



## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Mejora de la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, mediante la aplicación del estudio de métodos en la central hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca - 2018”

### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

Br. Ruiz Icanaque, David Sadot

ASESOR:

MSc. Seminario Atarama, Mario Roberto

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

Piura-Perú

2018

## **DEDICATORIA**

A mis padres, David y Rosa, por estar conmigo en todo momento, por su apoyo incondicional, por sus consejos para poder alcanzar mis objetivos. A mis hermanos quienes en todo momento creyeron en mí. A mi enamorada Estefania, por ser la persona que siempre me animó a seguir luchando por mis sueños, por enseñarme que nada es imposible y brindarme todo su amor y comprensión.

## **AGRADECIMIENTO**

A la universidad César Vallejo por la formación profesional, a mis maestros por brindarme su apoyo y conocimientos, a mis compañeros de trabajo por su apoyo y comprensión.

## PÁGINA DEL JURADO

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b>	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

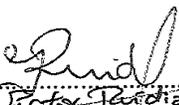
El Jurado en cargo de evaluar la tesis presentada por don (a) Ruiz Icañaque David Sedot.....  
 cuyo título es: Mejora de la Productividad en el Mantenimiento de los Intercambiadores de calor de los Generadores de Eje Vertical, Mediante la Aplicación del estudio de Métodos en la central Hidroeléctrica Cerrohuayón, Cajamarca - 2018.....

Reunido en fecha, escucho la sustentación y la resolución de preguntas por es estudiante, otorgándole el calificativo de: 16..... (número) Dieciséis..... (letras).

Trujillo (o Filial) Piura 22..... de Diciembre..... Del 2018

  
 .....  
**Mg. Saty Chiroge Ocaña**  
 PRESIDENTE

  
 .....  
**Mg. Leonardo Vallejos More**  
 SECRETARIO

  
 .....  
**Mg. Víctor Ferradas Alamo**  
 VOCAL



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Ruiz Icanaque David Sadot con DNI N°45235655, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presente en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Piura, diciembre 2018.



---

Ruiz Icanaque, David sadot  
DNI N° 45235655

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado, en acatamiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la tesis titulada “Mejora de la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, mediante la aplicación del estudio de métodos en la central hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca - 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial.

El documento consta de 7 capítulos, los que se detallan a continuación:

En el capítulo 1, se detallan las necesidades de mejorar la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, en la central hidroeléctrica Carhuaquero.

En el capítulo 2, se explica el método para el desarrollo de la presente investigación.

En el capítulo 3, se dan a conocer los resultados obtenidos de la presente investigación, en la que se buscó mejorar la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

En el capítulo 4, se desarrolla la discusión de la investigación con investigaciones parecidas a la presente.

En el capítulo 5, se dan a conocer las conclusiones de la investigación.

En el capítulo 6, se dan a conocer las recomendaciones del presente estudio.

En el capítulo 7, se presenta la bibliografía que fue de ayuda para desarrollar el presente proyecto de investigación.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

David Sadot Ruiz Icanaque

## ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado .....	iv
Declaratoria de Autenticidad .....	v
Presentación.....	vi
Índice .....	vii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.1. Realidad Problemática .....	11
1.2. Trabajos Previos .....	12
1.3. Teorías Relacionadas al Tema .....	15
1.4. Formulación del Problema .....	21
1.4.1. Pregunta General .....	21
1.4.2. Preguntas Específicas .....	21
1.5. Justificación del Estudio .....	22
1.6. Hipótesis.....	23
1.6.1. Hipótesis General .....	23
1.6.2. Hipótesis Específicas.....	23
1.7. Objetivos .....	23
1.7.1. Objetivo General .....	23
1.7.2. Objetivos Específicos .....	24
<b>II. MÉTODO .....</b>	<b>25</b>
2.1. Diseño de Investigación .....	25
2.2. Variables, Operacionalización .....	26
Tabla N°1. Operacionalización de Variables .....	27
2.3. Problación y Muestra .....	28
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad .....	28
2.5. Método de Análisis de Datos .....	29
2.6. Aspectos Éticos.....	29
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>

Tabla N°2. Productividad, Mantenimiento de Intercambiador de Calor.....	30
Tabla N°3. Eficiencia, Mantenimiento de Intercambiador de Calor.....	31
Tabla N°4. Eficacia, Mantenimiento de Intercambiador de Calor.....	31
Tabla N°5. Efectividad, Mantenimiento de Intercambiador de Calor.....	32
Tabla N°6. Prueba de Hipótesis de Muestras Relacionadas, Productividad.....	33
Tabla N°7. Prueba de Hipótesis de Muestras Relacionadas, Eficiencia .....	33
Tabla N°8. Prueba de Hipótesis de Muestras Relacionadas, Eficacia .....	34
Tabla N°9. Prueba de Hipótesis de Muestras Relacionadas, Efectividad.....	35
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>46</b>
Anexo N°1. Matriz de Consistencia .....	46
Anexo N°2. Instrumento de Recolección de Datos.....	48
Anexo N°3. Pruebas de Normalidad.....	50
Anexo N°4. Validación de los Instrumentos de Recolección de Datos .....	51
Anexo N°5. Desarrollo del Producto de Ingeniería.....	57
Anexo N°6. Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis .....	68
Anexo N°7. Pantallazo de Software Turnitin .....	69
Anexo N°8. Autorización de Publicación de Tesis .....	70
Anexo N°9. Autorización de la Versión Final del Trabajo de Investigación .....	71

## RESUMEN

En la central hidroeléctrica Carhuaquero en Cajamarca, se realizan trabajos para mantener operativos los equipos, de los cuales se ha elegido el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical para mejorar la productividad por que se necesita optimizar los recursos para realizar los trabajos buscando aumentar la eficiencia, eficacia y efectividad. La presente investigación tuvo como objetivo general, mejorar la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical mediante la aplicación del estudio de métodos en la central hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca – 2018. La cual busca mejorar el método de trabajo, facilitar las actividades que realizan los operarios en el mantenimiento. La población de estudio estuvo conformada por el total de los intercambiadores de calor (3 unidades), la investigación se realizó entre los meses de julio a octubre de 2018, el trabajo de investigación se basó en 2 etapas: la primera consistió en realizar pruebas antes de la aplicación del estudio de métodos, la segunda consistió en realizar pruebas después de la aplicación del estudio de métodos. Se realizó un nuevo método de trabajo, disminuyendo el tiempo para realizar el mantenimiento, la productividad en los intercambiadores de calor mejoró un 4.1108%, la eficiencia disminuyó un 14 %, la eficacia aumentó un 12.6 % y la efectividad disminuyó un 25%.

Palabras claves: Productividad, eficiencia, eficacia, efectividad, estudio de métodos, intercambiadores de calor.

## ABSTRACT

At the Carhuaquero hydroelectric plant in Cajamarca, work is being carried out to keep the equipment operational, from which the maintenance of the heat exchangers of the vertical axis generators has been chosen to improve productivity, because it is necessary to optimize the resources to carry out the works, seeking to increase efficiency, effectiveness and effectiveness. The present research had as general objective, to improve the productivity in the maintenance of the heat exchangers of the generators of vertical axis by means of the application of the study of methods in the hydroelectric power station Carhuaquero, Cajamarca – 2018. Which looks for to improve the method of work, facilitate the activities that operators perform in maintenance. The study population consisted of the total heat exchangers (3 units), the research was conducted between the months of July to October 2018, the research work was based on 2 stages: the first was to perform tests before of the application of the study of methods, the second consisted in carrying out tests after the application of the study of methods. A new work method was carried out, decreasing the time to perform the maintenance, productivity in the heat exchangers improved by 4.1108%, efficiency decreased by 14%, efficiency increased by 12.6% and effectiveness decreased by 25%.

Keywords: Productivity, efficiency, efficacy, effectiveness, study of methods, heat exchangers.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

En el Perú, para el 2018, el riesgo que amenaza al sector eléctrico es el exceso de generación eléctrica debido al incremento de centrales de generación eléctrica y el lento crecimiento del país: incremento de oferta y poca demanda en el sector eléctrico. En la central hidroeléctrica Carhuaquero en Cajamarca se viene buscando mejorar los procesos de mantenimiento para reducir las paradas y seguir generando energía eléctrica.

En Carhuaquero se vienen realizando trabajos de mantenimiento, para salvaguardar operativos los equipos en los 5 generadores: 3 de eje vertical y 2 de eje horizontal.

Cruelles (2013) Refiere que: “La productividad es una medida para hallar el nivel de beneficio de los componentes que influyen en el desarrollo de un producto; la dirección de la productividad se hace indispensable. Si la productividad es mayor en una empresa, los costos de producción serán menor, por ello incrementará nuestra competitividad en el mercado; es decir es una medida de la conexión que existe entre los insumos empleados o la cantidad de elementos para realizarla y la producción realizada” (p.10-11).

Desde el inicio de la generación de la hidroeléctrica a la fecha 2018, en épocas de lluvias (enero a marzo), el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores se incrementa de 1 vez al mes a 2 veces por semana, por la obstrucción de sedimentos debido a la calidad de agua del río que se toma para la refrigeración de los generadores.

Para realizar el mantenimiento de los intercambiadores de calor es necesario parar las unidades de generación que se van a intervenir. En “ORAZUL ENERGY” se viene trabajando en la productividad de sus operaciones, sin dejar de lado la eficacia con la que se realizan los mantenimientos, mejorando los procesos de trabajos, siendo

eficientes y efectivos en el desarrollo de estos.

