

# Revision2

*por* J Escobedo

---

**Fecha de entrega:** 04-sep-2023 03:31p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2157755605

**Nombre del archivo:** Tesis\_informe\_Escobedo\_2.docx (10.35M)

**Total de palabras:** 8371

**Total de caracteres:** 45246

**7**  
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO**  
**BENEDICTO XVI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**MECÁNICO ELÉCTRICA**



**INFLUENCIA DEL TIPO DE PLANCHA DE REFUERZO SOBRE LA**  
**VIDA ÚTIL DE CUCHARONES DE EXCAVADORAS HIDRAÚLICAS**  
**DE UNA MINERA**

**3**  
**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores:**

**Br. Jilmer Rafael Escobedo Lucas**

**Br. Segundo Reyes Rodríguez**

**Asesor:**

**Ing. Javier Orlando Quispe Rodríguez**

**3**  
**Línea de investigación:**

**Procesos y tecnología**

**Trujillo – Perú**  
**2023**

Informe de originalidad

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

Monseñor Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.  
Fundador y Gran Canciller de la UCT Benedicto XVI

Dr. Luis Orlando Miranda Díaz  
Rector

Dr. Gilberto Domínguez López  
Director Ejecutivo

**7**  
Dra. Mariana Geraldine Silva Balarezo  
Vicerrectora Académica

Dra. Ena Cecilia Obando Peralta  
Vicerrector de Investigación (e)

Mg. Ing. Breitner Guillermo Díaz Rodríguez  
Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

#### CONFORMIDAD DEL ASESOR

Yo Mg. Ing. Javier Orlando Quispe Rodriguez.....  
con DNI No 18126008, asesor de la tesis titulada  
" Influencia del tipo de plancha de refuerzo sobre la vida  
útil de cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera"  
Desarrollada por el/la los/las bachiller(es) Filmer Rafael Escobedo Lucas con  
DNI No 18153169 y Segundo Reyes Rodriguez con  
DNI No 4035012..... respectivamente, egresados del Programa Profesional de  
Ingeniería Mecánico Eléctrica.

Considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como  
científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de  
la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación  
de trabajos de titulación de la Facultad de ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea  
sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Javier Orlando Quispe Rodriguez

Nombres y apellidos

DNI.....18126008

ASESOR



## Dedicatoria

Ante todo le damos gracias a Dios por darnos la oportunidad de cumplir nuestras metas y también agradecer a nuestros queridos padres: Gracias a ellos que siempre están con nosotros, brindándonos el apoyo moral, porque siempre creyeron en nuestras capacidades a pesar de las dificultades que se presentaron en el camino nunca nos abandonaron, a pesar de todo hemos podido salir adelante y es una motivación constante que nos ha permitido ser personas con mucho optimismo y pasión de lo que hacemos, gracias a ellos, hoy podemos seguir logrando nuestras metas, para ellos somos de mucho orgullo y satisfacción a pesar de la edad que tengamos y aún más al verlos crecer con un futuro diferente, gracias Dios por darnos las fuerzas de seguir adelante. Este reto de esfuerzo y dedicación se lo dedicamos en especial a nuestros queridos padres: Julia Lucas y Cristian Escobedo y también a Segundo Reyes y Flor Rodríguez. Como también a nuestras amadas esposas. Tania Guzmán e hijos y también a Leslie Gavidia e hijo, ellos estuvieron apoyándonos incondicionalmente en todo momento. Gracias a todos por darnos su apoyo para nuestro deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida, para lograr éxito en la vida se necesita de mucho sacrificio y esfuerzo, mil gracias por todo el apoyo en momentos muy difíciles, esto se los dedicamos para todos ustedes que estuvieron siempre nosotros. Gracias.

### Agradecimiento

Nuestro mayor agradecimiento es a nuestro señor Jehová Dios, porque siempre lo tenemos presente en nuestros corazones. Gracias por darnos la oportunidad de salud y vida, por darnos fuerzas y esperanzas de seguir avanzando y logrando nuestras metas, y también por tener a nuestros padres, esposas e hijos con buena salud, porque ellos siempre estuvieron con nosotros dándonos ánimos en todo momento y también porque nos permiten estar motivados, gracias Dios por toda la ayuda que siempre nos brindas para obtener nuestros logros que son resultado de nuestros esfuerzos, y también por darnos el apoyo durante todo el proceso de estudio con el Ing. Javier Orlando Quispe Rodríguez, quien nos apoyó en todo momento como asesor de nuestra tesis, por su motivación, paciencia, compromiso, criterio y ánimos, hemos aprendido mucho de nuestro asesor y quien ha sido un gran privilegio poder contar con su apoyo en todo momento. A todos nuestros maestros Ingenieros que nos enseñaron en la facultad de nuestra prestigiosa Universidad. Al taller de soldadura por permitirnos hacer nuestro trabajo con éxito. Gracias Dios por todos los logros y mantenemos de pie ante cualquier adversidad y también a todos que estuvieron con nosotros.

**DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Jilmer Rafael Escobedo Lucas con DNI 18157169 y Segundo Reyes Rodríguez con DNI 40350112, egresados del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánico Eléctrica de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que hemos seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para la elaboración y sustentación del trabajo de investigación titulado: "Influencia del Tipo de plancha de refuerzo sobre la vida útil de cucharones de excavadoras hidráulicas de una mina", el cual consta de un total de 44 páginas, en las que se incluye 12 tablas y 16 figuras, más un total de 9 páginas en apéndices y/o anexos.

Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento, corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de nuestra entera responsabilidad.

Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es de .....%, el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.

*Los autores*



DNI 18157169



DNI 40350112

## Índice

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Informe de originalidad .....   | i                                   |
| <b>14</b> Página de autoridades universitarias.....                     | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Página de conformidad del asesor .....                                  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Dedicatoria .....   | iii                                 |
| Agradecimiento .....  | v                                   |
| Declaratoria de autenticidad .....                                      | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| <b>7</b> Índice .....   | vii                                 |
| RESUMEN .....   | viii                                |
| ABSTRACT .....  | ix                                  |
| I. INTRODUCCIÓN .....   | 10                                  |
| II. METODOLOGÍA .....   | 18                                  |
| 2.1. Enfoque, tipo .....  | 18                                  |
| 2.2. Diseño de investigación .....                                      | 18                                  |
| 2.3. Población, muestra y muestreo .....                                | 18                                  |
| 2.4. Técnicas e instrumentos .....                                      | 19                                  |
| <b>3</b> 2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de información ..... | 19                                  |
| 2.6. Aspectos éticos en investigación .....                             | 20                                  |
| III. RESULTADOS .....   | 21                                  |
| IV. DISCUSIÓN .....   | 29                                  |
| V. CONCLUSIONES .....   | 32                                  |
| VI. RECOMENDACIONES .....   | 33                                  |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                   | 34                                  |
| ANEXOS .....  | 36                                  |

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal el determinar la influencia del tipo de plancha de refuerzo en la vida útil de cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera. De un enfoque cuantitativo, de tipo experimental, de diseño pre experimental con una muestra de 10 cucharones de excavadoras, empleando la técnica de la observación. Obteniendo que en el diagnóstico actual de la vida útil de un cucharón de excavadoras hidráulicas de una minera, mínimo es de 4719 horas y el máximo de 5482 horas, con un promedio de 5068.9 horas de vida útil y una inspección promedio de 1101.1 horas. Concluyendo que el refuerzo de planchas de acero mejora la vida útil de cucharones de excavadoras hidráulicas, obteniendo un promedio de vida útil de 5068.9 horas con una inspección de 1101.1 horas antes del refuerzo y después el tiempo de vida útil fue de 5683.7 horas con una inspección de 1348.9 horas de trabajo, corroborándose con la contrastación de la hipótesis con un valor de T de Student de 24.414 y un valor de  $p=0.000$  a un nivel de significancia del 5%.

Palabras claves: excavadoras, cucharón, acero, soldadura.

## ABSTRACT

The main objective of this investigation was to determine the influence of the type of reinforcement plate on the useful life of buckets of hydraulic excavators of a mining company. From a quantitative approach, of an experimental type, of a pre-experimental design with a sample of 10 excavator buckets, using the observation technique. Obtaining that in the diagnosis acts of the useful life of a bucket of hydraulic excavators of a mining company, the minimum is 4719 hours and the maximum is 5482 hours, with an average of 5068.9 hours of useful life and an average inspection of 1101.1 hours. Concluding that the reinforcement of steel plates improves the useful life of hydraulic excavator buckets, obtaining an average useful life of 5068.9 hours with an inspection of 1101.1 hours before reinforcement and after the useful life time was 5683.7 hours with an inspection of 1348.9 hours of work, corroborating the contrasting of the hypothesis with a Student's T value of 24.414 and a value of  $p=0.000$  at a significance level of 5%.

