



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Diseño e implementación de un taller especializado de reparación de rodete Francis, para disminuir sus costos de mantenimiento en la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AUTOR:

Zavala Chuquitaype, Luis Miguel.

ASESOR:

Ing. Martin Sifuentes Inostroza.

LINEA DE INVESTIGACION:

Sistemas y planes de mantenimiento.

TRUJILLO – PERU

Año 2018

LISTA DE JURADO EVALUADOR DE LA TESIS

“Diseño e implementación de un taller especializado de reparación de rodete Francis, para disminuir sus costos de mantenimiento en la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila”

Zavala Chuquitaype, Luis Miguel.

Autor

Dr. Jorge Antonio Inciso Vásquez

Presidente

Mg. Sifuentes Inostroza Teofilo Martín

Secretario

Dr. Jorge Eduardo Luján López

Vocal

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios y a mi familia.

A Dios por darme la oportunidad.

A mis padres por confiar y creer en mí.

A mi esposa por brindarme su apoyo.

Y finalmente a mis hijos por ser el motor

y el motivo para alcanzar mis sueños.

Agradecimiento

Al Ing. Jorge Lujan por su tiempo compartido y por darme el impulso para el inicio de este gran proyecto.

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Luis Miguel Zavala Chuquitaype con DNI N°10742613, afecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se muestra 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 información contribuida por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Julio del 2018

Zavala Chuquitaype, Luis Miguel

Presentación

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, ante ustedes presento la tesis titulada: “Diseño e Implementación de un taller especializado de reparación de rodete Francis, para disminuir sus costos de mantenimiento en la central hidroeléctrica Cerro del Águila”, en donde se detalla el diseño del taller de reparación, y se tratan de mostrar todos los considerandos para lograr la implementación del mismo, incluyendo equipos y herramientas, el perfil técnico del personal profesional y su contratación, así como el desarrollo integral del procedimiento de los trabajos de soldadura en el rodete Francis.

Asimismo, un aspecto fundamental es contrastar los costos y tiempos actuales a través de la empresa Andritz Hydro, incluyendo el margen de error que se maneja, versus de la alternativa propuesta la alternativa de poner en marcha nuestra solución a medida, de manera que quede claro las ventajas, así como el costo / beneficio planteado.

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumplan con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Zavala Chuquitaype, Luis Miguel

Contenido

Dedicatoria.....	III
Agradecimiento	IV
Presentación.....	VI
Índice de tablas	IX
Índice de figuras.....	X
I Introducción.	3
1.1 Realidad Problemática.	3
1.2 Trabajos previos.....	8
1.2.1 Oviedo (2008).....	8
1.2.2 Silva (2007).....	8
1.2.3 Jiménez (2006)	8
1.2.4 Sagñay (2012).....	9
1.2.5 Arrieta (2003).....	9
1.3 Teorías Relacionadas.	9
1.4 Formulación del Problema.	16
1.5 Justificación de Estudio.	16
1.5.1 Relevancia Económica.	16
1.5.2 Relevancia Social.	17
1.5.3 Relevancia Metodológica.	17
1.5.4 Relevancia Operativa.....	17
1.6 Hipótesis.	17
1.7 Objetivos.....	17
1.7.1 Objetivos Generales:	17
1.7.2 Objetivos Específicos:	18
II Método.	20
2.1 Diseño de investigación.....	20
2.2 Variable Operacional.	20
2.3 Población y Muestra.	23
2.5 Método de Análisis de Datos.....	23
2.6 Aspectos Éticos.	23
III Resultados.	25
3.1 Determinar el tamaño y distribución del taller.....	25
3.2 Determinar las máquinas, equipos e instrumentos de medición.	26
3.2.1 Grúa puente de 40 toneladas.	26
3.2.2 Maquina de soldar para proceso GMAW.....	27

3.2.3	Equipos para desbaste y pulido.....	28
3.2.4	Montacargas.....	29
3.2.5	Camión grúa.	30
3.2.6	Equipo de ensayos no destructivos.....	31
3.2.7	Equipos de medición	32
3.2.8	Maleta de Herramientas	33
3.2.9	Compresor de aire	34
3.2.10	Consumibles	35
3.4	Desarrollar un procedimiento de trabajo para la reparación de rodets tipo Francis.	36
3.5	Contrastar los costos y tiempos de la alternativa propuesta con la solución actual de la empresa Andritz Hydro.	46
IV.	Discusión	56
4.1.	Oviedo (2008).....	56
4.2.	Silva (2007)	56
4.3.	Jiménez (2006)	56
4.4.	Sagñay (2012).....	56
4.5.	Arrieta (2007)	57
V.	Conclusiones.....	59
VI.	Recomendaciones	61
VII.	Referencias	63
VIII.	Anexos:	66

Índice de tablas

Tabla 1 Cotización de la empresa Andritz Hydro	4
Tabla 2 Presupuesto estimado de implementación del taller	4
Tabla 3 Características de rodete Francis	5
Tabla 4 Comparación de costos de reparación de rodete Francis	17
Tabla 5 Matriz operacional	21
Tabla 6 Presupuesto de taller	25
Tabla 7 Presupuesto de grúa puente	26
Tabla 8 Presupuesto de máquina de soldar	27
Tabla 9 Presupuesto de máquina de desbaste y pulido	28
Tabla 10 Presupuesto de montacargas	29
Tabla 11 Presupuesto de camión grúa	30
Tabla 12 Presupuesto de líquido penetrante	31
Tabla 13 Presupuesto de equipo de medición	33
Tabla 14 Presupuesto de maleta de herramientas	34
Tabla 15 Presupuesto de compresora de tornillo	35
Tabla 16 Presupuesto de consumibles	35
Tabla 17 Presupuesto de implementación del taller	36
Tabla 18 Presupuesto de contratación de personal profesional técnico	36
Tabla 19 Cuadro comparativo de costo proceso soldadura SMAW vs GMAW	37
Tabla 20 Presupuesto de implementación del taller	47
Tabla 21 Comparación de costos entre reparación local y Andritz hydro	48
Tabla 22 Producción de generación de energía 2017	49
Tabla 23 Costo marginal promedio 2017	50
Tabla 24 Cotizacion de equipos para implementación de taller	51
Tabla 25 Proyeccion de flujo de caja anual	52
Tabla 26 Proyección de flujo de caja mensual 2018	53
Tabla 27 Valor del Valor actual neto y Tasa de retorno de inversión	54

Índice de figuras

Figura 1 Grafica de planta de generación de energía	2
Figura 2 Taller de reparación de la empresa Andritz Hydro – México	3
Figura 3 Rodete Francis de la central hidroeléctrica Cerro del Águila	6
Figura 4 Rodete Francis	9
Figura 5 Cámara espiral	10
Figura 6 Componentes principales de la turbina	10
Figura 7 Rodete dañado por cavitación	11
Figura 8 Balanceo estático	15
Figura 9 Distribución de taller de reparación	26
Figura 10 Grúa puente de 40 toneladas	27
Figura 11 Maquina de soldar para proceso GMAW	28
Figura 12 Esmeril eléctrico	28
Figura 13 Esmeril neumático	29
Figura 14 Montacargas	30
Figura 15 Camión grúa	30
Figura 16 Liquido penetrantes	32
Figura 17 Equipo de partículas magnéticas	32
Figura 18 Cronometro	33
Figura 19 Calibrador 0-3000 mm	33
Figura 20 Micrómetro de interiores 0-3000 mm	33
Figura 21 Medidor de dureza	34
Figura 22 Maleta de herramientas	34
Figura 23 Compresora de tornillos	35
Figura 24 Rodete Francis de 26 toneladas	37
Figura 25 Inspección de rodete Francis	38
Figura 26 Inspección de fisura en rodete con liquido penetrantes	39
Figura 27 Pre calentamiento de rodete antes del proceso de soldadura	39
Figura 28 Porcentaje de corriente de trabajo según proceso de soldadura	40

Figura 29 Velocidad de aporte en proceso soldadura de arco eléctrico	40
Figura 30 Velocidad de aporte en proceso de soldadura GMAW	41
Figura 31 Eficiencia según el proceso de soldadura	41
Figura 32 Proceso de soldadura SMAW en rodete	42
Figura 33 Prueba de partículas magnéticas en rodete para observar fisuras	42
Figura 34 Maquinado de rodete en torno vertical	43
Figura 35 Balanceo estático	45

RESUMEN

En el Perú, las centrales hidroeléctricas usan el agua para la generación de energía eléctrica con la ayuda de turbinas hidráulicas en las cuales se utiliza como parte fundamental el rodete; cuya función es transformar la energía mecánica en energía eléctrica. En tal sentido está sometido a fenómenos de corrosión, cavitación y erosión, debido a los sólidos suspendidos en el agua; que producen un desgaste en la superficie del mismo. Por lo cual el mantenimiento preventivo – predictivo que se realizan en las centrales hidroeléctricas para evitar que este rodete sufra daños relevantes, por el desgaste; se deberá ejecutar un mantenimiento correctivo para su “recuperación total” – una vez desmontado. Esta reparación de rodete es muy costosa, y es realizada en el extranjero y a pesar de ello, no siempre se obtiene buenos resultados.