Para realizar el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, se ha reportado que existe dificultad para realizar el trabajo ya que las tapas de los intercambiadores abren solo hasta donde le permite la longitud de los espárragos, el espacio es muy estrecho, lo cual causa demoras, demandando mayor cantidad de horas para el mantenimiento e incrementando el tiempo fuera de servicio de los generadores. En más de una ocasión se programan para las amanecidas, el mantenimiento para los 3 intercambiadores, los cuales se cumplen en el límite de tiempo y otras veces no se cumple lo programado. Toda organización tiene como categoría saliente a la productividad.

De continuar así, aumentaría el tiempo para realizar los mantenimientos de los intercambiadores de calor, incrementando el tiempo fuera de servicio de los generadores, conllevando a pérdidas financieras al no poder cumplir con el contrato establecido.

El problema antes descrito nos lleva a considerar importante mejorar de la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, mediante la aplicación del estudio de métodos en la Central Hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca. Con la finalidad de aplicar las mejoras que permitan optimizar las operaciones, aumentando la eficiencia y eficacia para realizar el mantenimiento de los intercambiadores de calor.

## **1.2. Trabajos previos**

Guaraca (2015). Uno de sus objetivos fue determinar la productividad en el sector de prensado, en la empresa de frenos automotrices Egar S.A. La muestra se realizó 11 veces al obrero de la sección de prensado. El diseño fue una investigación experimental. Uno de sus resultados fue el aumento de la productividad en 25% por hora hombre. Una de sus conclusiones fue que con el nuevo método se aumenta el uso

del equipo del 49% al 69%, identificando en el método antiguo las actividades que restringen la productividad en el prensado de pastillas.

Arana (2014). Uno de sus objetivos fue determinar la productividad en la sección de producción de carteras. El diseño fue una investigación experimental. Uno de sus resultados fue la disminución en el tiempo de fabricación del producto modelo, de 110.05 minutos a 92.08 minutos, mejorando un 16%. Una de las conclusiones fue el aumento de 1.01% a la productividad inicial, incrementando la efectividad en un 31%. Una de sus recomendaciones fue efectuar una valoración de ambiente laboral para todas las áreas de la organización con el propósito de mejorar las relaciones en los equipos de trabajo.

Téllez (2008). Uno de los objetivos fue determinar la efectividad en el centro especializado de servicios automotores Marcelo Muñoz. La muestra fueron los ingresos y gastos analizados en los periodos junio – diciembre de los años 2007 y 2008. El diseño fue una investigación descriptiva. Uno de los resultados fue la disminución de la efectividad en un promedio de 18.05%, ocasionando un incremento en el nivel de ventas y de activos fijos tangibles. Una de las conclusiones fue que la efectividad es deteriorada por la disminución de la productividad, lo que afecta a la eficiencia y eficacia.

Romero (2016). Uno de los objetivos fue determinar la eficiencia mediante la aplicación del estudio del trabajo en la sección de confitado de la compañía Provocaditos S.A.C, Lima 2016. La muestra fueron todas las unidades producidas en el periodo de 30 días. El diseño fue una investigación cuasi experimental. Uno de los resultados fue la mejora de la eficiencia luego de aplicar del estudio de métodos, el resultado inicial era de 0.80 y después de la aplicación del estudio fue de 0.93. Una de sus conclusiones fue el incremento de la eficiencia en un 16.25%. Una de sus conclusiones fue supervisar de manera constante todas las líneas de producción, para identificar los cuellos de botella que retrasen la producción.

Rojas (2017). Uno de los objetivos fue determinar la eficiencia aplicando el estudio del trabajo en los servicios de mantenimiento de la empresa Flashman S.A.C., Lima 2017. La muestra fue la producción de los servicios de mantenimiento realizados en el periodo de 60 días a los buses del servicio Metropolitano de Lima. Uno de los resultados se apreció en la media de eficiencia, antes de la mejora fue de 1.2085 y después de la mejora fue de 1.2083. Una de las conclusiones fue que según los resultados de la prueba Wilcoxon, la eficiencia no mostró variación quedando en 1.21%. Una de las conclusiones fue aplicar los nuevos métodos de trabajo para realizar la limpieza integral de los buses para tener un buen control del personal.

Gonzales (2017). Uno de los objetivos fue establecer en qué medida incrementa la eficacia aplicando la mejora continua en el servicio de mantenimiento de equipos en la empresa Corporación de Ingeniería Arnao S.A. La muestra fueron todos los equipos de la empresa. El diseño es una investigación experimental. Uno de los resultados se dio en la realización del mantenimiento preventivo, fluctuando la eficacia entre 76% y 84%. Una de las conclusiones es el aumento de la eficacia en un 8%. Una de las recomendaciones fue que seguir supervisando el desarrollo de las actividades para verificar el desempeño de los trabajos en el tiempo programado, para mejorar la eficacia.

Reina (2017). Uno de los objetivos fue determinar la eficacia mediante la ingeniería de métodos en el sector de producción de la Editorial Macro. La muestra fue la producción diaria analizada en 3 meses. El diseño fue una investigación experimental. Uno de los resultados fue que la ingeniería de métodos mejora la eficacia en el sector de producción de la empresa Editorial Macro. Una de sus conclusiones fue que con el estudio de métodos se identificó que el proceso inicial tenía 47% de actividades improductivas y mejorando las actividades del proceso sólo el 6% eran improductivas. Una de las recomendaciones fue la comunicación con los operarios sobre las mejoras alcanzadas a la producción mensual, para que muestren su compromiso con la mejora continua del proceso productivo, el reconocimiento de un incentivo adicional y felicitaciones por la gerencia.

### 1.3. Teorías relacionadas al tema

Las teorías que se relacionan y sustentan el trabajo de investigación están constituidos por dos variables: variable independiente: estudio de métodos; variable dependiente: productividad.

Con respecto al estudio de métodos existen varios autores: Gabriel Baca, Benjamín Niebel y Andris Freivalds, Lee Krajewsky, Larry Ritzman, Manoj Malhota, Roberto García, George Kanawaty, Alfredo Caso, Edmundo Guajardo, Francisco Miranda, Antonio Chamorro, Sergio Rubio y Humberto Gutiérrez, los cuales ayudaron al desarrollo de este proyecto.

Con respecto a la productividad existen varios autores: Humberto Gutiérrez, George Kanawaty, José Cruelles, Luis Mejía, los cuales ayudaron al desarrollo de este proyecto.

**El estudio de métodos** se basa en tomar datos y realizar una evaluación objetiva de la manera de realizar las actividades, con la finalidad de ver los cambios que mejorarán el rendimiento de los trabajadores y la calidad de las tareas realizadas (Baca, 2011, p.213).

La utilidad del estudio de métodos nos indica que las oportunidades de ahorro y las mejoras que se realizan en la productividad nunca terminan. La tecnología hace que los países desarrollados mantengan su competitividad con respecto a los países en desarrollo (Niebel y Freivalds, 2009, p.4). Además, este estudio nos proporciona resultados de manera rápida, porque nos facilita localizar los problemas y buscar la solución. Es una manera de mejorar la productividad mediante el reordenamiento del trabajo (Kanawaty, 1996, p.17-18).

Los objetivos del estudio de métodos nos permiten estudiar de manera sistemática las actividades con la finalidad de perfeccionarlos, para comprender el proceso y evaluar cada aspecto, siendo los más importantes (Krajewsky, Ritzman y Malhota, 2008, p.142):

- Eliminar materiales o servicios costosos.
- Suprimir actividades que no generan valor.
- Mejorar la seguridad de cada puesto de trabajo.
- Optimizar la satisfacción del cliente.
- Reducir retrasos.

En el estudio del trabajo se identifican actividades que no agregan valor productivo y es necesario reducir tiempos muertos para lograr mejorar la productividad, esto se logra analizando los procesos por medio de representaciones gráficas (Puerta, 1979, p.39).

$$AAV = \frac{\text{Actividades AV}}{\text{Total de actividades}} \times 100\%$$

Dónde:

AAV: Actividades que agregan valor del DAP.

Total de Actividades: Total de actividades del DAP.

El desarrollo de este proceso nos permite evaluar y registrar cómo se realiza la actividad, para realizar las mejoras necesarias (García, 2005, p.36).

Las etapas del estudio de trabajo son:

Realizar la selección del trabajo que será analizado, significa establecer prioridades para ser resueltas lo más urgente y que tendrán mayor impacto en la organización, considerando costos, factores técnicos y humanos, la prioridad se puede determinar por medio del análisis de Pareto (Baca, 2011, p.213).

Registrar todos los detalles del trabajo del método actual, por medio de la observación directa, para identificar a detalle de cómo se realiza el proceso. Para facilitar el registro de la información, se usan diagramas de procesos con simbología estándar (García, 2005, p.37).

- ✓ El diagrama de Análisis de Procesos (DAP)

Es la representación gráfica de las inspecciones, demoras, transporte,

almacenamiento y operaciones durante el proceso que nos ayuda a identificar y analizar los costos y distancia recorrida (Baca, 2011, p.216).

Analizar los detalles del trabajo con la técnica del interrogatorio ya que es un método importante porque nos permite encontrar la mayor cantidad de posibles soluciones, dependiendo del aspecto que vamos a investigar:

- ✓ Propósito: estas preguntas se realizan con el fin de descartar partes innecesarias del trabajo. ¿Qué y por qué hay que hacerlo?
- ✓ Lugar: estas preguntas se realizan con el fin de unir cuando sea posible u ordenar de nuevo el curso de las operaciones para conseguir mejores resultados. ¿Dónde y por qué se hace allí?
- ✓ Sucesión: estas preguntas se realizan con el fin de unir cuando sea posible u ordenar de nuevo el curso de las operaciones para conseguir mejores resultados. ¿Cuándo y por qué se hace en ese momento?
- ✓ Persona: estas preguntas se realizan con el fin de unir cuando sea posible u ordenar de nuevo el curso de las operaciones para conseguir mejores resultados. ¿Quién y por qué lo hace esa persona?
- ✓ Medios: estas preguntas se realizan con el fin de abreviar la operación. ¿Cómo y por qué se hace de ese modo?