**Keywords:** excavators, bucket, steel, welding.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la actividad minera en nuestro país ha crecido notablemente en la importación de equipos pesados que son empleados para los proyectos en campos mineros y en campos de construcción de obra civil, lo cual, permite generar oportunidades de trabajo en diferentes áreas y especialidades (Tamayo, 2019).

Esto significa que la maquinaria y otros equipos propiedad de estas empresas constituyen la mayor parte del capital fijo de una empresa. Como resultado, hacer el mejor uso de este recurso es crucial para la eficiencia de una empresa (Gonzalo, 2022).

Es importante recordar que una máquina debe tener siempre una disponibilidad de trabajo de al menos el 70% y debe dedicar toda la atención necesaria para que, como resultado, su eficiencia esté muy cerca del 80 % (Organización Internacional del Trabajo, 2019). Es ahí donde cobra importancia destacar el mantenimiento oportuno y efectivo, así como el abastecimiento de combustibles, lubricantes y el diseño de máquinas herramientas como cucharones que enfatizan los menores niveles de remoción de residuos (Synthec, 2021).

Sin embargo, esta maquinaria también tiene problemas, dentro de los más comunes en esta máquina son. Los cucharones, tren de rodado o piezas semejantes, debido que estos componentes son críticos para la máquina durante las horas de trabajo ya que están sometidas a grandes esfuerzos, impactos de abrasión y fatigas mecánicas que provocan desgaste (Gutierrez, 2021).

Una de las deficiencias más notorias la encontramos en las estructuras del cucharón de la excavadoras debido a que identificamos planchas de reforzamientos que sufren desgastes muy rápidos, esto se debe al material rocoso muy abrasivo que roza a las planchas de refuerzo en las paredes del cucharón, lo que genera desgaste excesivo debido al esfuerzo del arrastre de carga, el procedimiento que se hace en los trabajos correctivos no aumenta la durabilidad de las planchas de refuerzo, no cumplen como se espera, el soporte en la estructura debido al material y al procedimiento de soldadura que se aplica en el material base del cucharón no tiene una vida útil satisfactoria. (Fuentes , 2018)

Por otro lado, en la industria minera en general no prevalece el conocimiento acerca de la identificación de los defectos, de los materiales de refuerzo, es decir, hace falta la identificación de materiales por parte los ingenieros mecánicos, por ejemplo identificar por medio de pruebas de desgaste a los materiales a emplear como son el acero estructural

A 514 y el otro acero de alta dureza 500 HB, para así seleccionar que tipo de material debe hacer el refuerzo directo del material base, con el fin de aceptar o descartar la unión que será soldada, claro está, rigiéndose a los requisitos y parámetros estandarizados de calidad ya establecidos.

De tal forma esta investigación propone la siguiente interrogante: ¿De qué manera influye el tipo de plancha de refuerzo en la vida útil de cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera?

Asimismo, esta investigación se justifica principalmente sobre el tiempo de vida útil, y el aumento del servicio de las excavaciones de los minerales, aplicando un material altamente resistente a la abrasión y al impacto de rocas, con el fin de prevenir los desgastes en corto tiempo.

En lo práctico, la adaptación de un nuevo proceso de soldadura de alta resistencia y de gran avance en reparaciones de componentes de maquinaria pesada como cucharones que son piezas claves para la extracción de minerales.

Asimismo, tiene carácter económico y tecnológico, es económico ya que, mediante la implementación de un material anti abrasivo, se ampliará la vida útil de los cucharones de las excavadoras hidráulicas, de esta manera se reducirán los costos por mantenimiento; a su vez es tecnológico ya que se implementará el uso de un material de mejora en un equipo ya elaborado y se generará un nuevo método de soldadura para poder unir este material al material base que viene de fábrica.

Y en lo metodológico, contribuirá en la construcción de instrumentos de recolección de datos, lo cual se obtendrá datos válidos y confiables, y también promueve la estandarizar estos dos dispositivos de medición, de las variables de estudio; que serán analizadas más adelante.

El objetivo general es establecer la influencia del tipo de plancha de refuerzo en la vida útil de cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera. Y como objetivos específicos, hacer diagnósticos actuales de la vida útil de los cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera; el determinar las ventajas del reforzamiento con acero anti abrasivo de 500 HB en los cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera; también el determinar las ventajas del reforzamiento con acero estructural A514 en los cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera y realizar un análisis económico sobre cual plancha de refuerzo es factible para los cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera. Dando como respuesta con la hipótesis: El tipo de plancha de refuerzo influye

significativamente en la vida útil de cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera.

Asimismo, esta investigación, incluye las bases de investigaciones hechas tanto en el ámbito internacional y nacional; para que se proceda a explicar las teorías y conceptos relacionados con el tema de estudio.

En el ámbito internacional, según Fuentes (2018), el cual su objetivo fue la estimación del nivel de los componentes de los cargadores frontales LeTourneau 1850, empleados en las minas de cobre – Chile; siendo una investigación aplicada, experimental; en el cual se obtuvo, que si no se reemplaza en el tiempo programado, afecta de forma directa en la estructura, generando costos y tiempos innecesarios; de tal forma aplicando los elementos finitos, se realizaron comparativas, mejorando la concentraciones de cargas, en los puntos críticos sometidos en desgaste.

Coloma (2017), cuyo objetivo fue la simulación de la recuperación por método de elementos finitos en los cucharones para la maquinaria en minas – Ecuador; siendo de un enfoque cuantitativo, descriptivo, observacional. Se realizó un análisis aplicando los aceros AISI 1522 y FORA 450, teniendo en cuenta los soportes horizontales, soportes en X y los soportes verticales; con el material FORA 450 los resultados fueron los correctos, siendo factible, tanto en lo económico y técnico para una minera.

Fernández (2016), su finalidad fue analizar la soldadura para la reparación y mantenimiento de equipo pesado aplicando electrodos revestidos – Bolivia; de una metodología mixta, no experimental, descriptivo; en el cual se obtuvo que, al realizar los mantenimiento y reparaciones con soldaduras especiales, si hubo compatibilidad con la actividad, el cual logro la calidad esperada con las piezas soldadas.

En el ámbito nacional, según Constantino (2020), su objetivo fue la determinación de las causas que originan el desgaste de labio espada del cucharón de la excavadora CAT 320, con la aplicación de fallas por medio de elementos finitos; siendo un estudio de tipo aplicada, de diseño no experimental; en el cual se obtuvo que en análisis de fatiga, se hayo desgaste en dos de ellos, aplicando una propuesta de solución para el reparo del desgaste del cucharón, mediante soldadura de electrodo de arco eléctrico 7018, aumentando la carga en los puntos críticos, siendo una solución factible y resistente.

Callirgos y Pons (2018), siendo su objetivo la implementación de un sistema electrónico para la mejora de la eficiencia en el control del desgaste de dientes de las excavadoras orientadas en construcción; siendo una investigación experimental, observacional; en el cual se obtuvo la identificación del desgates de los dientes de la

excavadora, almacenándola la base diariamente, e implementando un manual de mantenimiento y de operaciones, generando una rentabilidad positiva a la empresa.

Nestares (2017), dicho objetivo fue el análisis de las fallas de las excavadoras con el fin de medir la rentabilidad en la empresa BRYNAJOM SRL; siendo una investigación experimental, explicativa; en el cual se obtuvo, un incremento del 77% hasta el 85% en disponibilidad de las excavadoras; con una rentabilidad del 33% y con una disminución de maquinaria parada.

También se fundamenta con bases teóricas o marco conceptual, donde la palabra excavar tiene un significado preciso, ya que se trata de hacer un esfuerzo de disgregación de un material consolidado. Las máquinas excavadoras mecánicas de metal se desarrollaron en el segundo decenio del siglo XX por motivos económicos y también la eliminación del cansancio físico que la excavación manual producía (Coloma, 2017)

Las excavadoras definitivamente se perfeccionaron durante la segunda guerra mundial. Esto se debió a que en aquel momento era demasiado caro utilizar gasolina como propulsión, por lo que se desarrolló un motor diésel suficientemente, rápido, ligero y fiable para su accionamiento. La excavadora está diseñada para excavar a su propio nivel. Las excavadoras son más efectivas cuando excavan a un nivel más bajo de lo normal.

Los trabajos efectuados por las diversas variantes de equipos pueden determinar de la siguiente manera:

Excavadora de empuje. Es una máquina que ejecuta las mismas funciones básicas de excavación que una simple pala manual. Estas operaciones son: hundir el cucharón, elevar la carga, girar el cucharón, la misma que después verte el contenido ya en la postura girada.

