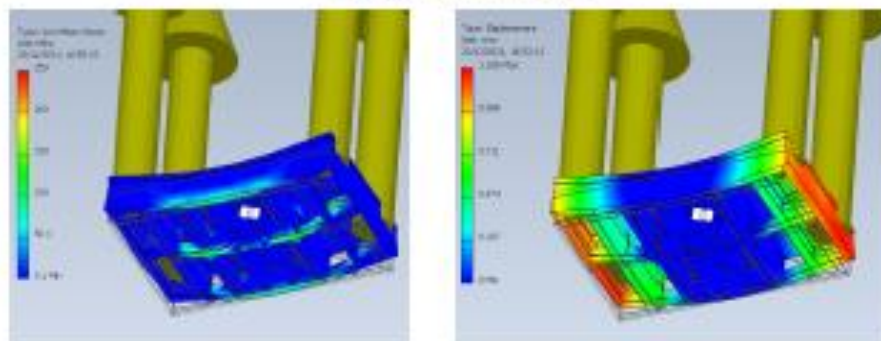


Fig. 7. Segundo FEA de base

Simulación de puntos críticos de base

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

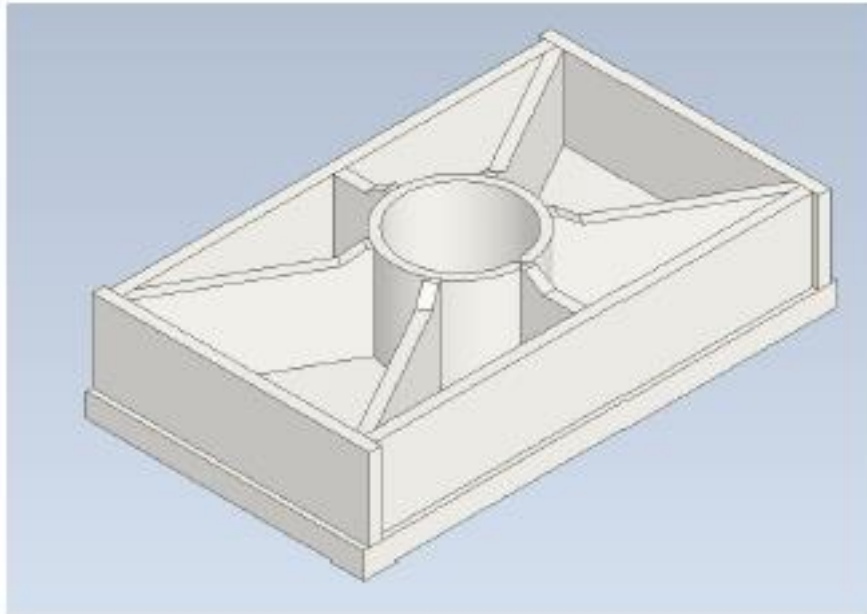


Fig. 9. Modelo diseñado de techo

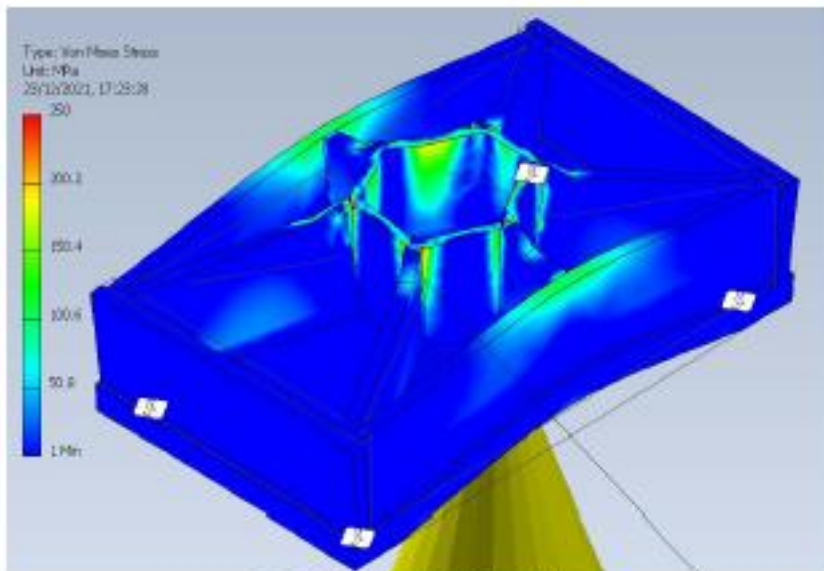


Fig. 10. Tensión de Von Mises del techo

Grado de deformación de base superior de banco de pruebas

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

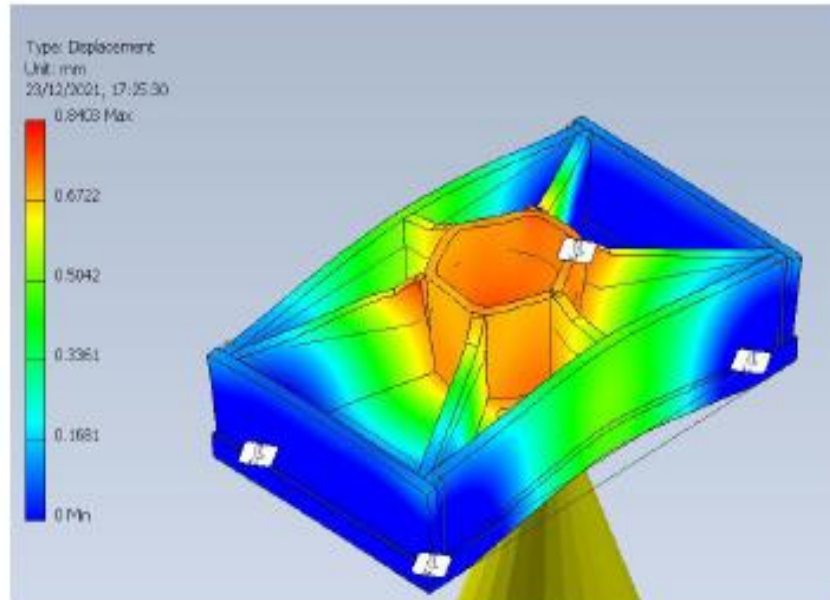


Fig. 11. Desplazamiento del techo

#### 4. DISEÑO HIDRÁULICO:

##### 4.1 PARÁMETROS DE CÁLCULO:

Presión de trabajo: 350 bar.

Cabe resaltar que la elección de la presión se da para acceder a equipamientos mas comerciales. En efecto, se requiere una alta presión para una alta carga, sin embargo, consideramos mantenemos debajo de los 400 bar, que es el limite de los componentes utilizados en hidráulica industrial.

Carga de pistón: 300 Ton.


##### 4.2 CÁLCULOS HIDRÁULICOS:

Conociendo la carga y la presión de trabajo podemos determinar el área de pistón necesaria puesto que se calcula como el producto de estas. Y, por consiguiente, podemos determinar el cilindro que requerimos. Estos cálculos se resumen en la tabla mostrada a continuación:

Fuerza Req	Presión t	Area Est	D. Cilindro	D. eje recom
300.00 Ton	350.00 bar	857.14 cm <sup>2</sup>	33.04 cm	16.52 cm

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C

**SGS del Perú S.A.C.**  
Certificado N° 391501 / 935  
File: OIM NDT 500004068  
Callao, 21 de febrero del 2022



**SGS**

Pág. 1 de 8

### CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

**1. DATOS GENERALES**

1.1 Nombre del solicitante

1.2 Dirección

1.3 Propósito de la inspección

1.4 Documento de referencia

1.5 Apellidos y nombres del inspector

**2. DATOS DEL PRODUCTO**

2.1 Identificación

**ENERGOTEC S.A.C.**  
Calle Los Plásticos N° 204, Urb. Volcans, Distrito Altiplano - Lima.

Inspección de un (01) BANCO DE PRUEBAS (Prensa de Pruebas para Gatas Hidráulicas) marca HFP HYDRAULIC, modelo PV-21-02, de acuerdo a los siguientes datos técnicos:

- Datos de la máquina (verificación de las placas de identificación del equipo).
- Inspección visual y estado de las partes, componentes y elementos de seguridad.
- Prueba de operatividad.

- Manual de partes, operación y mantenimiento.  
- Instructivo de prueba para gatas hidráulicas (cód. DOC-GST-41)  
- Dossier de fabricación.

Arias Alvarado, Luis.

**BANCO DE PRUEBAS (cuerpo de prensa)**

Marca <sup>(1)</sup>	: HFP HYDRAULIC
Modelo <sup>(1)</sup>	: PV-21-02
Serie <sup>(1)</sup>	: OT 630
Largo <sup>(1)</sup>	: 2 m
Ancho <sup>(1)</sup>	: 1,4 m
Alto <sup>(1)</sup>	: 3,5 m
Peso <sup>(1)</sup>	: 77,5 ton
Año de fabricación <sup>(1)</sup>	: 2021
Fuerza de empuje máx. <sup>(1)</sup>	: 250 TM
Fuerza de resistencia máx. <sup>(1)</sup>	: 300 TM

**SGS**

SGS del Perú S.A.C., Av. Elmer Faucett 3145, Callao 1 - Perú, t: (01) 210-0980 f: (01) 175-4889  
This document is issued, on the Client's behalf, by the Company under its General Conditions of Service printed hereon.  
The Client's attention is drawn to the limitations of liability, indemnification and jurisdiction issues stated therein.

Notwithstanding the clause 8 of the SGS General Conditions of Service, all disputes arising out of or in connection with the contractual relationship described shall be governed by and resolved in accordance with the substantive laws of Peru in absence of agreement with respect to conflict of laws and to finally settled by means of the arbitration of dispute under the arbitration regulations of the Arbitration Center of the Ibero American Chamber of Commerce by one or more arbitrators appointed by consensus with the said rules. The arbitrators shall take office in Lima (Peru) and be conducted in the Spanish.

Implementación de un banco de pruebas para la mejora del mantenimiento correctivo de equipos hidráulicos en el área de servicios mineros de la empresa ENERGOTEC S.A.C



Certificado de operatividad brindado por la empresa internacional SGS