Estas interrogantes se deben hacer cada vez que se realiza un estudio de métodos, porque las respuestas nos van a dar nuevas soluciones a la misma actividad (Huertas y Domínguez, 2015, p.99).

Desarrollar el nuevo método de trabajo, según los resultados obtenidos. Las acciones obtenidas nos permiten eliminar, cambiar, reorganizar o simplificar el trabajo de una manera más fácil y rápida (García, 2005, p.38).

Se debe instruir a los trabajadores, el nuevo método debe ajustarse a las necesidades de trabajo requeridas, por lo que es conveniente comunicar a todas las partes interesadas, especialmente a los que ejecutarán el trabajo. Es importante entrenar y capacitar al personal en el nuevo método de trabajo (Baca, 2011, p.222).

Realizada la secuencia anterior, se implanta el nuevo método, con supervisión de todo el personal involucrado (García, 2005, p.39). Además, el método implantado al inicio puede mostrar baja productividad y desempeño, hasta que el operario adquiera la

habilidad y destreza (Baca, 2011, p.223).

La medición del trabajo es una técnica que nos va a permitir determinar, investigar y estimar de manera crítica, el tiempo que se emplea para desarrollar las operaciones para luego mostrarlas (Kanawaty, 1996, p.77).

El tiempo estándar es el tiempo recomendable para realizar las actividades a un ritmo normal, es decir: es el tiempo que un trabajador competente requiere para realizar una labor, operación o actividad, a un ritmo de trabajo normal (Caso, 2004, p.20).

$$TE = TNx(1 + S)$$

Dónde:

TE: Tiempo estándar

TN: Tiempo normal

S: Suplementos

Las herramientas de calidad nos permiten reunir y analizar los datos para tomar decisiones y resolver problemas (Guajardo, 1996, p.145). La obtención de datos se realiza por medio de formatos u hojas de verificación de fácil comprensión, los cuales facilitan los seguimientos y sirven como fuentes de datos posteriores (Miranda, Chamorro y Rubio, 2007, p.82).

**La productividad** puede determinarse como la relación entre producción e insumo (Kanawaty, 1992, p.4). Los recursos utilizados y la producción alcanzada mediante un sistema productivo son factores que se relacionan con la productividad. Es la correlación entre los factores utilizados para obtener una producción determinada en un periodo establecido. En una empresa se relaciona con la eficiencia económica y técnica. El precio de los factores de producción influye en la elección para elaborar un producto cuando existen varias combinaciones posibles (Gutiérrez 2014, p.20).

*Productividad = Eficiencia x Eficacia*

$$Efectividad = \frac{\left( \frac{\text{Puntaje de eficiencia} + \text{Puntaje de eficacia}}{2} \right)}{\text{Máximo puntaje}}$$

La cuantificación de la mejora se puede llevar a cabo por: estudio de métodos y tiempos 10 – 50%, Mejora de procesos 5 – 20%, Uso de simuladores de la carga y capacidad de trabajo 20 – 30% (Cruelles, 2014, p.65).

La eficiencia es usar los recursos de la mejor manera y evitar que no existan sobrantes de estos. Es la relación que se obtiene del resultado obtenido y los recursos utilizados (Gutiérrez, 2014, p.20).

$$E = \frac{TU}{TT} \times 100\%$$

Dónde:

E: Eficiencia

TU: Tiempo útil

TT: Tiempo total

La eficacia es la capacidad de lograr los efectos deseados o esperados con el mínimo de recursos (Gutiérrez, 2014, p.21).

$$E = \frac{UP}{TU} \times 100\%$$

Dónde:

E: Eficacia

UP: Unidades producidas

TU: Tiempo útil

La efectividad es el logro de ser eficiente y eficaz, es decir hacer lo indicado con gran precisión sin derrochar recursos (Mejía, p.2).

EFICACIA		EFICIENCIA		EFFECTIVIDAD
$RA/RE$		$\frac{RA}{CA} * TA$ $\frac{RE}{CE} * TE$		$(\text{Puntaje eficiencia} + \text{Puntaje eficacia})$ $\frac{\quad}{2}$ $\frac{\quad}{\text{Máximo puntaje}}$
RANGOS	PUNTOS	RANGOS	PUNTOS	
0 – 20%	0	Muy eficiente		
21 – 40%	1	> 1	5	La efectividad se
41 – 60%	2	Eficiente = 1		expresa en
61 – 80%	3		3	porcentaje (%)
81 – 90%	4	Ineficiente < 1		
> 91%	5		1	

Dónde:

R: Resultado

C: Costo

A: Alcanzado

T: Tiempo

E: Esperado

### Central hidroeléctrica Carhuaquero:

Está ubicada en el norte de Perú, a 377 metros sobre el nivel del mar en el departamento de Cajamarca, provincia de Chota, distrito de Llama, al margen del río Chancay. En 1980, Electroperú inició su construcción, en 1991 entró en operación con 75 Megawatts (MW) de potencia instalada. Diseñada con tres turbinas Pelton de eje vertical, con capacidad de 25 Megawatts cada una.

El caudal del agua que llega a las turbinas en casa de máquinas es de 22.2 metros cúbicos por segundo, desde el embalse de agua en Cirato, por medio del túnel de aducción de 13.5 kilómetros de longitud, luego por una estructura vertical, el pique de 350 metros de longitud, finalizando en el túnel de presión de 600 metros de longitud,

la caída total desde Cirato hasta casa de máquinas es de 475 metros. La estructura de casa de máquinas es de concreto armado. La energía eléctrica que se genera en la central es transportada por la línea de transmisión a 220 Kilowatts (KV) de 85 kilómetros de longitud y 150 Megawatts de capacidad, hasta la subestación de Chiclayo Oeste, alimentando al sistema eléctrico interconectado nacional.

En 1996, es privatizada por la empresa Dominion Energy, en 1998 se amplió su potencia a 95 Megawatts, modificando las turbinas y aumentando el diámetro de las boquillas de los inyectores (para incrementar el diámetro del chorro).

En 1999 es transferida a la empresa Duke Energy Egenor, en noviembre del 2007 se amplió el proyecto Carhuaquero IV con 10 Megawatts, diseñada con una turbina Pelton, el caudal de agua que llega a la turbina es de 2.45 metros cúbicos por segundo, luego en abril del 2010 se amplió el proyecto Carhuaquero V con 5.7 Megawatts, diseñada con una turbina Kaplan, el caudal de agua que llega a la turbina es de 20 metros cúbicos por segundo, emplea las aguas turbinadas de Casa de máquinas y Carhuaquero IV y en 2017 la transfirió a I Squared Capital, creando Orazul Energy Perú. La potencia instalada de la central hidroeléctrica es de 111 Megawatts.

## **1.4. Formulación del Problema**

### 1.4.1. Pregunta general

¿Cómo aplicar el estudio de métodos para mejorar la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, en la Central Hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca - 2018?

### 1.4.2. Preguntas específicas

¿Cómo aplicar el estudio de métodos para aumentar la eficiencia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical?

¿Cómo aplicar el estudio de métodos para aumentar la eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical?

¿Cómo aplicar el estudio de métodos para aumentar la efectividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical?

### **1.5. Justificación del estudio**

Dentro de la generación de energía eléctrica en la Central Hidroeléctrica Carhuaquero, debido a la competencia que existe en el mercado, se está buscando mejorar la productividad de los trabajos que se realizan, reduciendo el tiempo de mantenimiento y aumentando así la disponibilidad de los generadores de energía eléctrica.

Es pertinente, porque busca encontrar la solución a los contratiempos que afectan a la productividad en los mantenimientos de los intercambiadores de calor de los generadores 1, 2 y 3. Asimismo se pueden mejorar las actividades que se realizan y pueden ser replicadas en generadores eléctricos cuyo sistema de refrigeración sea similar.

Es importante, porque la investigación busca disminuir los tiempos en los mantenimientos que se realizan, empleando métodos y herramientas que pueden ser pilotos para los diferentes sistemas que hay en los generadores eléctricos dentro de la central hidroeléctrica.

En la meta de la organización se verá reflejado lo anteriormente expuesto en cuanto a disponibilidad de los generadores, existirá un beneficio económico para los trabajadores, aumentando la disponibilidad de la central hidroeléctrica, mejorando la utilidad de la empresa y mejorando el servicio de mantenimiento.

## **1.6. Hipótesis**

### 1.6.1. Hipótesis general

La aplicación del estudio de métodos mejora la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical en la Central hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca – 2018.

### 1.6.2. Hipótesis específicas

La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la eficiencia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la efectividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

## **1.7. Objetivos**

### 1.7.1. Objetivo general

Mejorar la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical mediante la aplicación del estudio de métodos en la Central Hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca – 2018

### 1.7.2. Objetivos específicos

Aumentar la eficiencia con la aplicación del estudio de métodos en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

Aumentar la eficacia con la aplicación del estudio de métodos en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

Aumentar la efectividad con la aplicación del estudio de métodos en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño de Investigación**

#### **Tipo de investigación**

Sierra (1994), manifiesta que: “La investigación cuantitativa se basa de manera predominante, en los aspectos susceptibles y objetivos de cuantificación del fenómeno o hechos” (p.32).

La investigación desarrollada es de categoría cuantitativa, porque nos proporcionó conocer los resultados exactos obtenidos mediante un estudio de métodos en el desarrollo del mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical en la Central Hidroeléctrica Carhuaquero.