La dragalina. Consiste de un balde que sujeto a unos cables se lanza para recoger en su interior tierra. Una vez cargado el balde, este queda suspendido de tal forma que evita que la tierra se caiga, pudiéndose mantenerse colgado y así poder ser girado para guardar el material en distinta posición dentro de su zona de radio de la pluma.

La retroexcavadora hidráulica. Ejecuta la misma función que un cucharón de excavadora, pero no recoge tierra por encima del nivel de sus orugas o sistema de sustentación, sino a un nivel inferior, por este motivo, se suele utilizar para excavar zanjas.

La cuchara de almeja. Está equipado con un dispositivo que, deja caer desde una posición alta, atrapa el material a levantar entre sus valvas y utiliza un sistema de cables, lo que permite levantar el material sin derramar.

1

La pala excavadora integra tres elementos fundamentales:

La pluma se constituye, básicamente, de una estructura de viga sólida de acero unida a una superestructura giratoria mediante un sistema de cables. Estos cables permiten cambiar de inclinación la pluma antes de iniciar el trabajo. Los brazos, constan de una viga cajón que se desplazan a lo largo de una línea fija de la pluma de la excavadora.

Se adjunta una pala de carga a la punta del brazo. La pala de carga debe tener capacidad de autolimpieza y contar con un sistema de dientes de acero al manganeso recargables en los extremos que deben estar en contacto con el suelo. Este material se utiliza porque es muy resistente a la abrasión y a la rotura.

Los equipos de perforación hidráulica se componen principalmente de bastidores, plumas, balancines y cucharones, que pueden ser reemplazados por otras herramientas como cucharones bivalvos, cucharones Priestman y martillos hidráulicos.

En otras palabras, las excavadoras hidráulicas tienen el mismo equipo de trabajo que las excavadoras mecánicas, pero se utilizan herramientas y sistemas de accionamiento especiales para combinar con el equipo hidráulico.

La fuerza de la hidráulica reside en su precisión y versatilidad, especialmente en máquinas pequeñas donde la versatilidad es primordial.

Los cucharones vienen en varias configuraciones, incluidos descargadores frontales o descargadores inferiores diseñados para uso en rocas. En una plataforma de perforación frontal, se combinan dos fuerzas sobre los dientes del cucharón: fuerza de penetración y fuerza de excavación.

Durante la penetración, la fuerza horizontal máxima se obtiene activando el balancín de la botella hidráulica dentro del mecanismo de excavación.

El esfuerzo de excavación depende de la posición del cucharón y de la posición relativa de la biela y la botella hidráulica.

La detección y evaluación del desgaste del elemento de la pala se realiza mediante dos formas de control durante la inspección. Primero se mide cada pieza (en pulgadas), y luego se inspeccionan fisuras. Es importante poder identificar los factores de desgaste significativos y otros que son menos importantes. En el primer grupo incluye los espacios entre los dientes. Para que determine un elemento caído de este grupo, lo cual se detendrá totalmente la operación de la máquina hasta el recambio total del elemento. (Fuentes, 2018)

15

Los tipos de reparaciones: Roturas: La pieza se rompe por impacto en dos o más partes debido a la aplicación de un esfuerzo superior a su resistencia (golpe, sobrepresión,

etc.). **Fisuras**: Conocidas también como pequeñas fracturas, son las que originan mayor proporción de reparaciones. Las fisuras son las que nos advierten de una posible rotura, por el sobre-esfuerzo que la pieza está resistiendo. Al observar estas fisuras debe programarse su reparación inmediata antes de que sobrevenga la rotura de la pieza.

**Blindaje**: Usado para proteger toda la base del cucharón que está expuesto al trabajo duro las 24 horas. El blindaje tiene que ser superior a su resistencia de la base, la finalidad es proteger el material base aumentando el espesor efectivo del componente y así también su resistencia a la abrasión.

**Aceros al carbono**: Los aceros al carbono. Según su proporción de contenido de carbono, se separan en tres clases: aceros de bajo proporción de carbono, aceros de medio proporción de carbono y aceros de alto proporción de carbono.

**Aceros aleados**: Son los que incorporan uno o varios elementos químicos además de hierro y carbono en proporción suficiente para cambiar las características y propiedades del acero.

**Aceros anti abrasivos**: Acero Anti desgaste AR-400 HBn (Brinell): Plancha pesada y gruesa, se usa en blindajes de equipos agrícola, tolvas, máquinas de acaro y movimiento de rocas, tierras y otros, las cuales las partes del equipo están en constante contacto al impacto abrasión y desgaste.

**Acero Anti desgaste AR-450 HBn (Brinell)**: Plancha gruesa para usos en blindaje en condiciones de alto desgaste y tensiones estructurales, recubrimiento de palas, cucharones mineros, tolvas y piezas de equipos sometidos a carga pesada, excelentes propiedades al cilindrado, corte y soldadura.

**Acero Anti desgaste AR-500 HBn (Brinell)**: Plancha gruesa para usos en cuchillas, trituradoras y labios de cucharón, placas de desgaste de equipos planta minera, guías de carga, recubrimiento de cucharones de palas, cargadores y excavadoras estos equipos están sometidos a alto desgaste por abrasión y fricción.

**Soldadura de innovación para mantenimiento**, en la empresa fisac que da servicio de reparación y mantenimiento de equipos por soldadura, se califica por elegir materiales de innovación tecnológica. Los cuales son parte del mantenimiento industrial para la reparación del cucharón de la excavadora, se necesita un gran compromiso y competencia en estos trabajos debido que sus riesgos de rotura son altos, en donde hay también presión de los supervisores, porque ellos exigen reparaciones inmediatas, lo cual a veces no estiman limitaciones de información y de las técnicas disponibles que el soldador conoce rigiéndose a los procedimientos. Hay que hacer esfuerzos para sacar el equipo operativo.

El mantenimiento de los componentes es todo un reto porque se necesita de habilidad y creatividad del soldador. La finalidad de la reparación es poner al equipo en funcionamiento en condiciones originales. Es importante que el técnico esté capacitado en nuevos avances de innovación en mantenimiento de soldadura, hay que estar preparado al momento de hacer una reparación correctiva, porque el tiempo es importante en la reparación. Estos materiales empleados por lo general son caros y además demoran mucho para traer el nuevo componente es un proceso que demora, esto implicaría grandes perjuicios económicos. Necesariamente debemos mantener calma, para dar una solución rápida y efectiva.

Reparación del cucharón con soldadura, para la reparación resulta beneficiosa porque genera un gran ahorro en costos, porque el retraso para obtener la pieza nueva de un cucharón es demasiado costoso a comparación de un cucharón reparado. Los blindajes del componente se desgastan continuamente, particularmente en el cucharón de la excavadora hidráulica, maquinaria de extracción de mineral, por ese motivo. El cucharón reparado queda mejor con planchas de refuerzos que el cucharón original.

Los aceros que tienen bajo contenido de carbono y los aceros que tienen baja aleación se puede regenerar sin perjudicar la vida útil del cucharón. Pero es diferente en aceros de alto carbono pueden ser reparados siguiendo procedimientos en el cual se aplica principalmente tratamientos térmicos correspondientes al material de blindaje para mejorar una vida útil al componente. Se aplica procedimiento de soldadura, para no afectar el componente, porque si no aplicamos el procedimiento afectaríamos su estructura mecánica volviéndole cristalino esto se da cuando hacemos enfriamientos bruscos, pudiendo causar roturas y fisuras lo cual generaría re trabajos por no aplicar los procedimientos ya establecidos por la empresa la falla de este componente puede ocasionar grandes pérdidas de disponibilidad del equipo.

Por lo tanto, es importante que el soldador esté capacitado y aprobado en trabajos en caliente el cual debe conocer su especificación y el tipo de composición, de la plancha que usara para la reparación con soldadura. Antes de soldar se debe conocer su composición del metal. Algunas reparaciones correctivas de soldadura se pueden hacer en escasos minutos y que otros más complejos pueden demorar semanas en su reparación y la reconstrucción del componente con soldadura. El costo de reparación del cucharón puede ser más económico que un cucharón nuevo es más costoso y para su trámite tiene fechas eso perjudicaría aún más económicamente a la empresa.

Los cucharones de carga están diseñados bajo especificaciones y condiciones de cada fabricante (Komatsu, Caterpillar, Hitachi, volvo, otros); por lo general son fabricados con placas de acero T1, templado y enfriado de mayor fortaleza lo que obtiene un mayor aumento de duración y una carga útil mayor. Las chapas de acero T1 de 400HB-500HB son especialmente para blindar los cucharones del material base principalmente en las partes que están sometidas a desgaste abrasivo del mineral lo cual el rozamiento del material duro desgasta y perforan la base del cucharon, dañando y ocasionada deformación plástica rayando arrancando virutas permanentemente de la superficie del cucharon. Tipo de aleación. (-Si-Mn- Mo - Ni - Cr-V - Nb - B. Los porcentajes de estos elementos de aleación varían según el espesor y la dureza de las planchas.