Lo ideal sería: 1) Disminuir los costos en la reparación del rodete, 2) Que esta reparación se hiciera en la localidad, y; 3) Garantizar su correcta reparación. Por ello nos surge la idea de elaborar un taller especializado de reparación del rodete de turbina Francis para la central hidroeléctrica Cerro del Águila (510 Mw) – Huancavelica, siendo este nuestro tema de estudio de investigación.

Luego del análisis correspondiente al trabajo que se deben ejecutar, se seleccionó los equipos requeridos y se definieron los procedimientos – protocolos a cumplir en la reparación, que incluyen pruebas y controles para garantizar los resultados.

Además, se determina el tamaño del taller, equipos de soldar y perfiles del personal especializado en soldadura GMAW (Soldadura a gas y arco eléctrico), así como el presupuesto referencial.

En este proyecto de investigación, se está considerando la realización del trabajo de recuperación del rodete por medio del proceso de soldadura incluyendo los procesos de ensayos no destructivos en toda la etapa de la soldadura. El proceso de tratamiento térmico en horno con una capacidad para un rodete de 3.6 metros y el proceso de maquinado del rodete en un torno vertical serán trabajos tercerizados por el elevado costo de adquisición de los equipos e implementarlos en el taller.

Palabras claves:

Turbina hidráulica, rodete, cavitación, soldadura GMAW.

ABSTRACT

In Peru, hydroelectric plants use water for the generation of electric power with the help of hydraulic turbines in which the impeller is used as a fundamental part; whose function is to transform mechanical energy into electrical energy. In this sense, it is subject to corrosion, cavitation and erosion phenomena, due to suspended solids in the water; that produce a wear on the surface thereof. Therefore, the preventive and predictive maintenance carried out in hydroelectric power plants to prevent this runner from suffering significant damage due to wear and tear; Corrective maintenance must be carried out for its "total recovery" - once disassembled. This repair of impeller is very expensive, and it is carried out abroad and in spite of this, good results are not always obtained.

The ideal would be: 1) Reduce the costs in the repair of the impeller, 2) That this repair was done in the locality, and; 3) Guarantee its correct repair. For this reason, we have the idea of developing a specialized repair workshop for the Francis turbine runner for the Cerro del Águila hydroelectric power plant (510 MW) - Huancavelica, this being our subject of research study.

After the analysis corresponding to the work to be executed, the required equipment was selected and the procedures - protocols to be complied with in the repair were defined, which include tests and controls to guarantee the results.

In addition, the size of the workshop, welding equipment and profiles of the personnel specialized in welding GMAW (Gas welding and electric arc welding), as well as the reference budget are determined.

In this research project, the work of recovering the impeller by means of the welding process including the non-destructive testing processes throughout the welding stage is being considered. The process of thermal treatment in furnace with a capacity for an impeller of 3.6 meters and the process of machining the impeller in a vertical lathe will be outsourced works due to the high cost of acquisition of the equipment and to implement them in the workshop.

Keyword:

Hydraulic turbine, impeller, cavitation, GMAW welding.

CAPITULO I

I Introducción.

1.1 Realidad Problemática.

En el Perú existen diversas centrales hidroeléctricas, las mismas que usan el agua para la generación de energía con la ayuda de turbinas hidráulicas.

Según el Informe anual de la operación del sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN) del año 2016, indica que los porcentajes de operación según tipo de generadoras:

Centrales hidroeléctricas: 47.6%

Centrales térmicas a gas natural: 46.5%

Otras centrales de generación (eólica, solar, carbón): 6%

Como se muestra en la siguiente tabla:

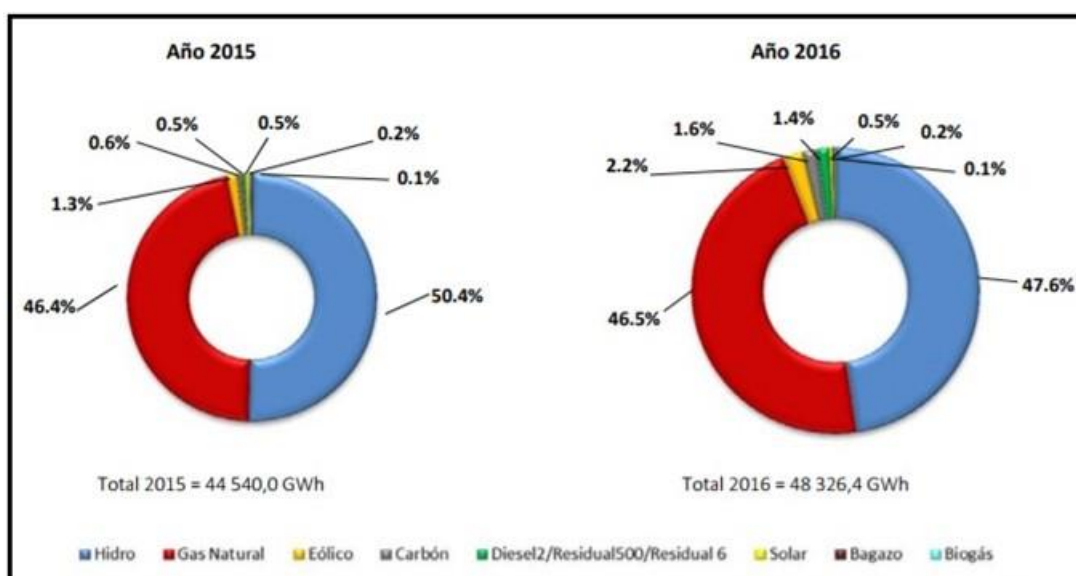


Figura 1: Gráficos de plantas de generación de energía

El mantenimiento mayor en una central hidroeléctrica es el cambio de rodete debido que de ahí parte la eficiencia de la generación de la central hidroeléctrica. La central hidroeléctrica Cerro del Águila donde laboro consta de 3 unidades generadoras con una potencia total de 510 Mw que entro en operación en agosto del 2016, cada generador produce 170 Mw consumiendo un caudal de 70 m³/s dichas aguas son provistas del rio Mantaro y almacenadas en una presa de 80 metros de altura y un área de 28096 Km².

Debido a este mantenimiento mayor que según los datos de medición de desgaste semestral realizados al rodete se realizara cada 6 años, por esto nace la idea de realizar

un proyecto de la reparación de rodete de la central hidroeléctrica Cerro del Águila, al ser una hidroeléctrica de gran tamaño (la segunda más grande del Perú) la empresa Andritz Hydro ha propuesto su reparación en su taller de México como marca representante que implemento la parte mecánica, eléctrica y electrónica de toda la central hidroeléctrica.

Los países en donde están ubicadas los talleres de reparación de la empresa Andritz Hydro son Chile y México. Un promedio de una reparación de un rodete de esta dimensión de 3.6 metros de diámetro esta alrededor de US\$ 550,000.

El proyecto enfocado a la reparación del rodete en la hidroeléctrica Cerro del Águila en las instalaciones de la misma central, es implementar un taller especializado en la reconstrucción del rodete, para optimizar costo de reparación, tiempos de traslado del rodete al extranjero, mejor control del proceso de soldadura y menor tiempo de reparación.