#### **Nivel de investigación**

Arias (2012), manifiesta que: “La investigación experimental es una transformación que consiste en someter a un grupo de individuos o un objeto, a determinadas situaciones, estímulos o procedimientos (variable independiente), para evidenciar los efectos o reacciones que causan (variable dependiente)” (p.34).

La investigación desarrollada es de categoría experimental porque se manipuló el proceso que se realiza actualmente con una mejora para observar cambios en la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical en la central hidroeléctrica Carhuaquero.

#### **Diseño**

Valderrama (2013), manifiesta que: “Los diseños cuasi experimentales tratan intencionadamente al menos una variable independiente para ver su consecuencia y relaciones con una y más variables dependientes” (p.65).

El diseño empleado es cuasi experimental, ya que se evaluó la variable mediante un pre y post análisis para ver la mejora en la productividad. Siendo el esquema utilizado:

$$G_1 \quad O_1 \quad \boxtimes \quad O_2$$

Dónde:

G<sub>1</sub>: Mantenimiento de los intercambiadores de calor.

O<sub>1</sub>: Productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor antes de la implementación del estudio de métodos.

X: Estudio de métodos.

O<sub>2</sub>: Productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor después de la implementación del estudio de métodos.

## **2.2. Variables, operacionalización**

Las variables consideradas en la presente investigación son “Estudio de métodos” como variable independiente y “Productividad” como variable dependiente. La operacionalización de las variables se describe en la tabla N°1.

Tabla N°1: Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Estudio de Métodos (Independiente)	Baca (2011) manifiesta que: “El estudio de métodos es tomar datos y realizar una evaluación objetiva de la manera de realizar las actividades, con el propósito de ver los cambios que mejorarán el producto de los trabajadores y la calidad de los trabajos realizados” (p.213).	$AAV = \frac{\text{Actividades AV}}{\text{Total de actividades}} \times 100\%$ <p>AAV: Actividades que agregan valor del DAP. Total de Actividades: Total de actividades del DAP</p>	Estudio del trabajo	Índice de actividades que agregan valor	Razón
		$TE = TN \times (1 + S)$ <p>TE: Tiempo estándar TN: Tiempo normal S: Suplementos</p>	Medición del trabajo	Tiempo estándar	Razón
		$E = \frac{TU}{TT} \times 100\%$ <p>E: Eficiencia TU: Tiempo útil TT: Tiempo total</p>	Eficiencia	Eficiencia	Razón
Productividad (Dependiente)	Gutiérrez (2014), manifiesta que “Los recursos utilizados y la producción alcanzada son factores que se relacionan con la productividad” (p.20).	$E = \frac{UP}{TU} \times 100\%$ <p>E: Eficacia UP: Unidades producidas TU: Tiempo útil</p>	Eficacia	Eficacia	Razón
		$\frac{(\text{Puntaje eficiencia} + \text{Puntaje eficacia})}{2}$ <p>Máximo puntaje</p>	Efectividad	Efectividad	Razón

Fuente: Elaboración propia

### **2.3. Población y muestra**

En el presente trabajo de investigación, la población fue formado por el total de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical (3 unidades).

Para la muestra en el trabajo de investigación, se trabajó con el total de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical (3 unidades). No se realizó muestreo, por ser una pequeña población.

### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

Para determinar la eficiencia en los mantenimientos de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, se vale de la técnica de la observación y el análisis documental en el periodo de Julio a Octubre de 2018, como instrumento se cuenta con el formato de mantenimiento de intercambiadores de calor (Anexo N°2).

Para determinar la eficacia en los mantenimientos de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, se vale de la técnica de la observación y el análisis documental en el periodo de Julio a Octubre de 2018, como instrumento se cuenta con el formato de mantenimiento de intercambiadores de calor (Anexo N°2).

Para determinar la efectividad en los mantenimientos de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, se vale de la técnica de la observación y el análisis documental en el periodo de Julio a Octubre de 2018, como instrumento se cuenta con el formato de mantenimiento de intercambiadores de calor (Anexo N°2).

La validez del instrumento se realizó por discernimiento de tres expertos, mediante el formato de mantenimiento de intercambiadores de calor, cuyas constancias de validación se encuentran en el anexo N°4. Los datos fueron recolectados dentro del mantenimiento de los intercambiadores de calor, registrando el tiempo que se emplea para la actividad, el cual se registrará en el formato (Anexo N°2).

## **2.5. Método de análisis de datos**

Para el indicador de eficiencia se aplicó la prueba estadística T-Student para muestras relacionadas, luego los datos fueron procesados en tablas del programa Microsoft Excel con el fin poder interpretar los resultados.

Para el indicador de eficacia se aplicó la prueba estadística T-Student para muestras relacionadas, luego los datos fueron procesados en tablas del programa Microsoft Excel con el fin poder interpretar los resultados.

Para el indicador de efectividad se aplicó la prueba estadística T-Student para muestras relacionadas, luego los datos fueron procesados en tablas del programa Microsoft Excel con el fin poder interpretar los resultados.

## **2.6. Aspectos éticos**

La siguiente investigación fue el resultado del esfuerzo y dedicación del investigador. Respetando la propiedad intelectual, citando a los autores de la investigación en las referencias bibliográficas. Se considerará el sistema antiplagio establecido por la universidad. Los datos tomados se utilizarán solo con fines de investigación. Asimismo, se mantendrá en confidencialidad y reserva la información que pudiera dañar la imagen de la empresa.

### III. RESULTADOS

Productividad antes y después de aplicar la ingeniería de métodos en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical de la central hidroeléctrica Carhuaquero.

En la tabla N°2 se muestra la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, antes y después de la mejora del método.

Tabla N°2: Productividad, mantenimiento intercambiadores de calor

Mes	Intercambiador de calor	Productividad		
		Antes	Después	Total
1	1	33.368%	37.4599%	4.0919%
2	2	33.3788%	37.4699%	4.0911%
3	3	33.375%	37.45%	4.075%
Promedio		33.3739%	37.4599%	4.086%

Fuente: Formato de mantenimiento de intercambiadores de calor (Anexo N°2)

En la tabla N°2 se muestra la mejora de la productividad después de la aplicación del estudio de métodos.

Eficiencia antes y después de aplicar la ingeniería de métodos en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical de la central hidroeléctrica Carhuaquero.

En la tabla N°3 se muestra la eficiencia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, antes y después de la mejora del método.

Tabla N°3: Eficiencia, mantenimiento intercambiadores de calor

Mes	Intercambiador de calor	Eficiencia		
		Antes	Después	Total
1	1	86.0%	71.9%	16.4%
2	2	91.7%	77.9%	15%
3	3	89.0%	74.9%	15.8%
Promedio		88.9%	74.9%	15.7%

Fuente: Formato de mantenimiento de intercambiadores de calor (Anexo N°2)

En la tabla N°3 se muestra el aumento de la eficiencia después de la aplicación del estudio de métodos.

Eficacia antes y después de aplicar la ingeniería de métodos en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical de la central hidroeléctrica Carhuaquero.

En la tabla N°4 se muestra la eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, antes y después de la mejora del método.

Tabla N°4: Eficacia, mantenimiento intercambiadores de calor

Mes	Intercambiador de calor	Eficacia		
		Antes	Después	Total
1	1	38.8%	52.1%	13.3%
2	2	36.4%	48.1%	11.7%
3	3	37.5%	50.0%	12.5%
Promedio		37.6%	50.1%	12.5%

Fuente: Formato de mantenimiento de intercambiadores de calor (Anexo N°2)

En la tabla N°4 se muestra el aumento de la eficacia después de la aplicación del estudio de métodos.

Efectividad antes y después de aplicar la ingeniería de métodos en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical de la central hidroeléctrica Carhuaquero.

En la tabla N°5 se muestra la efectividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, antes y después de la mejora del método.

Tabla N°5: Efectividad, mantenimiento intercambiadores de calor

Mes	Intercambiador de calor	Efectividad		
		Antes	Después	Total
1	1	100.00%	75.00%	25%
2	2	100.00%	75.00%	25%
3	3	100.00%	75.00%	25%
Promedio		100.00%	75.00%	25%

Fuente: Formato de mantenimiento de intercambiadores de calor (Anexo N°2)

En la tabla N°5 se muestra el aumento de la efectividad después de la aplicación del estudio de métodos.

### **Contrastación de las hipótesis**

La aplicación del estudio de métodos mejora la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical en la Central hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca – 2018.

- H<sub>0</sub>: La aplicación del estudio de métodos no mejora la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical en la Central hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca – 2018.
- H<sub>1</sub>: La aplicación del estudio de métodos mejora la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical en la Central hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca – 2018.

Tabla N°6. Prueba de hipótesis de muestras relacionadas, productividad

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	ANTES - DESPUÉS	-4,0893000	,0038314	,0022121	-4,0988178	-4,0797822	-1848,615	2	,000

Fuente: Elaboración propia en el programa SPSS

La prueba de muestras relacionadas obtenida antes y después de la aplicación del estudio de métodos, tiene un nivel de significancia de 0.000 el cual es menor a  $\alpha = 0.05$ ; esto nos permite aceptar la hipótesis 1: “La aplicación del estudio de métodos mejora la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical en la Central hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca – 2018”.

La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la eficiencia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

- H<sub>0</sub>: La aplicación del estudio de métodos no aumenta significativamente la eficiencia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.
- H<sub>1</sub>: La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la eficiencia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

Tabla N°7. Prueba de hipótesis de muestras relacionadas, eficiencia

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	ANTES - DESPUÉS	14,00000	,1732	,1000	13,5697	14,4303	140,000	2	,000

Fuente: Elaboración propia en el programa SPSS

La prueba de muestras relacionadas obtenida antes y después de la aplicación del estudio de métodos, tiene un nivel de significancia de 0.000 el cual es menor a  $\alpha = 0.05$ ; esto nos permite aceptar la hipótesis 1: “La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la eficiencia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical”.