Las planchas anti abrasivas T1, se compone de elementos de aleación que son los siguientes: C-Si-Mn-Mo-Ni-Cr-V-Nb-B estos elementos le hacen especiales ya que protegen contra la abrasión y el desgaste prematuro de los materiales duros.

## 3 II. METODOLOGÍA

### 2.1. Enfoque, tipo

Esta investigación es de enfoque cuantitativo, de tipo experimental, en el cual se va a cuantificar los resultados, y manipular la variable de estudio (Hernandez y otros, 2018)

### 3 2.2. Diseño de investigación

El diseño es pre experimental; en el cual existirá dos grupos de experimento para la comparación entre sí, de un refuerzo de acero estructural A514y acero anti abrasivo de 500 HB. (Hernandez y otros, 2018)

22  
Tabla 1.

*Diseño de investigación.*

| Grupo  | Tratamiento                         | Post prueba  |
|--|-------------------------------------|--|
| GE:<br>Cucharones de excavadoras hidráulicas | X: Tipo de plancha de reforzamiento | O1: Vida útil - Acero anti abrasivo de 500 HB.<br>O2: Vida útil - Acero estructural A514 |

Fuente: Propia.

### 2.3. Población, muestra y muestreo

#### Población

Esta investigación estará conformada por el numero tal de 20 cucharones de excavadoras hidráulicas del área de mantenimiento de una empresa minera.

#### Muestra

Se considera la misma cantidad de la población, teniendo en cuenta que se sub dividirá en dos grupos siendo:

- Reforzados con Planchas anti abrasivas 500 HB: 10 cucharones
- Reforzados con Planchas de acero estructural A514: 10 cucharones

#### Muestreo

Muestreo no probabilístico.

## 2.4. Técnicas e instrumentos

### Técnica

Teniendo en cuenta la técnica para recolectar los datos, la presente investigación tendrá a la observación como aliada para tal fin, ello debido a que se contemplará en todo momento los diferentes procedimientos a desarrollarse en la variable de estudio

### Instrumento

Teniendo en cuenta el instrumento para la recolección de los datos, la presente investigación se valdrá de las hojas de fichas de datos para acopiar toda la información necesaria que se requiera en la búsqueda por encontrar las consecuencias generadas sobre la variable dependiente a causa de la independiente.

## 2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de información

### Procedimientos de datos

Para poder realizar el trabajo, primero se tiene que acondicionar los cucharones, para esto, se lleva a lavadero para quitar todo el material que se encuentra pegado en el cucharón para poder determinar el grado de criticidad de desgaste en el caso de ser cucharones usados, en el caso de ser cucharones nuevos, se les coloca sobre la plancha que trae de fábrica las planchas de refuerzo.

A continuación se inicia el proceso de refuerzo, para esto se utilizará el equipo de oxicorte con el que se hará el corte de la plancha a usar y posteriormente colocarse como refuerzo en los cucharones, se traza por áreas la base del cucharón para empezar el corte, se colocan biombos alrededor del componente y se procede al seccionamiento del componente con el equipo antes mencionado, luego de esto se limpia con una amoladora las deformaciones y rebabas presentes en la zona de corte, es ahí donde se plegará la plancha nueva, primero se toman las medidas y se corta la plancha y mediante el proceso de soldadura FCAW con alambre tubular E 71-T1 de arco eléctrico se procede a soldar la de reemplazo.

Se retiran las rebabas con ayuda de una amoladora, luego de esto se prepara la plancha de refuerzo, la cual tendrá será rolada para que tome la forma del cucharón, esta se soldará a la base ya reparada, primero se apuntalarán a la base y luego se realizará la soldadura de manera continua. Finalmente, ya en obra se

medirá el tiempo de vida útil de los cucharones con planchas anti abrasivas, con los datos ya tomados se procederá a hacer el análisis estadístico necesario para la comprobación de la hipótesis.

#### **Análisis de datos**

Teniendo en cuenta el análisis de datos, la presente investigación se valdrá de dos técnicas estadísticas, siendo la descriptiva e inferencial. La estadística descriptiva debido a la representación gráfica de los resultados a través de la creación de tablas y figuras; por su parte, la estadística inferencial con el objetivo de demostrar cómo se da el comportamiento de población luego de verse afectada según se aprecia en la muestra.

#### **2.6. Aspectos éticos en investigación**

Este estudio está elaborado según los reglamentos y normas dictadas por la Universidad Católica de Trujillo, cumpliendo a cabalidad y respetando los parámetros de confiabilidad y autenticidad intelectual de los autores mencionados para el estudio.

### III.RESULTADOS

4.1. Diagnóstico actual de <sup>4</sup> la vida útil de los cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera.

**Tabla 2.**

*Distribución de vida útil actual según tiempos e inspección (horas)*

|             | Tiempo de uso(horas) | Inspección (horas) |
|-------------|----------------------|--------------------|
| Cucharón 1  | 4981                 | 1108               |
| Cucharón 2  | 4763                 | 1186               |
| Cucharón 3  | 4941                 | 1096               |
| Cucharón 4  | 4783                 | 1156               |
| Cucharón 5  | 5323                 | 1070               |
| Cucharón 6  | 5482                 | 1156               |
| Cucharón 7  | 5387                 | 1015               |
| Cucharón 8  | 4856                 | 1001               |
| Cucharón 9  | 4719                 | 1158               |
| Cucharón 10 | 5454                 | 1065               |
| Promedio    | 5068.9               | 1101.1             |

Nota: ficha de recolección de datos.

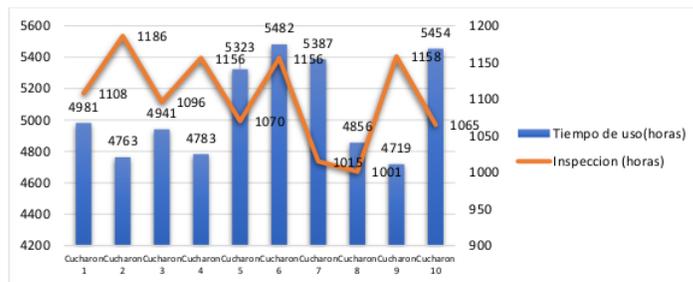


Figura 1. Distribución de vida útil actual según tiempos e inspección (horas)

De los datos obtenidos, se observa que <sup>1</sup> la vida útil de un cucharón de excavadoras hidráulicas de una minera, mínimo es de 4719 horas y el máximo de 5482 horas, con un promedio de 5068.9 horas de vida útil y una inspección promedio de 1101.1 horas.

4.2. Ventajas del reforzamiento con acero anti abrasivo de 500 HB en los cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera.

**Tabla 3.**

*Distribución de vida útil con acero anti abrasivo de 500 HB según tiempos e inspección (horas)*

|             | Antes                |                    | Después              |                    |
|-------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|             | Tiempo de uso(horas) | Inspección (horas) | Tiempo de uso(horas) | Inspección (horas) |
| <b>11</b>   |                      |                    |                      |                    |
| Cucharón 1  | 4921                 | 1003               | 5304                 | 1331               |
| Cucharón 2  | 4703                 | 1081               | 5108                 | 1352               |
| Cucharón 3  | 4881                 | 991                | 5280                 | 1369               |
| Cucharón 4  | 4723                 | 1051               | 5106                 | 1309               |
| Cucharón 5  | 5263                 | 965                | 5711                 | 1415               |
| Cucharón 6  | 5422                 | 1051               | 5863                 | 1316               |
| Cucharón 7  | 5327                 | 910                | 5705                 | 1208               |
| Cucharón 8  | 4796                 | 896                | 5211                 | 1330               |
| Cucharón 9  | 4659                 | 1053               | 5092                 | 1484               |
| Cucharón 10 | 5394                 | 960                | 5856                 | 1375               |
| Promedio    | 5008.9               | 996.1              | 5423.6               | 1348.9             |

Nota: ficha de recolección de datos.