Figura 2: Taller de reparación de rodete de la empresa Andritz Hydro - México

En la siguiente tabla se muestra los cuadros comparativos entre la cotización de la Empresa Andritz Hydro y la alternativa propuesta de repararlo en un taller especializado dentro de las instalaciones de la central hidroeléctrica Cerro del Águila:

En el extranjero por la empresa Andritz Hydro (Tabla 1).

Tabla 1. *Cotización de la empresa Andritz Hydro*

Andritz Hydro
Flete del rodete a taller de extranjero - México
Reparación del rodete mediante proceso de soldadura GMAW
Maquinado, tratamiento térmico y pulido
Tiempo de entrega: 12 meses
Costo total del servicio: US\$ 550,000

Fuente: Elaboración propia

La reparación local por parte de la Empresa Cerro del Águila (Tabla 2).

Tabla 2. *Prepuestado estimado de implementación del taller de la central hidroeléctrica Cerro del Águila*

Cerro del Águila S.A	
Incluye:	
Construcción de un taller de 6000 metros cuadrados.	(US\$ 500,000)
Compra de maquinaria: Puente grúa 40/10 toneladas, 03 máquinas de soldar para proceso GMAW, 01 compresor de aire, 06 equipos de esmeril eléctrico y neumático, 01 camión grúa de 40 toneladas, 01 equipos de ensayo no destructivos para verificación proceso soldadura, 01 compresor aire Atlas copco (8bar), 02 maleta de herramientas.	(US\$ 232,600)
Compra de consumibles: soldadura, disco de desbaste, pulifan.	(US\$ 30,233)
Contratación de personal para taller.	(US\$ 98,000)
Servicios de terceros para los procesos de maquinado en torno vertical para diámetro de 3.6 metros del rodete Francis.	(US\$ 10,000)
Servicio de tercero para el tratamiento térmico de la rueda Francis.	(US\$ 10,000)
Tiempo de reparación: 10 meses	
Costo total del servicio: US\$ 1,028,633	

Fuente: Elaboración propia

Situación actual

La Central Hidroeléctrica Cerro del Águila, se encuentra ubicada en la sierra central del Perú, en la Región Huancavelica, provincia de Tayacaja, distritos de Colcabamba, Andaymarca y Surcubamba, pertenece a la Empresa Kallpa Generación dedicado a la generación de energía eléctrica.

La Central Hidroeléctrica Cerro del Águila genera energía empleando la fuerza de las aguas del río Mantaro. Inició su proceso de construcción el año 2013. Está compuesta por 3 unidades generadoras de 170 Mw que entrega energía al sistema interconectado SEIN. Las operaciones de dicha central empezaron en agosto del 2016.

Desde el inicio de operaciones se han realizado los mantenimientos programados de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos de la central hidroeléctrica de acuerdo al requerimiento de la empresa Andritz Hydro, el cual realizó el montaje, puesta de equipos, comisionamiento y puesta en marcha de la central hidroeléctrica Cerro del Águila.

La parte principal de las unidades generadoras es el rodete Francis de eje vertical, está hecho de un acero inoxidable martensítico G-X3CrNi 13-4, su país de procedencia es Alemania.

Tabla 3. Características del rodete Francis de central hidroeléctrica Cerro del Águila

Diámetro externo del rodete	3607 mm																				
Número de álabes del rodete	13																				
Peso total del rodete	24532 kg																				
Material	X3CrNi13-4 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Element</th> <th>Weight %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fe</td> <td>76.3549 — 84.9999</td> </tr> <tr> <td>Cr</td> <td>12.0 — 15.0</td> </tr> <tr> <td>Ni</td> <td>3.0 — 5.0</td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td>0.0 — 1.5</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>0.0 — 1.0</td> </tr> <tr> <td>Mo</td> <td>0.0 — 1.0</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>0.0 — 0.04</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>0.0 — 0.03</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>0.0 — 0.025</td> </tr> </tbody> </table>	Element	Weight %	Fe	76.3549 — 84.9999	Cr	12.0 — 15.0	Ni	3.0 — 5.0	Mn	0.0 — 1.5	Si	0.0 — 1.0	Mo	0.0 — 1.0	C	0.0 — 0.04	P	0.0 — 0.03	S	0.0 — 0.025
Element	Weight %																				
Fe	76.3549 — 84.9999																				
Cr	12.0 — 15.0																				
Ni	3.0 — 5.0																				
Mn	0.0 — 1.5																				
Si	0.0 — 1.0																				
Mo	0.0 — 1.0																				
C	0.0 — 0.04																				
P	0.0 — 0.03																				
S	0.0 — 0.025																				

Fuente: Elaboración propia.

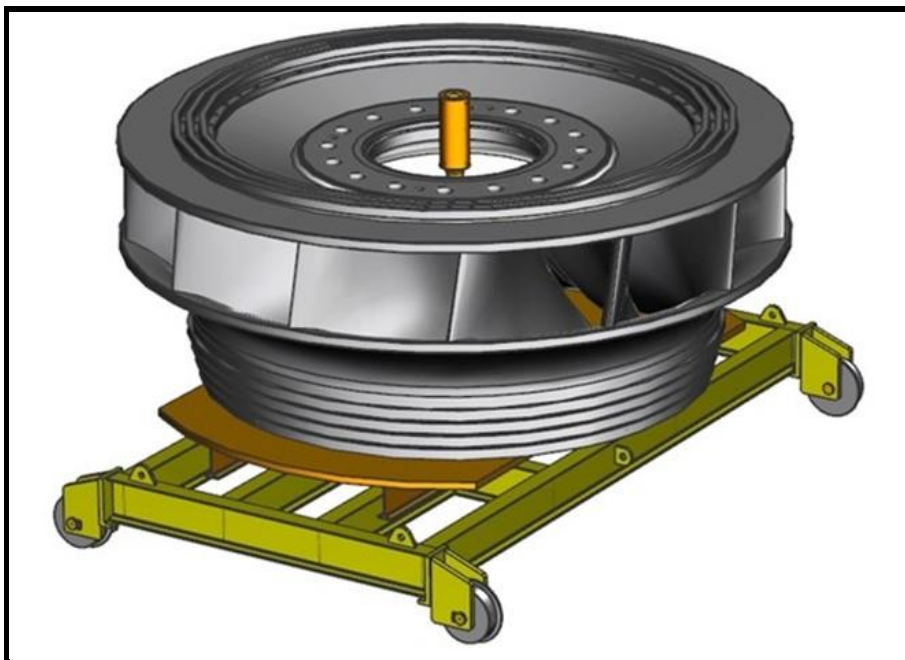


Figura 3: Rodete Francis de la central hidroeléctrica Cerro del Águila

Las intervenciones de mantenimiento en el rodete se realiza inspecciones cada 6 meses para verificar el estado del rodete dichas inspecciones son las siguientes:

- Controlar medición de espesores de los 13 alabes de salida del rodete en 5 puntos según formato de inspección.
- Inspección visual de rodete, si presenta cavitación, desprendimiento de material por impacto, desgaste excesivo por abrasión.
- Realizar inspección de tintes penetrantes para verificar alguna fisura en el rodete.
- Verificar la forma de las superficies hidráulicas de los álabes por medio de las plantillas.
- Controlar el espesor del borde de la salida de cada álabe al menos en 5 puntos.
- Hacer un mapeo de las zonas desgastadas/deterioradas.

Estos datos adquiridos cada 6 meses son recopilados en formatos de inspección para realizar la tendencia de desgaste del rodete, adicional son los reportes mensuales de energía eléctrica generada, sólidos en suspensión del agua turbinada durante la generación de energía eléctrica por cada unidad.

1.2 Trabajos previos.

1.2.1 Oviedo (2008) en su investigación rehabilitación de los grupos de generación de la central hidroeléctrica Yaupi-Junin-Peru.