La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

- H<sub>0</sub>: La aplicación del estudio de métodos no aumenta significativamente la eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.
- H<sub>1</sub>: La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

Tabla N°8. Prueba de hipótesis de muestras relacionadas, eficacia

		Prueba de muestras relacionadas							
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	ANTES - DESPUÉS	-12,5000	,8000	,4619	-14,4873	-10,5127	-27,063	2	,001

Fuente: Elaboración propia en el programa SPSS

La prueba T Student para muestras relacionadas obtenida antes y después de la aplicación del estudio de métodos, tiene un nivel de significancia de 0.001 el cual es menor a  $\alpha = 0.05$ ; esto nos permite aceptar la hipótesis 1: “La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical”.

La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la efectividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

- H<sub>0</sub>: La aplicación del estudio de métodos no aumenta significativamente la efectividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.
- H<sub>1</sub>: La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la efectividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

Tabla N°9. Prueba de hipótesis de muestras relacionadas, efectividad

		Prueba de muestras relacionadas							
		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	ANTES -	100,0000 <sup>a</sup>	,00000	,00000	-----	-----	2	-----	
	DESPUÉS	75,0000 <sup>a</sup>	,00000	,00000	-----	-----			

Fuente: Elaboración propia en el programa SPSS

La prueba de muestras relacionadas obtenida antes y después de la aplicación del estudio de métodos, no se puede calcular porque el error estándar es 0; esto nos permite aceptar la hipótesis 1: “La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la efectividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical”.

#### **IV. DISCUSIÓN**

En la investigación desarrollada por Guaraca (2015), la productividad promedio en el prensado de pastillas, obtenido en los meses de mayo a junio de 2014, alcanzó un valor de 136,479 y 128,75 piezas por hora hombre. Este valor es mayor al promedio de los resultados obtenidos antes de la aplicación de estudio de métodos en los meses de noviembre de 2013 a abril de 2014, alcanzando un valor de 108,40 y 120,54 piezas por hora hombre, la mejora es de 25%. En la presente investigación la productividad promedio en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, obtenido en los meses de julio a octubre 2018, alcanzó un valor de 37.4599%. Este valor es mayor al promedio de los resultados conseguidos antes de la aplicación del estudio de métodos, cuyo resultado fue de 33.3739%. La mejora es de 4.086%. Dicha diferencia de incremento en ambas investigaciones se debe, en el caso de Guaraca, aumentó un operario en el proceso y disminuyó los tiempos muertos de la prensa, mientras que en la presente investigación se identificaron las actividades que limitan la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor, mejorando y aplicando un nuevo método de trabajo.

En la investigación desarrollada por Romero (2017), la eficiencia promedio en la elaboración de maní frito, obtenido en 30 días desde febrero a abril de 2017, alcanzó un valor de 0.93. Este valor es mayor al promedio de los resultados obtenidos antes de la aplicación de estudio del trabajo, durante 30 días desde noviembre a diciembre de 2017, alcanzó un valor de 0.80. La mejora fue de 16.25% en el área de confitado. En la presente investigación la eficiencia promedio en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, obtenido en los meses de julio a octubre, alcanzó un valor de 74.9%, el promedio en tiempo es 120 minutos. Este valor es menor al promedio de los resultados obtenidos antes de la aplicación del estudio de métodos, cuyo resultado fue de 88.9%, el promedio en tiempo es 160 minutos. El aumento fue de 15.7%, lo que significa una reducción promedio de tiempo de 40 minutos para realizar el mantenimiento de los intercambiadores de calor. Dicha diferencia en ambas investigaciones se debe, en el caso de Romero a la mayor cantidad

de unidades producidas de maní frito en el tiempo estimado, mejorando los procesos de transporte, lavado y secado para su elaboración, mientras que en la presente investigación se ha reducido el tiempo de ejecución del trabajo, mejorando las actividades que se realizan en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.

En la investigación desarrollada por Gonzales (2017), la eficacia promedio en el mantenimiento preventivo de la corporación, obtenido en el mes de mayo de 2017, alcanzó un valor de 0.84. Este valor es mayor al promedio de los resultados obtenidos antes de la aplicación de la mejora continua, en marzo de 2017, alcanzó un valor de 0.80. Incrementando 8% en los mantenimientos preventivos. En la presente investigación la eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, obtenido en los meses de julio a octubre, alcanzó un valor de 50.1%. Este valor es mayor al promedio de los resultados obtenidos antes de la aplicación del estudio de métodos, cuyo resultado fue de 37.6%. El aumento es de 12.5%. Dicha diferencia de incremento en ambas investigaciones se debe al tipo de mantenimiento que se realiza en cada empresa, Gonzales evalúa todos los mantenimientos preventivos en la empresa Corporación de ingeniería Arnao S.A., mientras que en la presente investigación solo se evalúa el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical de la central hidroeléctrica Carhuaquero.

En la investigación desarrollada por Telles (2008), la efectividad promedio en el servicio de automotores, obtenido de junio a diciembre de 2008, alcanzó un valor de 1.77. Este valor es menor al promedio de los resultados obtenidos de junio a diciembre de 2008, alcanzando un valor de 2.16, la disminución es de 18.05%. En la presente investigación la eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, obtenido en los meses de julio a octubre, alcanzó un valor de 75%. Este valor es menor al promedio de los resultados obtenidos antes de la aplicación del estudio de métodos, cuyo resultado fue de 100%. El aumento fue de 25%. Dicha diferencia en ambas investigaciones de debe, en el caso de Telles, la

disminución de la efectividad está afectado por la caída en la eficiencia y la eficacia en el centro de servicios automotores Marcelo Muñoz, mientras que en la presente investigación la efectividad fue afectada por el aumento de la eficiencia y eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical de la central hidroeléctrica Carhuaquero.

## V. CONCLUSIONES

Mediante la aplicación del estudio de métodos mejoró la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor en los generadores de eje vertical en la central hidroeléctrica Carhuaquero. Antes del estudio de métodos el resultado promedio del fue de 33.3739% y después de la aplicación del estudio de métodos el resultado promedio fue de 37.4599%, lo cual significó que se mejoró el mantenimiento de los intercambiadores de calor en un 4.086%. Véase página 32, Tabla N°2: Productividad, mantenimiento de intercambiadores de calor.

Con la aplicación del estudio de métodos aumentó la eficiencia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor en los generadores de eje vertical en la central hidroeléctrica Carhuaquero. Antes del estudio de métodos el resultado promedio fue de 88.9% y después de la aplicación del estudio de métodos el resultado promedio fue de 74.9%. Mejoró el mantenimiento de los intercambiadores de calor en un 15.7%, lo que significó una disminución promedio de 40 minutos para realizar el mantenimiento de los intercambiadores de calor. Optimizando el tiempo promedio de ejecución de 160 minutos a 120 minutos. Véase página 33, Tabla N°3: Eficiencia, mantenimiento de intercambiadores de calor.

Con la aplicación del estudio de métodos aumentó la eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor en los generadores de eje vertical en la central hidroeléctrica Carhuaquero. Antes del estudio de métodos el resultado promedio fue de 37.6% y después de la aplicación del estudio de métodos el resultado promedio fue de 50.1%. Lo cual significó que se mejoró el mantenimiento de los intercambiadores de calor en un 12.5%. Véase página 33, Tabla N°4: Eficacia, mantenimiento de intercambiadores de calor.

Con la aplicación del estudio de métodos aumentó la efectividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor en los generadores de eje vertical en la central hidroeléctrica Carhuaquero. Antes del estudio de métodos el resultado

promedio fue de 100% y después de la aplicación del estudio de métodos el resultado promedio fue de 75%, aumentando un 25%. Véase página 34, Tabla N°5: Efectividad, mantenimiento de intercambiadores de calor.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Aplicar el estudio de métodos en los diversos procesos de mantenimiento para mejorar la productividad en la central hidroeléctrica Carhuaquero.

Supervisar el desarrollo de las actividades de mantenimiento para verificar que el tiempo planificado no se incremente y así mantener estandarizado los tiempos de trabajo.

Capacitar constantemente al personal y motivarlo ya que es el factor principal para los trabajos de mantenimiento en la central hidroeléctrica Carhuaquero.

## REFERENCIAS

ARANA, Luis. Mejora de la productividad en el área de producción de carteras en una empresa de accesorios de vestir y artículos de viaje. Universidad de San Martín de Porres. Lima. 2014. [goo.gl/wGmjKz](http://goo.gl/wGmjKz)

ARIAS, Fideas. El Proyecto de investigación: introducción a la metodología científica. 6ª edición. Caracas. Editorial Episteme, 2012. 143pp.

ISBN: 9800785299

BACA, Gabriel. Estudio de método de trabajo. 1ª ed. México. Editorial Patria, 2011. 413pp.

ISBN: 9708170771

CASO, Alfredo. Técnicas de medición del trabajo. 2ª ed. Madrid. Editorial Fundación Confemetal, 2004. 232pp.

ISBN: 9788496169173

CRUELLES, José. Soluciones para la mejora de la productividad industrial [en línea]. 1ª edición. Editado Zadecon. 2014.87pp.

GARCÍA, Roberto. Estudio del trabajo-Ingeniería de métodos y medición del trabajo. 2ª edición. México. Editorial Mc Graw Hill, 2005. 459pp.