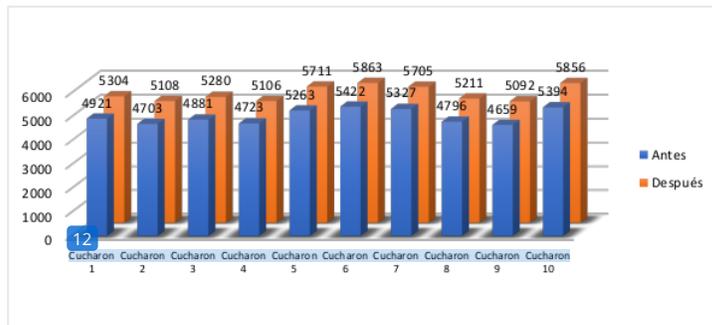


Figura 2. Distribución de vida útil con acero anti abrasivo de 500 HB según tiempos e inspección (horas)

De los datos obtenidos, se observa que la vida útil de un cucharón de excavadoras hidráulicas en una minera aplicando acero anti abrasivo de 500 HB, antes fue un promedio de 5008.9 horas con una inspección de 996.1 horas y después de la aplicación el tiempo de vida útil fue de 5423.6 horas con una inspección de 1348.9 horas.

4.3 Ventajas del reforzamiento con acero estructural A514 en los cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera.

**Tabla 4.**

*Distribución de vida útil con acero estructural A514 según tiempos e inspección (horas)*

|             | Antes                |                    | Después              |                    |
|-------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|             | Tiempo de uso(horas) | Inspección (horas) | Tiempo de uso(horas) | Inspección (horas) |
| Cucharón 1  | 4793                 | 1003               | 5146                 | 1331               |
| Cucharón 2  | 4621                 | 1081               | 5021                 | 1352               |
| Cucharón 3  | 4819                 | 991                | 5161                 | 1369               |
| Cucharón 4  | 4603                 | 1051               | 4943                 | 1309               |
| Cucharón 5  | 5178                 | 965                | 5478                 | 1415               |
| Cucharón 6  | 5344                 | 1051               | 5738                 | 1316               |
| Cucharón 7  | 5210                 | 910                | 5519                 | 1208               |
| Cucharón 8  | 4669                 | 896                | 5026                 | 1330               |
| Cucharón 9  | 4565                 | 1053               | 4897                 | 1484               |
| Cucharón 10 | 5275                 | 960                | 5645                 | 1375               |
| Promedio    | 4907.7               | 996.1              | 5257.4               | 1348.9             |

Nota: ficha de recolección de datos.

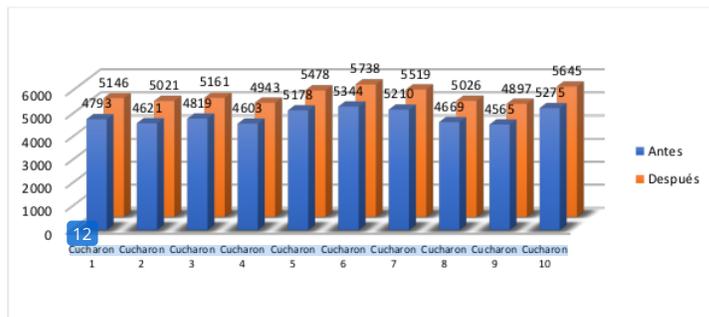


Figura 3. Distribución de vida útil con acero estructural A514 según tiempos e inspección (horas)

De los datos obtenidos, se observa que la vida útil de un cucharón de excavadoras hidráulicas en una minera aplicando acero estructural A514, antes fue un promedio de 4907.7 horas con una inspección de 996.1 horas y después de la aplicación el tiempo de vida útil fue de 5257.4 horas con una inspección de 1348.9 horas.

4.4. Análisis económico sobre cual plancha de refuerzo es factible para los cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera.

**Tabla 5.**

*Costo real del cucharon de excavadora nueva soles y vida útil*

|                                | Costo | Vida útil (horas) |
|--------------------------------|-------|-------------------|
| Cucharon de Excavadora (nuevo) | 49950 | 5000              |

Nota: ficha de recolección de datos.

**Tabla 6.**

*Costo de reparación del cucharon de excavadora*

| Descripción               | S/.           |
|---------------------------|---------------|
| Especialista              | S/. 2,500.00  |
| Presupuesto de reparación | S/. 13,750.00 |
| Sub total                 | S/. 16,250.00 |
| Total                     | S/. 16,250.00 |

Nota: ficha de recolección de datos.

**Tabla 7.**

*Costo de inversión de la propuesta de reparación del cucharon de excavadora nueva soles y vida útil*

| Descripción                        | S/.          |
|------------------------------------|--------------|
| 1 Hp laptop- Celeron 14" 500GB 2GB | S/. 1,100.00 |
| 2 Sillas, Giratorias acolchonadas  | S/. 350.00   |
| 2 Escritorio de melamina           | S/. 500.00   |
| 1 Impresora Hp                     | S/. 250.00   |
| Útiles de escritorio               | S/. 250.00   |
| 1 Millar de libretas Kanban        | S/. 100.00   |
| Inversión Total                    | S/. 2,550.00 |

Nota: ficha de recolección de datos.

**Tabla 8.**

*Costo de la reinversión inversión de la propuesta de reparación del cucharón de excavadora nueva soles y vida útil*

| Descripción                           | Vida útil (años) | Depreciación (soles) |        |
|---------------------------------------|------------------|----------------------|--------|
| 1 Hp laptop- Celeron 14"<br>500GB 2GB | 4                | S/.                  | 22.92  |
| 2 Sillas, Giratorias<br>acolchonadas  | 10               | S/.                  | 2.92   |
| 2 Escritorio de melamina              | 10               | S/.                  | 4.17   |
| 1 Impresora Hp                        | 4                | S/.                  | 5.21   |
| Total (Mes)                           |                  | S/.                  | 35.21  |
| Total (Año)                           |                  | S/.                  | 422.50 |
| Reinversión (4 años)                  |                  |                      |        |
| S/.                                   |                  |                      |        |
| 1,350.00                              |                  |                      |        |

**Tabla 9.**

*Costo del beneficio de la propuesta de reparación del cucharón de excavadora nueva soles y vida útil*

|   | Valores actuales | Valores mejorados | Ahorro        |
|---|------------------|-------------------|---------------|
| Beneficio de la<br>propuesta                    | S/. 49,950.00    | S/. 18,800.00     | S/. 31,150.00 |
| Total,<br>ingresos<br>ahorrados<br>por 10 palas |                  | S/. 311,500.00    |               |

**Tabla 10.**

**Cálculo del VAN y TIR de la reparación del cucharón de excavadora nueva soles y vida útil**

| año                           | ESTADO DE RESULTADOS |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|-------------------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                               | 0                    | 1              | 2              | 3              | 4              | 5              | 6              | 7              | 8              | 9              | 10             |
| Ingresos                      | S/. 311.900,00       | S/. 327.075,00 | S/. 343.428,75 | S/. 360.000,19 | S/. 376.630,20 | S/. 393.317,71 | S/. 410.062,72 | S/. 426.867,23 | S/. 443.731,24 | S/. 460.654,75 | S/. 477.637,76 |
| costos operativos             | S/. 16.250,00        | S/. 17.062,50  | S/. 17.915,63  | S/. 18.811,41  | S/. 19.751,98  | S/. 20.739,58  | S/. 21.776,55  | S/. 22.863,38  | S/. 24.000,65  | S/. 25.200,08  | S/. 26.475,29  |
| Depreciación activos          | S/. 422,50           | S/. 422,50     | S/. 422,50     | S/. 422,50     | S/. 422,50     | S/. 422,50     | S/. 422,50     | S/. 422,50     | S/. 422,50     | S/. 422,50     | S/. 422,50     |
| GAV                           | S/. 162,50           | S/. 170,25     | S/. 179,15     | S/. 189,14     | S/. 199,20     | S/. 210,42     | S/. 222,81     | S/. 236,36     | S/. 251,07     | S/. 266,94     | S/. 283,97     |
| utilidad antes de impuestos   | S/. 205.242,50       | S/. 207.883,75 | S/. 223.200,06 | S/. 239.485,14 | S/. 256.803,52 | S/. 275.125,67 | S/. 294.463,08 | S/. 314.815,85 | S/. 336.194,89 | S/. 358.610,91 | S/. 382.075,27 |
| Impuestos (30%)               | S/. 87.960,75        | S/. 92.365,13  | S/. 96.989,72  | S/. 101.845,54 | S/. 106.944,16 | S/. 112.297,70 | S/. 117.918,92 | S/. 123.821,21 | S/. 130.018,61 | S/. 136.525,87 | S/. 143.358,87 |
| utilidad después de impuestos | S/. 205.242,75       | S/. 215.518,63 | S/. 226.309,34 | S/. 237.639,60 | S/. 249.536,37 | S/. 262.027,97 | S/. 275.144,16 | S/. 288.916,15 | S/. 303.376,75 | S/. 318.500,37 | S/. 334.296,40 |