Objetivo: Esta tesis presenta una lista de trabajos de rehabilitación, mantenimiento y cambios en el equipamiento principal de la central hidroeléctrica Yaupi. Para realizar estas mejoras, se está considerando: rehabilitación del túnel, mantenimiento al interior de las tuberías forzadas, cambio de: rodetes, bobinas del estator del generador, celdas de interruptores principales, reguladores de tensión y velocidad.

Conclusión: Se obtiene un incremento de potencia de 20% en la generación de energía subiendo la potencia de 104 Mw a 130 Mw.

1.2.2 Silva (2007) en su investigación de repotenciación de las turbinas Francis de la central hidroeléctrica Cahua-Cajatambo-Peru.

Objetivo: La repotenciación consistió en el aumento de altura a los álabes directrices (de 199.5 mm a 205.5 mm), el incremento de la distancia existente entre la tapa superior e inferior (de 200 mm a 206 mm) y el aumento de la longitud entre la corona y banda del rodete (de 200 mm a 209 mm); éstos cambios han originado el aumento del caudal nominal para cada turbina (de 11 m³/s a 12 m³/s), lo que ha permitido elevar la potencia de 20.5 MW a 22.8 MW.

Conclusión: Incremento de la potencia de 20.5 Mw a 22.8 Mw en cada grupo, es decir un incremento de potencia de 11% sumando los dos grupos de generación.

1.2.3 Jiménez (2006) en su investigación modernización del mantenimiento preventivo de las turbinas Pelton de la Central Hidroeléctrica Juan Casorio – Moyopampa-Peru.

Objetivo: La implementación de un programa de mantenimiento preventivo mediante un software que organice el Mantenimiento. Se realiza una descripción de los componentes principales de la Turbina Pelton, así como los desgastes a los que suelen estar expuestas en los centros de generación después se describe las actividades del Mantenimiento Preventivo y Predictivo de los componentes de una turbina Pelton, la optimización del proceso de mantenimiento, que requiere de una planificación y programación eficaz; con este fin desarrollo un software aplicativo.

Conclusión: Al implementarse el plan de mantenimiento reduce los incidentes y accidente, mejorar el proceso de mantenimiento y disminuir los tiempos perdidos durante un mantenimiento.

1.2.4 Sagñay (2012) en su investigación estudio de factibilidad para el diseño de una planta industrial de mecanizado para la reconstrucción de turbinas Francis y Pelton de generación eléctrica para la empresa CELEC – Ecuador.

Objetivo: El objetivo de la tesis es la implementación de un taller para la reparación de las turbinas Francis y Pelton de la empresa CELEC. En esta tesis se procedió a realizar los diferentes estudios para llevar a cabo la consecución de este proyecto y la realización de diagramas importantes como diagramas de flujo, de proceso, de recorrido, distribución de planta, plano de planta, etc.; necesarios para la reconstrucción de turbinas y el respectivo estudio financiero para determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

Conclusión: La implementación del centro de mecanizado de reconstrucción de turbinas se logró un ahorro económico del 70% al reconstruir cada conjunto de turbina que al comprar sus elementos directamente al fabricante.

1.2.5 Arrieta (2003) en su investigación trata de la soldabilidad de aceros inoxidables, Cartagena de indias, Colombia.

Objetivo: Describir un documento con las diferentes características de soldabilidad de los aceros inoxidables; establecer diferentes procesos existentes y formas adecuadas de trabajo en ellos.

Conclusión: Mejorar el procedimiento de soldadura de acuerdo al tipo de soldadura a utilizar.

1.3 Teorías Relacionadas.

1.3.1 Turbina Francis.

“Son conocidas como turbinas de sobrepresión por ser variable la presión en las zonas del rodete, o de admisión total ya que éste se encuentra sometido a la influencia directa del agua en toda su periferia. También se conocen como turbinas radiales-axiales y turbinas de reacción”. (Mataix, 2002, p. 45)

“El campo de aplicación es muy extenso, dado el avance tecnológico conseguido en la construcción de este tipo de turbinas. Pueden emplearse en saltos de distintas alturas dentro de una amplia gama de caudales (entre 2 y 200 m³/s aproximadamente)”. (Mataix, 2002, p. 46)

Consideraremos la siguiente clasificación, en función de la velocidad específica del rodete, cuyo número de revoluciones por minuto depende de las características del salto.

- Turbina Francis lenta. Para saltos de gran altura (alrededor de 200 m o más).
- Turbina Francis normal. Indicada en saltos de altura media (entre 200 y 20 m)
- Turbinas Francis rápidas y extra rápidas. Apropriadas a saltos de pequeña altura (inferiores a 20 m).

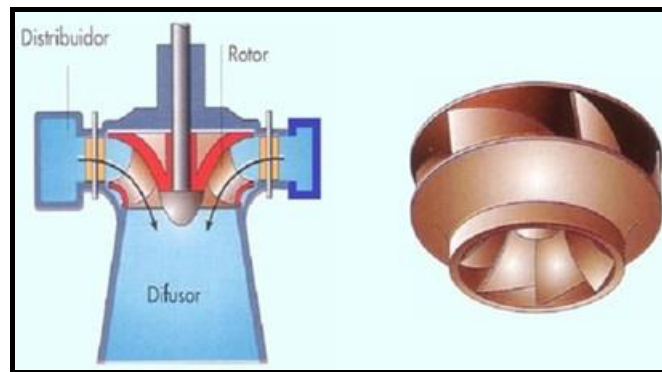


Figura 4: Rodete Francis

1.3.2 Fenómenos anómalos en las turbinas hidráulicas.

- **Cavitación en máquinas hidráulicas**

La cavitación es un fenómeno que se debe considerar en el diseño de una gran variedad de máquinas sobre las cuales hay fluido circulante. Bajo determinadas condiciones, la cavitación puede disminuir la potencia suministrada y el rendimiento de las turbinas; también puede producir vibraciones, ruido y la erosión de los materiales más cercanos.



Figura 7: Rodete dañado por cavitación

Desde el punto de vista de utilización, si la cavitación es inevitable, hay que saber si un determinado diseño de máquina, aunque con algunas restricciones, puede funcionar dentro de patrones aceptables. A menudo, la operación con alguna cavitación se tolera debido a necesidades operacionales.

Las excitaciones debidas a la cavitación generalmente son de banda ancha y ocurren a altas frecuencias, dependiendo del tipo y del punto de funcionamiento de la máquina.

Una primera definición operativa podría ser la siguiente: la cavitación es la formación y actividad de burbujas (cavidades) en líquidos.

1.3.3 Mantenimiento en turbinas Francis.

Entre los equipos más complejos y costosos que se utilizan en la generación de energía se encuentran las turbo máquinas, particularmente las turbinas. Su operación debe vigilarse de manera continua tanto para detectar fallas potenciales o incipientes como para programar su mantenimiento, a fin de aumentar su confiabilidad, disponibilidad y vida útil. También resulta crucial que las tareas de mantenimiento de este tipo de equipos se efectúen con rapidez para reanudar lo antes posibles la generación de energía.

Algunos problemas que se pueden mencionar son la reducción de los recursos necesarios para el mantenimiento de las plantas existentes y para la construcción de nuevas, la vida útil de diseño de los equipos principales, deterioro de las turbinas debido al fenómeno de cavitación y la demanda de energía.

Estudios realizados en Estados Unidos indican que los costos de mantenimiento representan entre un 15% y 40% de los costos totales de la producción de las centrales de generación típicas. Otras estadísticas revelan que de 10% a 300% de todo el tiempo

perdido en las plantas de generación se debe a fallas en los equipos rotatorios. Son estas algunas razones por las que es de suma importancia conocer los mecanismos de deterioro que sufre un generador para tomar medidas correctivas que detengan el proceso, con el fin de evitar daños catastróficos que impliquen salidas no programadas para dar mantenimiento, que finalmente reducen la eficiencia y afecta la disponibilidad de energía. En este artículo se discuten algunos mecanismos de deterioro que se han encontrado en el estator (devanado y núcleo) y el rotor de generadores por el proceso natural de envejecimiento y por operación anormal.