ISBN: 9701046579

GONZALES, Yenifer. Aplicación de la mejora continua para incrementar la productividad en el servicio de mantenimiento de equipos en la empresa Corporación de ingeniería Arnao S.A., Cercado de Lima, 2017. Universidad César Vallejo. [goo.gl/y3y2gV](http://goo.gl/y3y2gV)

GUAJARDO, Edmundo. Administración de la calidad total. México. Editorial Pax México, 1996. 182pp.

ISBN: 9789688605059

GUARACA, Segundo. Mejora de la productividad, en la sección de prensado de pastillas, mediante el estudio de métodos y la medición del trabajo, de la fábrica de frenos automotrices Egar S.A. Escuela Politécnica Nacional, Quito. 2015. [goo.gl/LTmvrD](http://goo.gl/LTmvrD)

GUTIERREZ, Humberto. Calidad y Productividad. 4ª edición. México. Editorial McGraw-Hill, 2014. 402pp.

ISBN: 9786071511485

HUERTAS, Rubén y DOMÍNGUEZ, Rosa. Decisiones estratégicas para la dirección de operaciones en empresas de servicios y turísticas. Metodología 2. Barcelona. Edicions de la Universitat de Barcelona, 2015. 260pp.

ISBN: 9788447539147

KANAWATY, George. Introducción al Estudio del Trabajo. 4ª edición. Ginebra. OIT, 1996. 522 pp.

ISBN: 9223071089

KANAWATY, George. Introduction to work study. 4ª edición. Ginebra. OIT, 1992. 527pp.

ISBN: 9221071081

KRAJEWSKI, Lee, RITZMAN, Larry y MALHOTRA, Manoj. Administración de Operaciones. 8ª edición. México: Pearson Educación, 2008, 752 pp.

ISBN: 9789702612179

MEJÍA, Luis. Indicadores de efectividad y eficacia. *Documentos Planning* [en línea]. [Fecha de consulta: 9 de octubre de 2018].

Disponible en <http://www.ceppia.com.co/Herramientas/INDICADORES/Indicadores-efectividad-eficacia.pdf>

MIRANDA, Francisco, CHAMORRO, Antonio y RUBIO, Sergio. Introducción a la gestión de la calidad. Madrid: Delta Publicaciones, 2007. 258 pp.

ISBN: 9788496477643

NIEBEL, benjamín y FREIVALDS, Andris. Ingeniería industrial: Métodos estándares y diseño del trabajo. 12ª edición. México D.F: McGraw-Hi, 2009. 614pp.

ISBN: 9789701069622

PUERTA, Fernando. Métodos, tiempos y cursogramas. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1979. 106pp.

REINA, Cindy. La ingeniería de métodos para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa Editorial Macro-surquillo 2017. Universidad César Vallejo. Lima. [goo.gl/ZHwqUd](http://goo.gl/ZHwqUd)

ROJAS, Rachels. La aplicación del estudio del trabajo, para mejorar la productividad en los servicios de mantenimiento de la empresa Flashman S.A.C., Lima – 2017. Universidad César Vallejo. Lima. [goo.gl/DEinbT](http://goo.gl/DEinbT)

ROMERO, Celenita. Aplicación del estudio del trabajo para mejorar la productividad en el área de confitado de la empresa Provocaditos S.A.C, Lima 2016. Universidad César Vallejo. Lima. [goo.gl/ySWS13](http://goo.gl/ySWS13)

SIERRA, Restituto. Técnicas de investigación social: teorías y ejercicios. 9ª edición. Madrid: Paraninfo, 1994. 720pp.

ISBN: 8428315485

TELLES, Amaury. Indicadores de eficiencia y efectividad en el CESA Marcelo Muñoz. Universidad de la Habana. La Habana 2008. Cuba. [goo.gl/bkk2T2](http://goo.gl/bkk2T2)

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta. 2ª edición. Lima: San Marcos. 2013. 495pp  
ISBN: 9786123028787

# ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de consistencia

Título	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Población Muestra	Diseño	Técnicas e Instrumento de recolección de datos	Método de análisis de datos
Mejora de la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, mediante la aplicación de métodos en la Central Hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca, 2018	<p><b>Pregunta general</b></p> <p>¿Cómo aplicar el estudio de métodos para mejorar la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, en la Central Hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca - 2018?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Mejorar la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical mediante la aplicación del estudio de métodos en la Central Hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca – 2018.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La aplicación del estudio de métodos mejora la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical en la Central hidroeléctrica Carhuaquero, Cajamarca – 2018.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Productividad</p> <p>Definición conceptual:</p> <p>Gutiérrez (2014), manifiesta que “Los recursos utilizados y la producción alcanzada son factores que se relacionan con la productividad” (p.20).</p> <p>Definición operacional:</p> $E = \frac{TU}{TT} \times 100\%$ <p>E: Eficiencia TU: Tiempo útil TT: Tiempo total</p> $E = \frac{UP}{TU} \times 100\%$ <p>E: Eficacia UP: Unidades producidas TU: Tiempo útil</p> $E = \frac{\text{Puntaje eficiencia} + \text{Puntaje eficacia}}{2}$ <p>Máximo Puntaje</p> <p>E= Efectividad</p>	<p>Población:</p> <p>Total de los intercambiadores de calor (3).</p> <p>Muestra:</p> <p>Total de los intercambiadores de calor (3).</p>	<p>Cuasi experimental, ya que se evaluará la variable mediante un pre y post análisis para ver la mejora en la productividad.</p>	<p>Técnica:</p> <p>Observación y análisis documental</p> <p>Instrumento de recolección de datos:</p> <p>Formato de mantenimiento de intercambiadores de calor</p>	<p>Prueba estadística T-Student para muestras relacionadas – gráfico de barras y tablas</p>

<u>Preguntas específicas</u>	<u>Objetivos específicos</u>	<u>Hipótesis específicas</u>	Variable independiente:				
¿Cómo aplicar el estudio de métodos para aumentar la eficiencia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical?	Aumentar la eficiencia con la aplicación del estudio de métodos en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.	La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la eficiencia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.	Estudio de métodos				
¿Cómo aplicar el estudio de métodos para aumentar la eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical?	Aumentar la eficacia con la aplicación del estudio de métodos en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.	La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la eficacia en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.	Definición conceptual:				
¿Cómo aplicar el estudio de métodos para aumentar la efectividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical?	Aumentar la efectividad con la aplicación del estudio de métodos en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.	La aplicación del estudio de métodos aumenta significativamente la efectividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical.	Baca (2011) manifiesta que: "El estudio de métodos es tomar datos y realizar una evaluación objetiva de la manera de realizar las actividades, con la finalidad de ver los cambios que mejorarán el rendimiento de los trabajadores y la calidad de los trabajos realizados" (p.213).				
			Definición operacional:				
			TE = TN x (1+S)				
			TE: Tiempo estándar				
			TN: Tiempo normal				
			S: Suplementos				
			AAV = $\frac{\text{Actividades AV}}{\text{Total de actividades}} \times 100\%$				
			AAV: Actividades que agregan valor del DAP.				
			Total de Actividades: Total de actividades del DAP				

Fuente: Elaboración propia

## Anexo N° 2 Instrumento de recolección de datos

### A. Formato de mantenimiento de intercambiadores de calor

#### Grupo 1: Toma de medidas antes de la mejora

MANTENIMIENTO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR								
Mes	Mantenimientos programados	Mantenimientos realizados	Tiempo programado (horas)	Tiempo empleado (horas)	Eficiencia	Eficacia	efectividad	Productividad
1	1	1	3	2.58	86.0%	38.8%	100.00%	33.368%
2	1	1	3	2.75	91.7%	36.4%	100.00%	33.3788%
3	1	1	3	2.67	89.0%	37.5%	100.00%	33.375%
PROMEDIO	1	1	3	2.67	88.9%	37.6%	100.00%	33.3739%

#### Grupo 2: Toma de medidas después de la mejora

MANTENIMIENTO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR								
Ítem después de la mejora	Mantenimientos programados	Mantenimientos realizados	Tiempo programado (horas)	Tiempo empleado (horas)	Eficiencia	Eficacia	efectividad	Productividad
1	1	1	2.67	1.92	71.9%	52.1%	75.00%	37.4599%
2	1	1	2.67	2.08	77.9%	48.1%	75.00%	37.4699%
3	1	1	2.67	2	74.9%	50.0%	75.00%	37.45%
PROMEDIO	1	1	2.67	2.00	74.9%	50.1%	75.00%	37.4599%

#### Grupo 3: Resultados de la aplicación del estudio de métodos

MANTENIMIENTO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR				
Ítem después de la mejora	Eficiencia	Eficacia	efectividad	Productividad
1	16.4%	13.3%	25%	4.0919%
2	15.0%	11.7%	25%	4.0911%
3	15.8%	12.5%	25%	4.075%
PROMEDIO	15.7%	12.5%	25%	4.086%

## B. Fórmulas

EFICACIA		EFICIENCIA		EFFECTIVIDAD	PRODUCTIVIDAD
$E = \frac{UP}{TU} \times 100\%$ <p>Dónde: E: Eficacia UP: Unidades producidas TU: Tiempo útil</p>		$E = \frac{TU}{TT} \times 100\%$ <p>Dónde: E: Eficiencia TU: Tiempo útil TT: Tiempo total</p>		$\frac{(\text{Puntaje eficiencia} + \text{Puntaje eficacia})}{2}$ <p>Máximo puntaje</p>	Eficiencia x Eficacia
RANGOS	PUNTOS	RANGOS	PUNTOS	La efectividad se expresa en porcentaje (%)	La productividad se expresa en porcentaje (%)
0 – 20%	0	Muy eficiente	5		
21 – 40%	1	> 1			
41 – 60%	2	Eficiente = 1	3		
61 – 80%	3				
81 – 90%	4	Ineficiente < 1	1		
> 91%	5				

### Anexo 3. Pruebas de normalidad

#### A. Productividad

Tabla N°10: Prueba de normalidad, productividad

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ANTES	,244	3	.	,972	3	,676
DESPUÉS	,175	3	.	1,000	3	,994

Fuente: Elaboración propia en el programa SPSS

Los datos de la productividad provienen de una distribución normal.