| Año                           | FLUJO DE CASH  |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                               | 0              | 1              | 2              | 3              | 4              | 5              | 6              | 7              | 8              | 9              | 10             |
| utilidad después de impuestos | S/. 205.242,75 | S/. 215.518,63 | S/. 226.309,34 | S/. 237.639,60 | S/. 249.536,37 | S/. 262.027,97 | S/. 275.144,16 | S/. 288.916,15 | S/. 303.376,75 | S/. 318.500,37 | S/. 334.296,40 |
| más depreciación              | S/. 422,50     |
| inversión                     | S/. -2.500,00  | S/. 0,00       |
|                               | S/. -2.500,00  | S/. 205.664,25 | S/. 215.941,13 | S/. 226.731,84 | S/. 237.639,60 | S/. 249.958,87 | S/. 262.566,66 | S/. 275.338,65 | S/. 288.809,25 | S/. 302.799,25 | S/. 318.082,87 |

|                        |                  |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|------------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Año                    | 0                | 1              | 2              | 3              | 4              | 5              | 6              | 7              | 8              | 9              | 10             |
| Flujo neto de efectivo | S/. -2.500,00    | S/. 205.664,25 | S/. 215.941,13 | S/. 226.731,84 | S/. 237.639,60 | S/. 249.958,87 | S/. 262.566,66 | S/. 275.338,65 | S/. 288.809,25 | S/. 302.799,25 | S/. 318.082,87 |
| VAN                    | S/. 1.003.679,11 |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| TIR                    | S/. 8070,26%     |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |

| Año          | ESTADO DE RESULTADOS |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|--------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|              | 0                    | 1              | 2              | 3              | 4              | 5              | 6              | 7              | 8              | 9              | 10             |
| Ingresos     | S/. 311.900,00       | S/. 327.075,00 | S/. 343.428,75 | S/. 360.000,19 | S/. 376.630,20 | S/. 393.317,71 | S/. 410.062,72 | S/. 426.867,23 | S/. 443.731,24 | S/. 460.654,75 | S/. 477.637,76 |
| Egresos      | S/. 105.833,75       | S/. 111.133,88 | S/. 116.696,91 | S/. 122.538,09 | S/. 128.671,33 | S/. 135.111,24 | S/. 141.873,13 | S/. 148.973,13 | S/. 156.428,12 | S/. 164.253,87 | S/. 172.375,29 |
| VAN Ingresos | S/. 1.503.066,30     |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| VAN Egresos  | S/. -500.000,00      |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
| BIC          | S/. 2.943            |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |

Se obtuvo un costo beneficio de la aplicación de S/2.943, obteniendo una ganancia en la reparación de los cucharones de las excavadoras.

#### 4.5. Influencia del tipo de plancha de refuerzo en la vida útil de cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera.

**Tabla 11.**

*Influencia de la vida útil según tiempos e inspección (horas)*

|             | Antes                |                    | Después              |                    |
|-------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|             | Tiempo de uso(horas) | Inspección (horas) | Tiempo de uso(horas) | Inspección (horas) |
| Cucharón 1  | 4981                 | 1108               | 5558                 | 1331               |
| Cucharón 2  | 4763                 | 1186               | 5424                 | 1352               |
| Cucharón 3  | 4941                 | 1096               | 5639                 | 1369               |
| Cucharón 4  | 4783                 | 1156               | 5440                 | 1309               |
| Cucharón 5  | 5323                 | 1070               | 5824                 | 1415               |
| Cucharón 6  | 5482                 | 1156               | 6182                 | 1316               |
| Cucharón 7  | 5387                 | 1015               | 6030                 | 1208               |
| Cucharón 8  | 4856                 | 1001               | 5534                 | 1330               |
| Cucharón 9  | 4719                 | 1158               | 5251                 | 1484               |
| Cucharón 10 | 5454                 | 1065               | 5955                 | 1375               |
| Promedio    | 5068.9               | 1101.1             | 5683.7               | 1348.9             |

Nota: ficha de recolección de datos.



Figura 4. Influencia de la vida útil según tiempos e inspección (horas)

De los datos obtenidos, se observa que la vida útil de un cucharón de excavadoras hidráulicas en una minera, antes fue un promedio de 5068.9 horas con una inspección de 1101.1 horas y después de la aplicación el tiempo de vida útil fue de 5683.7 horas con una inspección de 1348.9 horas.

**Tabla 12.**

*Contrastación de hipótesis de la influencia de la vida útil según tiempos e inspección (horas)*

|                    | 16<br>Diferencias emparejadas |                        |                               |   |           | t      | gl | Sig.<br>(bilateral) |
|--------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|---|-----------|--------|----|---------------------|
|                    | Media                         | Desviación<br>estándar | Media de<br>error<br>estándar | 95% de intervalo de<br>confianza de la diferencia |           |        |    |                     |
|                    |                               |                        |                               | Inferior  | Superior  |        |    |                     |
| Después<br>- Antes | 614.80000                     | 79.63221               | 25.18192                      | 557.83455   | 671.76545 | 24.414 | 9  | .000                |

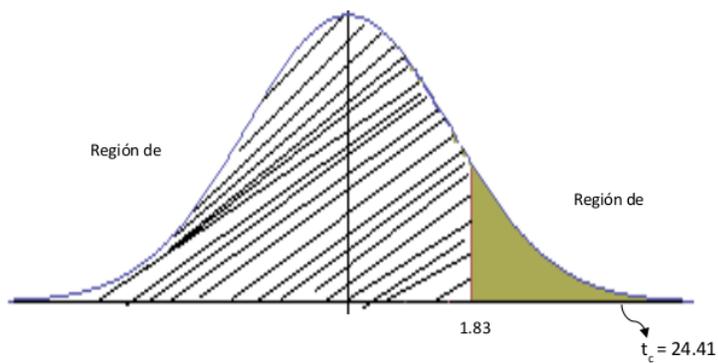


Figura 5. Contrastación de hipótesis de la influencia de la vida útil según tiempos e inspección (horas)

10

**Toma de decisiones:**

El valor  $t_c = 24.414 > t = 1.83$  y se ubica en la región de rechazo, por tanto, rechazamos  $H_0$  y aceptamos  $H_1: \mu_1 > \mu_2$ . Es decir que “El tipo de plancha de refuerzo si influye significativamente en la vida útil de cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera”.

#### IV. DISCUSIÓN

Como objetivo principal, el refuerzo de planchas de acero mejora la vida útil de cucharones de excavadoras hidráulicas, obteniendo un promedio de vida útil de 5068.9 horas con una inspección de 1101.1 horas antes del refuerzo y después el tiempo de vida útil fue de 5683.7 horas con una inspección de 1348.9 horas de trabajo, corroborándose con la contrastación de la hipótesis con un valor de T de Student de 24.414 y un valor de  $p=0.000$  a un nivel de significancia del 5%.

Para Fuentes (2018), menciona que, si no se reemplaza en el tiempo programado, afecta de forma directa en la estructura, generando costos y tiempos innecesarios; de tal forma aplicando los elementos finitos, se realizaron comparativas, mejorando las concentraciones de cargas, en los puntos críticos sometidos en desgaste. Y Nestares (2017), tuvo un incremento del 77% hasta el 85% en disponibilidad de las excavadoras; con una rentabilidad del 33% y con una disminución de maquinaria parada.

En cuanto al diagnóstico actual de la vida útil de un cucharón de excavadoras hidráulicas en una minera, mínimo es de 4719 horas y el máximo de 5482 horas, con un promedio de 5068.9 horas de vida útil y una inspección promedio de 1101.1 horas. Para reconstrucción de plancha base del cucharón pueden ser satisfactoriamente muy exitosas reparadas si se hallan en los inicios del desarrollo de desgastes siendo las partes más afectadas la parte inferior donde sufre excesivo desgaste.

Las inspecciones periódicas por parte de los inspectores hacen seguimiento del desgaste del cucharón para programar su mantenimiento por reparación del componente especialmente en la plancha base donde la abrasión desgasta los blindajes llevando consigo hasta la plancha base. Sufriendo abolladuras como deformaciones en el cucharón.



Figura 6. Cucharón para la reconstrucción de toda la base.

Para Callirgos y Pons (2018), se obtuvo la identificación del desgates de los dientes de la excavadora, almacenándola la base diariamente, e implementando un manual de mantenimiento y de operaciones, generando una rentabilidad positiva a la empresa.

Así mismo en la aplicación del acero anti abrasivo de 500 HB, antes del reforzamiento fue un promedio de 5008.9 horas con una inspección de 996.1 horas y después de la aplicación el tiempo de vida útil fue de 5423.6 horas con una inspección de 1348.9 horas.

Para la cual, en el proceso de reparación, se utilizó el equipo de oxicorte para hacer el corte de la plancha base dañada para su cambio con plancha nueva.