1.3.4 Métodos para la reconstrucción de los elementos hidromecánicos de una turbina Francis.

Para la recuperación de partes de turbinas Francis, los procesos involucrados son variados y exigentes para garantizar el trabajo óptimo, estos procesos deben estar respaldados con un control de calidad en el proceso y en producto, en todas sus etapas de reconstrucción. Por lo tanto, se debe realizar bajo especificaciones técnicas de ejecución que garanticen la calidad de la parte o elemento reconstruido.

Las especificaciones técnicas para la reparación de los elementos o partes de las turbinas deberán seguirse de acuerdo a lo indicado por los diseñadores y manuales respectivos, en conformidad a la norma correspondiente:

- Normas I.E.C (Comisión Electrotécnica Internacional)

La norma I.E.C 60193: 1999 está referida a turbinas hidráulicas, bombas de acumulación y turbinas (pruebas de aceptación del modelo)

Métodos de ensayos no destructivos. La garantía de un trabajo de recuperación será determinante en los ensayos no destructivos, en ellos determinaremos: dureza, presencia discontinuidades, tolerancias geométricas, tolerancias dimensionales.

Los ensayos que se realizarán con mayor prioridad son por líquidos penetrantes y partículas magnéticas, de los cuales se hará un estudio minucioso de estos ensayos.

Inspecciones por líquidos penetrantes. La inspección por líquidos penetrantes es un tipo de ensayo no destructivo que se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales examinados.

Procedimiento para la inspección por partículas magnéticas. Este método sirve para detectar la presencia de fisuras y recubrimientos, rayones, inclusiones y discontinuidades semejantes en materiales ferro magnético, como el hierro y el acero. El método detectará discontinuidades de la superficie demasiado finas para apreciarse a

simple vista y también detectará discontinuidades ligeramente por abajo de la superficie aproximadamente, a 3 mm.

Métodos de desbaste. Los procedimientos de desbaste y pulido de superficies desgastadas son procesos contemplados en todo el proceso de reconstrucción, por lo tanto, el tipo de herramientas serán manuales eléctricos y/o neumáticas, contando con un compresor para el abastecimiento de aire a presión, y la elección de abrasivos acordes a los materiales a ser recuperados.

Métodos de recuperación por soldadura. Para la reconstrucción de los elementos hidromecánicos de las turbinas hidráulicas se aplicará procesos de soldadura de acuerdo a las fallas que presenten en sus superficies fallas que se conocerán en la aplicación de los END (Ensayos no Destructivos).

Se aplicará el material de aporte de acuerdo al material base y al proceso de soldadura utilizado. En algunos procesos se complementa con tratamientos térmicos, para aliviar tensiones ocasionadas con los procesos de soldadura y mecanizado estos deben ser controlados y evaluados continuamente. Es necesario controlar la temperatura de soldadura en los diferentes tramos de relleno. El no alterar la estructura del material base se debe tener sumo cuidado y mantener en márgenes establecidos en los procesos de soldadura de acuerdo al material base y material de aporte. La recuperación de su perfil hidrodinámico y dimensional se lo realizara bajo dos procesos de soldadura como:

- SMAW, también denominado MMAW. Este corresponde a soldadura normal con electrodo revestido.
- GTAW, denominado vulgarmente TIG. Corresponde a soldadura por arco con protección gaseosa, y electrodo no consumible.
- GMAW, denominado vulgarmente MIG. Corresponde a soldadura por arco con protección gaseosa, y electrodo consumible.

Método de balanceo estático. Consiste en alterar la distribución de la masa de un rotor con el objeto de eliminar las vibraciones debidas al desbalance que se producen sobre los puntos del mismo.

a) **Fuentes de desbalance.** La causa principal del desbalance en las turbinas hidráulicas se produce por la pérdida de masa del rodete, la misma que es producida por los diferentes fenómenos anómalos que le afectan directamente al cuerpo; comúnmente la erosión es la que más afecta a los rodetes seguido de la cavitación, produciendo con el tiempo fuertes vibraciones si no son corregidos a tiempo.

- b) **El balanceo estático.** Para el caso de balanceo de rodetes, La manera de balancear estáticamente este sistema es bastante sencilla. Se coloca el rodete sobre unos rieles como se muestra en la figura:



Figura 8: Balanceadora Estática

Como la masa de desbalance del rodete tiende a quedar en línea vertical hacia abajo, la masa de balanceo se coloca en posición opuesta. La magnitud y posición de la masa de balanceo se hace por tanteos, hasta que se obtiene el estado de balance, que es cuando el disco queda en equilibrio independientemente de la posición en que se coloque sobre los rieles. Este método se basa en que, cuando un sistema está balanceado estáticamente, la suma de momentos con respecto a un eje cualquiera que pase por su centro de rotación debe ser cero.

Tratamientos térmicos. El proceso de soldar crea tensiones internas en el material, las cuales, dependiendo de su magnitud y de las características del material, pueden convertirse en un grave peligro y provocar fallas en la turbina.

El tratamiento término de revenido, cuando se realiza adecuadamente, permite reducir la concentración de tensiones creadas con la soldadura y mejora las propiedades de la misma, haciéndola menos frágil y más blanda.

La velocidad de calentamiento, la velocidad de enfriamiento, la temperatura y la duración del alivio son factores muy importantes en el tratamiento término o alivio de tensiones.

1.3.5 Costos de Mantenimiento.

Los costos de mantenimiento son los gastos causados por las acciones ejecutadas para conservar los equipos o maquinas en buen estado y funcionamiento, o restáuralos a un estado específico de funcionalidad.

Importancia de los Costos de Mantenimiento

El mantenimiento puede ser considerado por algunos gerentes: Un gasto, una inversión o un seguro de producción.

El manejo adecuado de los costos de mantenimiento puede discrepar entre la competitividad y la ruina de la empresa que debe prepararse para el reto de nuevos conocimientos y procesos.

Costos en el Mantenimiento

Teniendo presente que, para la administración, una de sus principales tareas es minimizar los costos, se hace importante conocer sus componentes.

Costos directos

Relacionados con el rendimiento y mientras mayor es la conservación de los equipos los precios serán menores. Dependen del tiempo de empleo del equipo y la atención que el mismo requiere. Comprende:

- Mano de obra directa y contratada.
- Materiales y repuestos.
- Utilización de herramientas y equipos.
- Contratos de revisiones e intervenciones.

Costos indirectos

Son aquellos gastos que no pueden atribuirse directamente a una operación específica. Por ejemplo: la supervisión, instalaciones, almacén, servicio de taller, administración, servicios públicos, etc.

Costos financieros

Son gastos ocasionados por el valor de los repuestos y por las amortizaciones de los equipos. Los costos por recambios para realizar reparaciones, son un desembolso que limita la liquidez de la empresa. Esta inversión la hace la empresa para mantener la capacidad productiva, sin embargo, con el tiempo se convierte en un gasto que no genera beneficio alguno para la empresa.

Costos de tiempos perdidos

Son aquellos que no están relacionados con mantenimiento, pero se originan de alguna forma por el mismo. Cuando una máquina queda fuera de servicio, se incurre en costos debido a las horas de trabajo de dicha máquina. Que ocasiona bajas en la capacidad productiva, en este caso se necesita información para manejar los tiempos perdidos y necesidad de materiales, de esta manera evitar los costos que ocasionan: Paros en la producción, desperdicios de materia prima, fallas en la calidad del producto, demoras en las entregas, etc.

1.4 Formulación del Problema.

¿Mediante el diseño e implementación de un taller especializado en reparaciones de rodets Francis, se disminuirán los costos de mantenimiento en la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila?

1.5 Justificación de Estudio.

1.5.1 Relevancia Económica.

Los costos de un proceso de soldadura de un rodete de turbinas Francis son altos y deben realizarse por personal capacitado. Los costos de reparación por Andritz Hydro es de US\$ 550,000 y la reparación local en el taller de Cerro del Águila sería de US\$ 805,000 como inversión inicial y en el segundo año la reparación de un rodete Francis estaría costando un aproximado de US\$ 110,000 debido a que el primer año se invirtió en la implementación del taller, equipos y maquinarias.