#### B. Eficiencia

Tabla N°11: Prueba de normalidad, eficiencia

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ANTES	,181	3	.	,999	3	,942
DESPUÉS	,175	3	.	1,000	3	1,000

Fuente: Elaboración propia en el programa SPSS

Los datos de la eficiencia provienen de una distribución normal.

#### C. Eficacia

Tabla N°12: Prueba de normalidad, eficacia

<b>Pruebas de normalidad</b>						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ANTES	,189	3	.	,998	3	,908
DESPUÉS	,180	3	.	,999	3	,945

Fuente: Elaboración propia en el programa SPSS

Los datos de la eficacia provienen de una distribución normal.

#### D. Efectividad

Los datos de la efectividad son constantes en el antes y después.

## Anexo 4. Validación de los instrumentos de recolección de datos

### A. Validación Ingeniero Nestor Javier Zapata Palacios



#### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, NESTOR J. ZAPATA PALACIOS con DNI N° 02667267 Magister en INGENIERIA AMBIENTAL  
 N° ANR: 35038, de profesión INGENIERO INDUSTRIAL  
 desempeñándome actualmente como DOCENTE  
 en UNIVERSIDAD "CÉSAR VALLEJO"

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación del instrumento:

Formato de mantenimiento de intercambiadores de calor

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

REGISTRO DE PRODUCCIÓN	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad			X		
4. Organización				X	
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología			X		

  
 Dr. Nestor Javier Zapata Palacios  
 INGENIERO INDUSTRIAL  
 CIP: 35038  
 2da. ESPECIALIDAD EN AGROINDUSTRIAS  
 Msc INGENIERIA AMBIENTAL

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 8 días del mes de julio del Dos mil Dieciocho.

Mgr. : INGENIERO AMBIENTAL  
DNI : 02667267  
Especialidad : INGENIERO INDUSTRIAL  
E-mail : n/zapata@gmail.com

*J*  
Dr. Néstor Javier Zapata Palacu  
INGENIERO INDUSTRIAL  
CIP: 35038  
1a. ESPECIALIDAD EN AGROINDUSTRIA

B. Validación Ingeniero Gerardo Sosa Panta



**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, Gerardo Sosa Panta con DNI N° 03591940 Magister en DOCENCIA UNIVERSITARIA N° ANR: 67114 de profesión ING° INDUSTRIAL desempeñándome actualmente como DOCENTE en LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación del instrumento:

Formato de mantenimiento de intercambiadores de calor

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

REGISTRO DE PRODUCCIÓN	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad				X	
4. Organización			X		
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia				X	
9. Metodología			X		

  
Mg. Gerardo Sosa Panta  
INGENIERO INDUSTRIAL  
CIP 67114

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 8 días del mes de julio del Dos mil Dieciocho.

Mgtr. : *INGº Gerardo Sosa Panta*  
DNI : *03591940*  
Especialidad : *INGº INDUSTRIAL*  
E-mail : *gerardodolar@gmail.com*

  
-----  
Mg. Gerardo Sosa Panta  
INGENIERO INDUSTRIAL  
CIP 67114

C. Validación Administrador José Stalin Vásquez Pérez



**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, José Stalin Vásquez Pérez con DNI N° 42087658 Magister en Administración estratégica de Empresas  
 N° ANR: 65.407, de profesión Licenciado En Administración desempeñándome actualmente como Administrador en ORMUL ENERGY PERU SA

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación del instrumento:

Formato de mantenimiento de intercambiadores de calor

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

REGISTRO DE PRODUCCIÓN	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 15 días del mes de julio del Dos mil Dieciocho.

Mgtr. : José stalin Vásquez Pérez  
DNI : 42087658  
Especialidad : Licenciado en Administración  
E-mail : stalin.vasquezp@gmail.com



Mg. José Stalin Vásquez Pérez  
Administrador  
CORLAD VII: 0375

	<b>MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LOS GENERADORES DE EJE VERTICAL, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE MÉTODOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CARHUAQUERO, CAJAMARCA - 2018</b>	Fecha:	01/07/2018
		Pág.	1/11

### Anexo 5. Desarrollo del producto de ingeniería

El procedimiento del estudio de métodos que se realizó se detalla a continuación:

Paso 1. Seleccionar el trabajo de estudio.

Se realiza un análisis en el circuito abierto de refrigeración de los generadores de eje vertical, considerando que hay mayor pérdida en el mantenimiento de los intercambiadores de calor.

Paso 2. Registrar los detalles del trabajo.

El proceso de mantenimiento es registrado a través del diagrama de actividades del proceso (DAP). El tiempo promedio de las pruebas realizadas fue de 160 minutos (2.67 horas).

Proceso:	Prueba		Resumen				
	Pre Test	X	Actividad	Actual	Mejora		
Mantenimiento de intercambiador de calor	Post Test		Operación 	32			
Tiempo total (min): 160			Transporte 	2			
Tiempo total (horas): 2.67			Inspección 	18			
			Demora 	2			
			Almacenaje 	1			
Descripción de la actividad	Distancia	Tiempo	Símbolos			Observaciones	
	Metros	Minutos					
Encender compresor de aire		0.5	x				
Verificar presión de aire comprimido: 6 bar		0.5			x		
Ingresar a casa de máquinas	30	4		x			
Coordinación con operador para realizar maniobras		5				x	
Realizar bloqueo y etiquetado		10	x				
Ubicar herramientas y equipos en zona de trabajo		5		x			
Vaciar intercambiador de calor		0.5	x				
Verificar que el intercambiador no tenga agua		0.5			x		



MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE  
 LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LOS GENERADORES  
 DE EJE VERTICAL, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO  
 DE MÉTODOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA  
 CARHUAQUERO, CAJAMARCA - 2018

Fecha:	01/07/2018
Pág.	2/11

Retirar 2 pernos de tapa lado A (equidistantes a 180°)	1	x					
Colocar 2 espárragos (equidistantes a 180°)	1	x					
Verificar montaje de espárragos	1				x		
Retirar pernos de tapa lado A	5	x					
Verificar retiro de pernos	0.5				x		
Abrir tapa de intercambiador lado A	0.5	x					
Verificar empaque de tapa	2				x		
Retirar sedimentos	5	x					
Inspeccionar haz de tubos	2				x		
Retirar 2 pernos de tapa lado B (equidistantes a 180°)	1	x					
Colocar 2 espárragos (equidistantes a 180°)	1	x					
Verificar montaje de espárragos	1				x		
Retirar pernos de tapa lado B	5	x					
Verificar retiro de pernos	0.5				x		
Abrir tapa de intercambiador lado B	0.5	x					
Verificar empaque de tapa	2				x		
Retirar sedimentos	5	x					
Inspeccionar haz de tubos	2				x		
Instalar bomba sumergible en poza de refrigeración	5	x					
Verificar funcionamiento de bomba sumergible	0.5				x		
Limpiar con agua a presión el haz de tubos del intercambiador de calor	10	x					
Limpiar con aire a presión	10	x					
Verificar limpieza del haz de tubos del intercambiador de calor	5				x		
Montar tapa lado B	2	x					
Colocar pernos manualmente	5	x					
Verificar montaje de pernos	1				x		
Ajustar pernos	5	x					
Retirar 2 espárragos	1	x					
Colocar 2 pernos manualmente	1	x					
Ajustar pernos	1	x					
Verificar ajuste de pernos	5				x		
Montar tapa lado A	2	x					

Colocar pernos manualmente		5	x					
Verificar montaje de pernos		1				x		
Ajustar pernos		5	x					
Retirar 2 espárragos		1	x					
Colocar 2 pernos manualmente		1	x					
Ajustar pernos		1	x					
Verificar ajuste de pernos		5				x		
Coordinación con operador para realizar maniobras		5						x
Encender bomba de refrigeración		0.5	x					
Purgar intercambiador de calor		0.5	x					
Verificar estanqueidad de intercambiador de calor		0.5				x		
Verificar caudalímetro		0.5				x		
Retirar bomba sumergible		5	x					
Ubicar herramientas y equipos en áreas correspondientes		8						x
Salir de casa máquinas	30	5				x		
Apagar compresor		0.5	x					

Fuente: Elaboración propia

### Paso 3. Analizar los detalles del trabajo.

Para efectuar el análisis se toman los datos de los formatos de mantenimiento de los 3 intercambiadores de calor, junto con el diagrama de actividades del proceso (DAP) se verifican los tiempos y se realiza la técnica del interrogatorio con la finalidad de mejorar el método de trabajo.

Técnica de interrogatorio:

¿Qué se hace?

Mantenimiento de los intercambiadores de calor

	<b>MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LOS GENERADORES DE EJE VERTICAL, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE MÉTODOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CARHUAQUERO, CAJAMARCA - 2018</b>	Fecha:	01/07/2018
		Pág.	4/11

¿Por qué se hace?

Para mantener operativos los generadores de eje vertical.

¿Qué se puede hacer?

Mejorar el proceso de mantenimiento de los intercambiadores de calor.

¿Qué se debería hacer?

Usar herramientas de izaje para retirar las tapas en los mantenimientos de los intercambiadores de calor.

Paso 4. Desarrollar un nuevo método para realizar el trabajo.

Se desarrolló un método de trabajo más práctico el cual facilita que el mantenimiento de los intercambiadores de calor se realice en menos tiempo.

En el diagrama de actividades de actividades del proceso (DAP), se muestra el nuevo método.