- Se debe trazar por áreas la base del cucharón para empezar el corte.
- Se debe verificar que el equipo de oxicorte este con todos sus accesorios y que este operativo. Colocamos biombos alrededor del componente.
- Se debe Contar con un extintor operativo.
- Se debe contar con un vigía de fuego.
- Se debe seccionar las partes del componente con el equipo de oxicorte.
- Se debe limpiar con amoladora, quitando todo tipo de deformaciones y rebabas de las partes cortadas, dejando listo para el plegado de la plancha nueva.
- Se debe colocar arriostres para que no pierda medidas el cucharón.
- Se corta la plancha nueva tomando las medidas de la parte cortada.
- Se emplea el proceso de soldadura es FCAW alambre tubular E 71-T1 de arco eléctrico.
- El blindaje de protección de la plancha base es de un espesor de 190 mm, un material anti abrasivo HB 500 resistente al a abrasión.



Figura 7. Cucharón reforzado con plancha anti desgaste 500 HB.

Así como Fernández (2016), al realizar los mantenimiento y reparaciones con soldaduras especiales, si hubo compatibilidad con la actividad, el cual logro la calidad esperada con las piezas soldadas. A comparación de Constantino (2020), en análisis de fatiga, se hayo desgaste en dos de ellos, aplicando una propuesta de solución para el reparo del desgaste del cucharón, mediante soldadura de electrodo de arco eléctrico 7018, aumentando su carga en puntos críticos, siendo una solución factible y resistente.

También, con la aplicación del acero estructural A514, antes fue un promedio de 4907.7 horas con una inspección de 996.1 horas y después de la aplicación el tiempo de vida útil fue de 5257.4 horas con una inspección de 1348.9 horas.



Figura 8. Cucharón reforzado con acero estructural A514.

Para Coloma (2017), un análisis aplicando los aceros AISI 1522 y FORA 450, teniendo en cuenta los soportes horizontales, soportes en X y los soportes verticales; con el material FORA 450 los resultados fueron los correctos, siendo factible, tanto en lo económico y técnico para una minera.

## V. CONCLUSIONES

Se concluye que el refuerzo de planchas de acero mejora la vida útil de cucharones de excavadoras hidráulicas, obteniendo un promedio de vida útil de 5068.9 horas con una inspección de 1101.1 horas antes del refuerzo y después el tiempo de vida útil fue de 5683.7 horas con una inspección de 1348.9 horas de trabajo, corroborándose con la contrastación de la hipótesis con un valor de T de Student de 24.414 y un valor de  $p=0.000$  a un nivel de significancia del 5%.

En cuanto al diagnóstico actual de la vida útil de un cucharón de excavadoras hidráulicas de una minera, mínimo es de 4719 horas y el máximo de 5482 horas, con un promedio de 5068.9 horas de vida útil y una inspección promedio de 1101.1 horas.

Así mismo en la aplicación del acero anti abrasivo de 500 HB, antes del reforzamiento fue un promedio de 5008.9 horas con una inspección de 996.1 horas y después de la aplicación el tiempo de vida útil fue de 5423.6 horas con una inspección de 1348.9 horas.

También, con la aplicación del acero estructural A514, antes fue un promedio de 4907.7 horas con una inspección de 996.1 horas y después de la aplicación el tiempo de vida útil fue de 5257.4 horas con una inspección de 1348.9 horas.

En cuanto al análisis económico, se obtuvo un ahorro por cucharón de S/. 31,150.00 y en cuanto a los diez cucharones un ahorro de S/. 311,500.00, con un costo beneficio de S/. 2.943, obteniendo una ganancia en la reparación de los cucharones de las excavadoras y siendo viable.

## VI.RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de planchas de refuerzo para proteger a la base, es recomendable el acero de alta dureza resistente para la abrasión es de 500 HB y los aceros de baja grados de dureza como el acero A514 estructural, deben usarse en zonas que no están sometidas al esfuerzo, impacto y abrasión por ejemplo en los laterales del cucharón son las partes que menos sufren.
2. También se debe conocer a detalle los procedimientos e instrucciones de seguridad para la realización de trabajos críticos de este tipo de máquina. Retroalimentarse cada día con información específica para la intervención de otros equipos. Conocer el lugar de trabajo sus peligros y riesgos.
3. Para empezar los trabajos de soldadura se debe asegurar que el componente este bien asegurado, debe estar sujeta o soldada un soporte en el extremo del cucharón fijado al piso para evitar que se dé vuelta el cucharón de forma inesperada, si no tomamos esta medida de control podríamos ser aplastados consigo la muerte; empleando el IPERC y con la autorización de supervisor de turno.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Callirgos , C., & Pons, F. (2018). Desarrollo de un sistema de monitoreo de desgaste de dientes para excavadoras Caterpillar modelo 336D orientada a la industria de la construcción. Lima-Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625129/Callirgos\\_LC.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625129/Callirgos_LC.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Coloma, S. (2017). Simulación de recuperación por método de elemento finito de cucharones para maquinaria de minería. Ecuador: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6993/1/65T00229.pdf>
- Constantino, D. (2020). Análisis de fallas en la determinación de las causas de desgaste del labio espada de un cucharón de excavadora hidráulica 320 CAT-Cajamarca 2020. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/56907/Constantino\\_GDE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/56907/Constantino_GDE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Fernandez , E. (2016). Soldadura de reparación y mantenimiento en equipo pesado con electrodos revestidos en la empresa IMOR TRACBOL. Bolivia: Universidad Mayor de San Andres. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/13714/P-1924-Fernandez%20Quispe%20Estanislao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fuentes , P. (2018). Análisis del desgaste en componentes de cargadores frontales, mediante modelos. *Revista chilena de ingeniería*, 26(4), 612-621. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v26n4/0718-3305-ingeniare-26-04-00612.pdf>
- Gonzalo, A. (2022). Eficacia, productividad, eficiencia, ¿sabes distinguir estos conceptos? España: Sage. <https://www.sage.com/es-es/blog/eficacia-productividad-eficiencia-asesoria-sabes-distinguir-estos-conceptos/>
- Gutierrez, E. (2021). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en una municipalidad. Trujillo: Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27099/Tesis.pdf?sequence=1>

- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2018). Metodología de la investigación. Mexico DF: Mc Graw Hill. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Nestares , H. (2017). Propuesta de análisis de fallas de las excavadoras para medir su rentabilidad en la empresa Brynajom S.R.L. Huancayo-Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3673/Nestares%20Rutti.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Organización Internacional del Trabajo. (2019). Trabajar en cualquier momento y en cualquier lugar: consecuencias en el ámbito laboral. Chile: Informe conjunto OIT–Eurofound. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/--ed\\_protect/--protrav/--travail/documents/publication/wcms\\_712531.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/--ed_protect/--protrav/--travail/documents/publication/wcms_712531.pdf)
- Synthec. (2021). La importancia de hacer mantenimiento al sistema de lubricación. Perú. <https://www.synthec.com.pe/blog/la-importancia-de-hacer-mantenimiento-al-sistema-de-lubricacion/>
- Tamayo, J. (2019). La industria de la minería en el Perú. Perú: Osinergmin. [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anos.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anos.pdf)

# **ANEXOS**

**Anexo 1: Instrumento de recolección de información**

|                  | Antes                |                    | Después              |                    |
|------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
|                  | Tiempo de uso(horas) | Inspección (horas) | Tiempo de uso(horas) | Inspección (horas) |
| 11<br>Cucharon 1 |                      |                    |                      |                    |
| Cucharon 2       |                      |                    |                      |                    |
| Cucharon 3       |                      |                    |                      |                    |
| Cucharon 4       |                      |                    |                      |                    |
| Cucharon 5       |                      |                    |                      |                    |
| Cucharon 6       |                      |                    |                      |                    |
| Cucharon 7       |                      |                    |                      |                    |
| Cucharon 8       |                      |                    |                      |                    |
| Cucharon 9       |                      |                    |                      |                    |
| Cucharon 10      |                      |                    |                      |                    |
| Promedio         |                      |                    |                      |                    |

**Anexo 2: Operacionalización de variables**

| <b>Variables</b>                            | <b>Definición conceptual</b>   | <b>Definición operacional</b>  | <b>Dimensiones</b> | <b>Indicadores</b>              | <b>Escala</b> |
|---|--|--|--------------------|---------------------------------|---------------|
| Independiente: Tipo de planchas de refuerzo | 5 Acero especial comprobado en condiciones extremas que requieren excelente resistencia a la abrasión y excelente dureza   | Se soldarán las planchas de refuerzo a los cucharones previamente examinados y recortados en la zona donde presentan fallas, reemplazando total o parcialmente la zona afectada. | Clasificación      | Planchas anti abrasivas 500 HB  | Nominal       |
| Dependiente: Vida útil de los cucharones    | 13 Es la duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para el cual ha sido creado. Normalmente se calcula en horas de duración | Se medirá la vida útil de los cucharones con uno y otro tipo de plancha de refuerzo  | Vida útil          | Planchas acero estructural A514 | Razón         |