A continuación, se muestra un cuadro comparativo detallando el costo de la reparación por cada ciclo de reparación:

Tabla 4: Comparación de costos de reparación de rodete Francis en la central hidroeléctrica Cerro del Águila

Empresa	Primer año	Segundo año
Andritz Hydro	El costo de reparación por rodete Francis de las unidades generadoras sería de: US\$ 550,000	El costo seguiría siendo el mismo por el rodete de la unidad generadora #2. US\$ 550,000
Cerro del Águila	La primera reparación se estaría considerando la inversión del taller de reparación, maquinaria, personal y consumibles. La inversión incluye la reparación de un rodete cuyo tiempo de reconstrucción es de 10 meses. El monto total de inversión sería: US\$ 1,028,633	En la segunda reparación el costo por rodete es de US\$ 148,233, por lo tanto, el costo solo incluiría los gastos de personal, trabajos externos de tratamiento térmico/maquinado y consumibles cuyo costo sería de: US\$ 148,233
Ahorro por reparación en el taller de la central hidroeléctrica Cerro del Águila	Inversión inicial US\$/ 1,028,633	73 % Ahorro por rodete reparado en comparación con Andritz Hydro

Fuente: Elaboración propia

La Empresa Cerro del Águila tiene 3 turbinas Francis y el cambio de rodete se realiza cada 6 años aproximadamente dependiendo de los controles periódicos semestrales y los mantenimiento preventivos y predictivos de la turbina.

1.5.2 Relevancia Social.

El personal profesional técnico local bien capacitado, apoyado en su experiencia, en el tiempo podrá aportar con el conocimiento especializado sobre el proceso de soldadura para rodets de diámetros 3.6 metros que en el Perú todavía no se ha realizado para dicho tamaño de rueda.

El usar profesionales técnicos locales, permitirá disminuir los costos de reparación a la empresa hidroeléctrica Cerro del Águila, por lo cual se convertirá en mano de obra calificada en el proceso de soldadura y contratando personal local generará más puestos de trabajo en el país.

1.5.3 Relevancia Metodológica.

Al decidir desarrollar e implementar el procedimiento de soldadura GMAW con personal profesional técnico local permitirá usar – retroalimentar una metodología que permitirá establecer la forma más adecuada para reparar los rodets Francis, generando mayor información para futuros proyectos que tengan similar o igual enfoque para una reparación de rodets Francis de gran tamaño.

1.5.4 Relevancia Operativa.

Este proceso de reparación de rodete Francis con personal especializado local contratado por la Empresa. Los trabajos de maquinado con torno vertical, tratamiento térmico y balanceo dinámico se realizarían mediante terceros debido a que las adquisiciones de la maquinaria para realizar estos trabajos son muy elevadas. Un torno vertical para diámetros mayores a 3 metros esta valorizado en US\$ 2,000,000 y un horno para tratamiento térmico US\$ 800,000, estos equipos solo tendrían un funcionamiento de operación de un mes de trabajo al año debido a que el trabajo de soldadura dura aproximadamente 8 meses, tratamiento térmico y maquinado 1 mes en cada proceso, haciendo un total de tiempo de reparación de 10 meses.

1.6 Hipótesis.

El diseño e implementación de un taller especializado de reparación de rodets tipo Francis, permite disminuir los costos de mantenimiento en la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila.

1.7 Objetivos.

1.7.1 Objetivos Generales:

Diseñar e implementar un taller especializado de reparación de rodets tipo Francis, para disminuir sus costos de mantenimiento en la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila.

1.7.2 Objetivos Específicos:

- a) Determinar el tamaño y distribución de planta del taller,
- b) Determinar las maquinarias, herramientas e instrumentos.
- c) Determinar el perfil profesional – técnico del personal requerido.
- d) Desarrollar un procedimiento de trabajo para la reparación de rodets tipo Francis.
- e) Contrastar costos y tiempos de la alternativa propuesta con la solución actual a través de la empresa Andritz Hydro.

CAPITULO II

II Método.

2.1 Diseño de investigación.

El diseño de investigación es pre experimental porque existe la comparación de un antes y un después.

Tipo de Investigación:

Es investigación aplicada, pues hace uso de técnicas y procedimientos de la ingeniería mecánica eléctrica para analizar y plantear soluciones a un problema industrial, como es los sobrecostos de procesos de mantenimiento realizados en el exterior del país.

Nivel de Investigación:

Por el alcance de la investigación es pre experimental porque se contrastan alternativas de implementación de un taller.

Método:

Se empleará el método deductivo porque se particularizará el estudio a un tipo de rodete determinado, utilizando modelos generales de procesos de mantenimiento usando una herramienta de lean manufacturing muy importante como es la estandarización de trabajos aplicado al proceso de reparación de soldadura de la turbina Francis.

2.2 Variable Operacional.

- **Variable Independiente:** Taller especializado en reparación de rodete Francis.
- **Variable Dependiente:** Costos de mantenimiento

Tabla 5: Matriz operacional

Matriz operacional					
Diseño e implementación de un taller especializado de un rodete Francis, para disminuir sus costos de mantenimiento en la central hidroeléctrica Cerro del Águila					
Tipo de Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medida (%)
Variable independiente					
Diseño de taller especializado en la reparación de rodete Francis de la central hidroeléctrica Cerro del Águila.	Diseñar e implementar un taller especializado para la reparación del rodete Francis. Esto incluye la construcción del taller, la adquisición de equipos y materiales, la contratación de personal para los trabajos de soldadura y el procedimiento del trabajo de reparación de soldadura.	Construcción de un Taller, implementado con maquinaria para la reconstrucción de piezas por soldadura, realizar un procedimiento para la reparación del rodete Francis de las central hidroeléctrica Cerro del Águila usando una herramienta Learn Manufacturing llamada Estandarización de proceso que busca la mejora continua del procedimiento después de cada reparación del rodete Francis.	Control de medición de desgaste en rodete Francis en alabes y corona antes del proceso de reconstrucción por soldadura.	Control de tiempo de medición del rodete en la corona y alabes donde presentan los daños más considerables debido a la cavitación y desgaste abrasivo por los sólidos en suspensión.	horas
			Peso del rodete antes de la reconstrucción del rodete Francis.	Peso del rodete antes y después del proceso de reconstrucción del rodete, comparando con el peso nominal según fabricante Andritz Hydro.	kilogramos
			Procedimiento del proceso de reparación por soldadura GMAW, maquinado, esmerilado y tratamiento térmico.	Control de tiempo del proceso de soldadura, maquinado, esmerilado y tratamiento térmico.	horas
			Control de calidad del rodete después	Control de dimensiones del rodete después	0-100 %

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medida (%)
Costos de Mantenimiento de Rodetes Tipo Francis	Disminuir los costos de mantenimiento de la reparación del rodete Francis mediante una reparación del rodete en el país, y no realizar la reparación en otro países mediante la empresa Andritz Hydro, e incluso los tiempos de entrega.	Realizar la comparación de costos de mantenimiento de un rodete en el exterior por parte de la empresa Andritz Hydro y la implementación de un taller de reparación del rodete Francis de la central hidroeléctrica Cerro del Águila - Huancavelica. Simulando en que tiempo se Recupera la inversión en el taller vs los pagos en las reparaciones.	de los trabajos de reconstrucción por soldadura GMAW. Costos de reparación del rodete Francis	de su mantenimiento por reconstrucción. Costo de inversión para implementar un taller de reparación de rodete Francis en la central hidroeléctrica Cerro del Águila versus costos de reparación de rodete por parte de la empresa Andritz Hydro.	US\$

Fuente: Elaboración propia

2.3 Población y Muestra.

Por el tamaño de la Población, la muestra será la misma.

2.3.1 Población:

Tres rodetes Francis de la central hidroeléctrica Cerro del Águila – Huancavelica.

2.3.2 Muestra:

Tres rodetes Francis.

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

Constituyen el conjunto de reglas y pautas que guían actividades que realizan los investigadores en cada una de las etapas de la investigación científica. Las técnicas de investigación pueden clasificarse en técnica para la recolección de información mediante el análisis documental y técnicas para la recolección de datos.