El tiempo promedio de las pruebas realizadas fue de 120 minutos (2 horas).



MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LOS GENERADORES DE EJE VERTICAL, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE MÉTODOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CARHUAQUERO, CAJAMARCA - 2018

Fecha:	01/07/2018
Pág.	5/11

Proceso:	Prueba		Resumen				
	Pre Test		Actividad		Actual	Mejora	
Mantenimiento de intercambiador de calor	Post Test	X	Operación			26	
Tiempo total (min): 120			Transporte			2	
Tiempo total (horas): 2			Inspección			14	
			Demora			2	
			Almacenaje			1	
Descripción de la actividad	Distancia	Tiempo	Símbolos				Observaciones
	Metros	Minutos					
Encender compresor de aire		0.5	x				
Verificar presión de aire comprimido: 6 bar		0.5			x		
Ingresar a casa de máquinas	30	4		x			
Coordinación con operador para realizar maniobras		5				x	
Realizar bloqueo y etiquetado		10	x				
Ubicar herramientas y equipos en zona de trabajo		5		x			
Vaciar intercambiador de calor		0.5	x				
Verificar que el intercambiador no tenga agua		0.5			x		
Instalar elementos de izaje lado A		0.5	x				
Retirar pernos de tapa lado A		4	x				
Verificar retiro de pernos		0.5			x		
Retirar tapa de intercambiador lado A		1	x				
Verificar empaque de tapa		1			x		
Retirar sedimentos		2	x				
Inspeccionar haz de tubos		1			x		
Instalar elementos de izaje lado B		0.5	x				
Retirar pernos de tapa lado B		4	x				
Verificar retiro de pernos		0.5			x		
Retirar tapa de intercambiador lado B		1	x				
Verificar empaque de tapa		1			x		
Retirar sedimentos		2	x				
Inspeccionar haz de tubos		1			x		
Instalar bomba sumergible en poza de refrigeración		5	x				
Verificar funcionamiento de bomba sumergible		0.5			x		



MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LOS GENERADORES DE EJE VERTICAL, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE MÉTODOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CARHUAQUERO, CAJAMARCA - 2018

Fecha:	01/07/2018
Pág.	6/11

Limpiar con agua a presión el haz de tubos del intercambiador de calor		7.5	x					
Limpiar con aire a presión		7.5	x					
Verificar limpieza del haz de tubos del intercambiador de calor		2				x		
Montar tapa lado B		1	x					
Colocar pernos manualmente		4	x					
Verificar montaje de pernos		1				x		
Ajustar pernos		4	x					
Retirar elementos de izaje lado B		0.5	x					
Montar tapa lado A		1	x					
Colocar pernos manualmente		4	x					
Verificar montaje de pernos		1				x		
Ajustar pernos		4	x					
Retirar elementos de izaje lado A		0.5	x					
Coordinación con operador para realizar maniobras		5					x	
Encender bomba de refrigeración		0.5	x					
Purgar intercambiador de calor		0.5	x					
Verificar estanqueidad de intercambiador de calor		0.5				x		
Verificar caudalímetro		0.5				x		
Retirar bomba sumergible		5	x					
Ubicar herramientas y equipos en áreas correspondientes		8						x
Salir de casa máquinas	30	5			x			
Apagar compresor		0.5	x					

Fuente: Elaboración propia

Paso 5. Adiestrar a los operarios en el nuevo método de trabajo.

Reunirse con el personal de mantenimiento y capacitarlos para los mantenimientos futuros.

Paso 6. Aplicar el nuevo método de trabajo.

Aplicar el nuevo método aprendido, recolectar datos y comparar con el método antiguo.

	<b>MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LOS GENERADORES DE EJE VERTICAL, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE MÉTODOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CARHUAQUERO, CAJAMARCA - 2018</b>	Fecha:	01/07/2018
		Pág.	7/11

### **Mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical**

1. Solicitar permiso de trabajo.
2. Realizar bloqueo y etiquetado.
3. Trasladar herramientas, equipos y materiales hasta el área de trabajo.
4. Instalar bomba Grindex Minex en poza de enfriamiento N°2, tendido de manguera hasta el intercambiador.
5. Encender compresor y tendido de manguera desde la toma de aire a presión hasta el intercambiador.
6. Abrir tapa del intercambiador lado A, ingreso de agua del circuito abierto.
7. Instalar tecle de cadena de 0.5T y asegurar el gancho del tecle directamente en la tapa.
8. Desmontar 20 pernos M24 con sus respectivas tuercas y arandelas, utilizando llave neumática con dado 36mm y llave mixta 36.



Figura N°1: Retiro de pernos en tapa de intercambiador lado A



Figura N°2: Tapa de intercambiador lado A

8.1 Retirar la tapa con ayuda del tecla y bajar lentamente.



Figura N°3: Desmontaje de tapa de intercambiador lado A

	<b>MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LOS GENERADORES DE EJE VERTICAL, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE MÉTODOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CARHUAQUERO, CAJAMARCA - 2018</b>	Fecha:	01/07/2018
		Pág.	9/11

9. Abrir tapa del intercambiador lado B, ingreso de agua del circuito cerrado.
10. Instalar tecle de cadena de 0.5T y asegurar el gancho del tecle directamente en la tapa.
11. Desmontar 20 pernos M24 con sus respectivas tuercas y arandelas, utilizando llave neumática con dado 36mm y llave mixta 36.



Figura N°4: Retiro de pernos en tapa de intercambiador lado B



Figura N°5: Desmontaje de tapa de intercambiador lado B

	<b>MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LOS GENERADORES DE EJE VERTICAL, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE MÉTODOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CARHUAQUERO, CAJAMARCA - 2018</b>	Fecha:	01/07/2018
		Pág.	10/11

12. Retirar manualmente los residuos sólidos que obstruyen los conductos de entrada y salida del haz de tubos.



Figura N°6: Residuos sólidos en intercambiador lado B

13. Encender bomba Grindex Minex y limpiar con agua a presión por el lado de ingreso de agua del circuito abierto de refrigeración.

14. Abrir válvula de toma de aire y limpiar con aire a presión por el lado de ingreso de agua del circuito abierto de refrigeración.

15. Aplicar aire y agua a presión por cada uno de los tubos, repetir esta secuencia si es necesario



Figura N°7: Limpieza de intercambiador con agua y aire

	<b>MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LOS GENERADORES DE EJE VERTICAL, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE MÉTODOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CARHUAQUERO, CAJAMARCA - 2018</b>	Fecha:	01/07/2018
		Pág.	11/11

16. Cerrar tapas y ajustar con pistola neumática.
17. Coordinar con el operador de turno para purgar intercambiador, realizar pruebas de estanqueidad y verificar caudalímetro.
18. Retirar bomba Grindex Minex de poza de enfriamiento N°2
19. Apagar equipos, trasladar herramientas, equipos y materiales hasta el área de almacenamiento.
20. Cancelar permiso de trabajo

## Anexo 6. Acta de aprobación de originalidad de tesis

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE PROYECTO DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, Mg. Mario Seminario Atarama docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo – Piura, revisor (a) de la Tesis titulada **“MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR DE LOS GENERADORES DE EJE VERTICAL, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ESTUDIO DE MÉTODOS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CARHUAQUERO, CAJAMARCA – 2018”**, del estudiante **RUIZ ICANAQUE, DAVID SADOT** constato que la investigación tiene un índice de similitud de **23%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Piura, 12 de marzo de 2020.

  
 .....  
 Firma

MSc. Ing. Mario Seminario Atarama  
DNI: 02633043

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

## Anexo 7. Pantallazo de software Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome  
ev.turnitin.com/app/carta/es/To=1272253631&is=1&lang=es&no=103&u=1098032488

feedback studio \*Mejora de la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, mediante la aplicación del estudio de métodos en la central hidroeléctrica Carhuauqu

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"Mejora de la productividad en el mantenimiento de los intercambiadores de calor de los generadores de eje vertical, mediante la aplicación del estudio de métodos en la central hidroeléctrica Carhuauquero, Cajamarca - 2018"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:  
Ruiz Icanaque, David Sador

ASESOR:  
MSc. Seminario Atarama, Mario Roberto

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
Gestión empresarial y productiva

Piura-Perú  
2018

Resumen de coincidencias

23 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

23	1	Entregado a Universidad...	18 %
		Trabajo del estudiante	
	2	repositorio.ucv.edu.pe	3 %
		Fuente de Internet	
	3	Entregado a Universidad...	1 %
		Trabajo del estudiante	
	4	Lucas Amaral Martins, ...	<1 %
		Publicación	
	5	www.aacrea.org.ar	<1 %
		Fuente de Internet	
	6	www.top.org.ar	<1 %
		Fuente de Internet	
	7	www.cooperacion.org...	<1 %
		Fuente de Internet	
	8	cdesporte.rediris.es	<1 %
		Fuente de Internet	
	9	Entregado a Universidad...	<1 %
		Trabajo del estudiante	

Página: 1 de 32 Número de palabras: 7019

Text-only Report High Resolution Activado

21:20  
9/03/2020

MR Seminario



**Anexo 9. Autorización de la versión final del trabajo de investigación**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

Ingeniería Industrial

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Ruiz Icazaque David Sadot

INFORME TITULADO:

Mejora de la Productividad en el Mantenimiento de los Intercambiadores de  
calor de los Generadores de eje vertical, mediante la Aplicación del Estudio  
de Métodos en la central Hidroeléctrica Cabuquero, Cajamarca - 2018

PARA OBTENER EL GRADO O TÍTULO DE:

Ingeniero Industrial

SUSTENTADO EN FECHA: 22 de Diciembre 2018.

NOTA O MENCIÓN: 16

Mg Mario Seminario Atarima

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