Anexo 3: Matriz de consistencia

| Título: INFLUENCIA DEL TIPO DE PLANCHA DE REFUERZO SOBRE LA VIDA ÚTIL DE CUCHARONES DE EXCAVADORAS HIDRAULICAS DE UNA MINERA |  |   |                              |               |
|--|--|---|------------------------------|---------------|
| Pregunta   | Objetivos  | Hipótesis   | Variables                    | Dimensión     |
| ¿De qué manera influye el tipo de plancha de refuerzo en la vida útil de excavadoras hidráulicas de una minera?              | <p><b>Objetivo general:</b><br/>Determinar la influencia del tipo de plancha de refuerzo en la vida útil de excavadoras hidráulicas de una minera.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b><br/>Realizar un diagnóstico actual de la vida útil de los cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera.</p> <p>Determinar las ventajas del reforzamiento con acero anti abrasivo de 500 HB en los cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera.</p> <p>Determinar las ventajas del reforzamiento con acero estructural A514 en los cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera.</p> <p>Realizar un análisis económico sobre cual plancha de refuerzo es factible para los cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera.</p> | El tipo de plancha de refuerzo influye significativamente en la vida útil de cucharones de excavadoras hidráulicas de una minera. | Tipo de planchas de refuerzo | Clasificación |
|  |  |   | Vida útil de los cucharones  | Vida útil     |

**Enfoque:** Cuantitativo

**Tipo:** experimental

Diseño: pre experimental

Población: Esta investigación estará conformada por el número tal de 20 cucharones de excavadoras hidráulicas del área de mantenimiento de una empresa minera.

Muestra: Se considera la misma cantidad de la población, teniendo en cuenta que se sub dividirá en dos grupos siendo:

- Reforzados con Planchas anti abrasivas 500 HB; 10 cucharones
- Reforzados con Planchas de acero estructural A514; 10 cucharones

**Tipo de muestro:** No probabilístico – por conveniencia.

**Técnicas:** la observación

**Instrumentos:** ficha de registro

**Análisis de datos:** Tablas, gráficos,

Anexo 4: Informe de la reconstrucción y reforzamiento de cucharón de la excavadora PC 400

### **Reconstrucción de plancha base del cucharón de la excavadora pc 400**

Para reconstrucción de plancha base del cucharón pueden ser satisfactoriamente muy exitosas reparadas si se hallan en los inicios del desarrollo de desgastes siendo las partes más afectadas la parte inferior donde sufre excesivo desgaste

Las inspecciones periódicas por parte de los inspectores hacen seguimiento del desgaste del cucharón para programar su mantenimiento por reparación del componente especialmente en la plancha base donde la abrasión desgasta los blindajes llevando consigo hasta la plancha base. Sufriendo abolladuras como deformaciones en el cucharón. Con el fin de determinar el tipo de material que va a reemplazar la plancha base, para reparar se toma en cuenta las siguientes condiciones:

- Se lleva a lavadero para quitar todo el material que se encuentra pegado en el cucharón para poder determinar el grado de criticidad de desgaste.
- Se observa que el desgaste es crítico en la plancha base.
- Se verificó que el material base está completamente dañado se genera un OT orden de trabajo para el cambio del material base.

**Commented [DU1]:** TODAS LAS FOTOGRAFIAS DEBEN ESTAR IDENTIFICADAS SEGÚN NORMAS APA VERSION 7



Figura 9. Cucharón plancha base dañada.

### **Proceso de Reparación**

Se utiliza el equipo de oxicorte para hacer el corte de la plancha base dañada para su cambio con plancha nueva.

- Se debe trazar por áreas la base del cucharón para empezar el corte.

- Se debe verificar que el equipo de oxiacorte este con todos sus accesorios y que este operativo.
- Se debe colocar biombos alrededor del componente.
- Se debe Contar con un extintor operativo.
- Se debe contar con un vigía de fuego.
- Se debe seccionar las partes del componente con el equipo de oxiacorte.
- Se debe limpiar con amoladora, quitando todo tipo de deformaciones y rebabas de las partes cortadas, dejando listo para el plegado de la plancha nueva.
- Se debe colocar arriostres para que no pierda medidas el cucharón.
- Se corta la plancha nueva tomando las medidas de la parte cortada.
- Se emplea el proceso de soldadura es FCAW alambre tubular E 71-T1.
- El blindaje de protección de la plancha base es de un espesor de 190 mm, un material anti abrasivo HB 500 resistente al a abrasión.



Figura 10. Cucharón corte de plancha base dañada.



Figura 11. Cucharón colocado de arriostres en los extremos.



Figura 12. Cucharón con arriostres para colocar plancha.

- Se deja los arriostres soldados con la finalidad de que no se sierren los laterales para que no pierda las medidas originales del cucharón.
- Se debe retirar las rebabas que dejó el equipo de corte, con amoladora de 7" con disco de desbaste dejándolo listo para colocar la plancha nueva para su reconstrucción.

**Soldadura de plancha a la base de cucharón modelo pc 400 excavadora hidráulica**

- Se calienta con el equipo de corte gas la plancha para el rolado que va a asentar a la base del cucharón con la ayuda de un teclé.
- Asentado completamente la plancha a la base se procede a asegurar todo el contorno para proceder a soldar. entre los puntos (A) y (B)



Figura 13. Cucharón asentado de plancha base.



Figura 14. Cucharon calentado de plancha para rolado.



Figura 15. Cucharon con plancha rolada.

**Reforzamiento de la plancha base del cucharón, con planchas anti desgaste.**

**Procedimiento**

- Se prepara las planchas de reemplazo.
- Se marca las planchas nuevas que van ser soldadas a la base, como refuerzo en el cucharón
- Se debe cortar las planchas de acuerdo a las medidas anteriores, con el proceso oxígeno
- Se esmerila las rebabas dejadas por el corte con el equipo de oxígeno acetilénico.
- Se apuntala las planchas nuevas.
- Se debe soldar de continuo toda la estructura.



Figura 16. Cucharón con planchas de refuerzo anti desgaste en la base.

# Revision2

## INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 1 | <a href="https://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a><br>Fuente de Internet       | 2%  |
| 2 | <a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a><br>Fuente de Internet   | 2%  |
| 3 | <a href="https://repositorio.uct.edu.pe">repositorio.uct.edu.pe</a><br>Fuente de Internet   | 1%  |
| 4 | <a href="https://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | 1%  |
| 5 | <a href="https://multiaceros.cl">multiaceros.cl</a><br>Fuente de Internet                   | 1%  |
| 6 | <a href="https://repositorio.umsa.bo">repositorio.umsa.bo</a><br>Fuente de Internet         | 1%  |
| 7 | Submitted to Universidad Catolica de Trujillo<br>Trabajo del estudiante                     | 1%  |
| 8 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo<br>Trabajo del estudiante                            | <1% |
| 9 | Submitted to ECCI<br>Trabajo del estudiante   | <1% |

|    |  |      |
|----|--|------|
| 10 | <a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a><br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 11 | <a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a><br>Fuente de Internet                         | <1 % |
| 12 | <a href="http://dor.sd.gov">dor.sd.gov</a><br>Fuente de Internet                             | <1 % |
| 13 | <a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a><br>Fuente de Internet                       | <1 % |
| 14 | Submitted to Cliffside Park High School<br>Trabajo del estudiante                            | <1 % |
| 15 | <a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a><br>Fuente de Internet             | <1 % |
| 16 | <a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a><br>Fuente de Internet     | <1 % |
| 17 | Submitted to Universidad Católica San Pablo<br>Trabajo del estudiante                        | <1 % |
| 18 | <a href="http://www.dspace.unitru.edu.pe">www.dspace.unitru.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 19 | <a href="http://repositorio.upa.edu.pe">repositorio.upa.edu.pe</a><br>Fuente de Internet     | <1 % |
| 20 | <a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a><br>Fuente de Internet               | <1 % |
| 21 | <a href="http://www.clubensayos.com">www.clubensayos.com</a><br>Fuente de Internet           | <1 % |

22 [hdl.handle.net](http://hdl.handle.net) Fuente de Internet <1 %

---

23 [issuu.com](http://issuu.com) Fuente de Internet <1 %

---

24 [repositorio.ug.edu.ec](http://repositorio.ug.edu.ec) Fuente de Internet <1 %

---

25 [repositorio.ulasamericas.edu.pe](http://repositorio.ulasamericas.edu.pe) Fuente de Internet <1 %

---

26 [www.linguee.es](http://www.linguee.es) Fuente de Internet <1 %

---

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 10 words