2.4.1 Técnicas.

Dentro de la investigación “Aplicación de la Estandarización de trabajos mejoro la implementación de proceso de producción en la reparación del rodete Francis en la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila, Huancavelica-2018”

Instrumento de recolección de datos – IRD

En esta fase se recopiló los planos y esquemas correspondientes al rodete, solidos turbinados, generación de energía eléctrica, control del aspecto y estado actual del rodete, toma de fotografías del estado inicial y control dimensional del rodete.

2.4.2 Validez.

Para la validez se llevó a cabo bajo el criterio de juicio de expertos en ingeniería y en su estudio, rigiéndose bajo parámetros de medición que les permitió validar si la matriz puede realizar lo esperado en la investigación.

2.5 Método de Análisis de Datos.

Para la investigación el método de estudio que se empleó fue el cuantitativo esto debido a que la población está compuesta con datos numéricos.

2.6 Aspectos Éticos.

En la investigación se ha respetado los puntos que se solicitaron para la redacción, asimismo como la confiabilidad de los datos los cuales solo se emplearon bajo aspectos académicos protegiendo la información que se obtuvo como resultado. Por otro lado, la elaboración de la investigación se realizó respetando el derecho de autor redactando las referencias bibliográficas.

CAPITULO III

III Resultados.

3.1 Determinar el tamaño y distribución del taller.

El proyecto necesita un terreno en donde se encuentren las instalaciones mínimas para operar y desarrollar la actividad económica a emprender.

Estos requerimientos pueden ser atendidos mediante la compra del terreno, y la construcción respectiva.

La central hidroeléctrica Cerro del Águila no necesita de la compra de un terreno, debido a que tiene bastante terreno de su propiedad en donde se construiría el taller de reparación de rodets Francis pertenecientes a la central hidroeléctrica, se está considerando un espacio lo suficientemente grande para instalarlo de aproximadamente 600 m² de área.

Esta área será distribuida de tal manera que en ella puedan implementarse el área de soldadura, área de esmerilado, un almacén para los elementos hidromecánicos, parqueo para vehículos pesados y livianos.

Dentro de la planta de mecanizado se instalarán la cabina de soldadura, cabina para desbaste y pulido, bodega de herramientas, oficina de personal de taller, vestidores y servicios sanitarios.

Dentro de la planta sobre sus bases se deslizará un puente grúa de capacidad 40 toneladas que es muy importante para la movilización de los elementos hidromecánicos que van a ser reconstruidos.

Tabla 6: Presupuesto de taller

	Detalle	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
	Construcción de taller con un área de 600 m ²	01	US\$ 500,000	US\$ 500,000
	Total			US\$ 500,000

Fuente: Empresa Kallpa Generacion

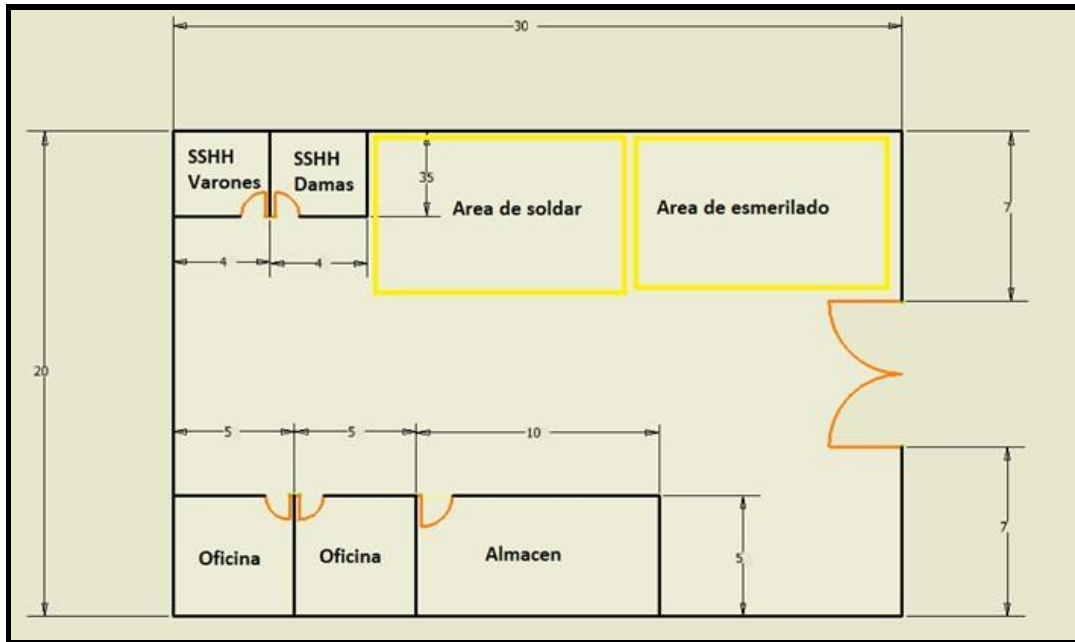


Figura 9: Distribución de taller de reparación de rodete (600m²)

3.2 Determinar las máquinas, equipos e instrumentos de medición.

3.2.1 Grúa puente de 40 toneladas.

Fundamental dentro de la planta, pues es el encargado de trasladar todos los elementos hidromecánicos más pesados de una estación a otra.

El puente grúa debe estar a una altura máxima de 10m del piso al gancho de izare, se considera 3m más para el cuerpo del puente grúa, continuando con la cubierta, que soportará el peso del puente grúa más el peso de izare que sumaría 40Tn en su estructura.

Tabla 7: Presupuesto de grúa puente

Marca	Modelo	Característica	Precio
I.I.A Italian Industrial Agency	CdAPE-TRA-GC-212	Capacidad 40 Toneladas	US\$ 80,000

Fuente: Empresa Kallpa Gneracion

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA GRÚA

Capacidad del puente-grúa 40 t

Calibre 20 metros

Altura de elevación 13 metros

Velocidad principal de elevación 4/1 m/min

Velocidad de traslación 12/3 m/min

Fabricante IIA s.r.l.

Tipo Puente grúa

Número de matrícula 1382

Serie CdAPE-TRA-GC-212

Año de fabricación 2017

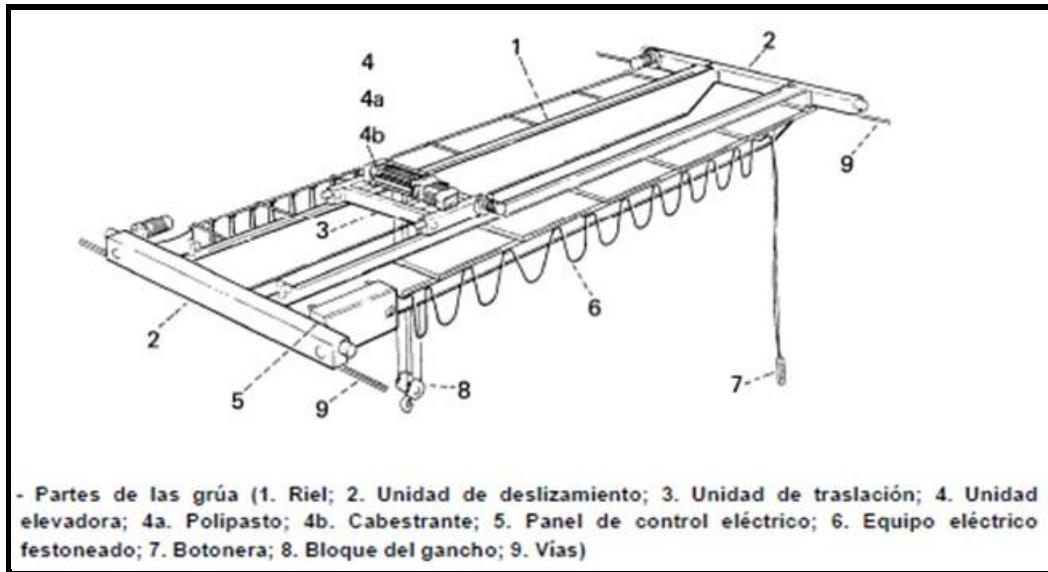


Figura 10: Grúa puente de 40 toneladas

3.2.2 Máquina de soldar para proceso GMAW.

En la soldadura es necesario controlar la temperatura de soldadura en los diferentes tramos de relleno. El no alterar la estructura del material base se debe tener sumo cuidado y mantener en márgenes establecidos en los procesos de soldadura de acuerdo al material base y material de aporte.

Tabla 8: Presupuesto de máquina de soldar

Marca	Modelo	Cantidad	Característica	Precio
KEMPOMAT	3200	03	Voltaje 230 V Factor de potencia 0.93 Rango de voltaje SMAW 10-420 Amp Rango de voltaje TIG 5-420 Amp Alimentador de alambre Promig 530 Evolution Panel de control ML Promig 530 Control MIG pulsada/sinérgica. Control de parámetros de soldadura. Selector del método de soldadura. Control dinámico SAW/MIG. Visualización de parámetros de soldadura. Prueba de gas.	US\$ 22,000

Fuente: Kallpa Generacion



Figura 11: Máquina soldar para proceso GMAW

3.2.3 Equipos para desbaste y pulido.

El desbaste y pulido será realizado de forma manual utilizando amoladoras neumáticas y eléctricas.

Tabla 9: Presupuesto de máquina de desbaste y pulido

Marca	Modelo	Cantidad	Característica	Precio
BOSCH	HSW-6238	03	AMOLADORA BOSCH HSW-6238 eléctrica de 7in con potencia de 2 HP, velocidad máxima de 8300 rpm.	US\$ 200
BOSCH	PSB9-1013	03	AMOLADORA BOSCH PSB9-1013 eléctrica de 7in con potencia de 2 HP, velocidad máxima de 6000 rpm.	US\$ 200
BOSCH	OF-1912-RE	03	AMOLADORA INDUSTRIAL OF-1912-RE neumática cabezal horizontal 7in con potencia de ½ HP, velocidad máxima de 6000 rpm.	US\$ 200

Fuente: Kallpa Generacion



Figura 12: Esmeril eléctrico



Figura 13: Esmeril neumático

3.2.4 Montacargas.

Dentro de la planta será necesario para poder movilizar elementos pequeños como las Agujas, Asientos, y Alabes directrices.

Estas máquinas se desplazan por el suelo, por tracción motorizada, destinada fundamentalmente a transportar, empujar, tirar o levantar cargas. Para cumplir esta función es necesaria una adecuación entre el aparejo de trabajo de la carretilla y el tipo de carga.

Tabla 10: Presupuesto de montacargas

Marca	Modelo	Característica	Precio
CAT	P30000	Marca Caterpillar Modelo P33000 Serie T39A-10727 Año de fabricación 2016 Capacidad 15 Toneladas (33000 lb) Tipo de llantas Neumáticas	US\$ 40,000

Fuente: Empresa Kallpa Generacion



Figura 14: Montacarga

3.2.5 Camión grúa.

El camión grúa es indispensable para del transporte fuera de la planta pues tendrá que trasladar los elementos hidromecánicos más pesados (rodete pesa 26 toneladas), hasta el ingreso de la planta para posteriormente trasladar los elementos hidromecánicos reconstruidos desde la planta, hasta la casa de máquinas de la central hidroeléctrica.

Tabla 11: Presupuesto de camión grúa

Marca	Modelo	Característica	Precio
CAMION VOLKSWAGEN	Constellation 31390	Capacidad de Carga 30 toneladas	US\$ 90,000
GRUA HIAB	Grúa XS322	Capacidad de carga 31 toneladas	US\$ 60,000

Fuente: Empresa Kallpa Generacion



Figura 15: Camión grúa

3.2.6 Equipo de ensayos no destructivos.

En general los ensayos no destructivos proveen datos menos exactos acerca del estado de la variable a medir que los ensayos destructivos. Sin embargo, suelen ser más baratos para el propietario de la pieza a examinar, ya que no implican la destrucción de la misma. En ocasiones los ensayos no destructivos buscan únicamente verificar la homogeneidad y continuidad del material analizado, por lo que se complementan con los datos provenientes de los ensayos destructivos.

Tabla 12: Presupuesto de equipos de tintes penetrantes

Marca	Modelo	Cantidad	Característica	Imagen
CANTESCO		10	Kit juego de líquidos penetrantes	US\$ 100
MAGNAFLUX	Modelo Y-1	2	Equipo de partículas magnéticas	US\$ 1,500

Fuente: Empresa Kallpa Generacion



Figura 16: Líquidos penetrantes



Figura 17: Equipo de partículas magnéticas

3.2.7 Equipos de medición

Un instrumento de medición es un aparato que se usa para medir una magnitud física.

Tabla 13: Presupuesto de equipos de medición

Marca	Cantidad	Característica	Precio
MITUTOYO	02	Cronometro	US\$ 100
STANLEY	02	Cinta métrica 5 metros	US\$ 50
STANLEY	02	Regla graduada metálica 0-100 cm	US\$ 50
MITUTOYO	04	Calibrador 0-200 mm	US\$ 300
MITUTOYO	02	Micrómetro de interiores 3000 mm	US\$ 2000
STANLEY	02	Pirómetro	US\$ 500
PCE	02	Durómetro/Medidor de dureza	US\$ 1000

Fuente: Empresa Kallpa Generacion



Figura 18: Cronometro

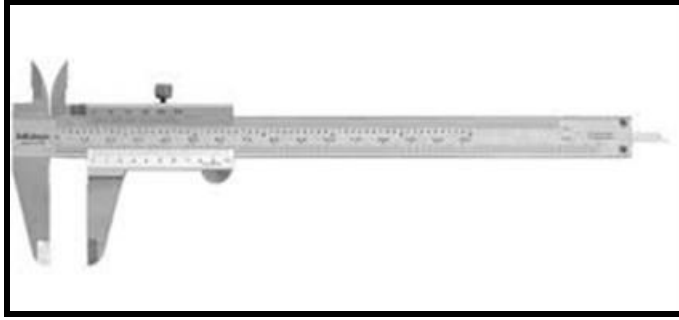


Figura 19: Calibrador 0-300 mm



Figura 20: Micrometro de interiores 3000 mm



Figura 21: Medidor de dureza

3.2.8 Maleta de Herramientas

Tabla 14: Presupuesto de maleta herramientas

Marca	Modelo	Cantidad	Característica	Precio
BIG RED	XP100	02	Maleta completa herramientas	US\$ 5000

Fuente: Empresa Kallpa Generacion



Figura 22: Maleta herramientas

3.2.9 Compresor de aire

Los compresores se emplean para aumentar la presión de una gran variedad de gases y vapores para un gran número de aplicaciones. Un caso común es el compresor de aire, que suministra aire a elevada presión para transporte, pintura a pistola, inflamiento de neumáticos, limpieza, herramientas neumáticas y perforadoras.

Tabla 15: Presupuesto de compresor de tornillo

Marca	Modelo	Característica	Precio
ATLAS COPCO	GA-18	Compresora tornillo Presión hasta 10 bar	US\$ 20,000

Fuente: Empresa Kallpa Generacion



Figura 23: Compresor de tornillo

3.2.10 Consumibles

Son todos los componentes que son usados durante la reparación de los trabajos de soldadura, esmerilado y pulido.

Tabla 16: Presupuesto de consumibles

Marca	Cantidad	Precio (US\$)	Total (US\$)
Piedras de esmeril rectas Ø 6x1x1" grano grueso	50	1,8	90
Piedras de esmeril esférica 1/2x3.1/8 " grano grueso	50	1,7	85
Piedras de esmeril esférica 1/2x3.1/8 " grano mediano	20	1,8	36
Piedras de esmeril esférica 1/2x3.1/8 " grano fino	20	1,8	36
Piedras de esmeril cónicas 1/2x1.3/4x3 grano grueso	20	1,8	36
Piedras de esmeril cónicas 1/2x1.3/4x3 grano mediano	30	1,8	48
Piedras de esmeril cónicas 1/2x1.3/4x3 grano fino	20	3,65	73
Disco de desbaste 7x1/4x7/8"	15	2,2	33
Disco de corte de 4x1/8x7/8" 14 c/u 2 28 12 336	20	1,5	30
Juegos de frascos de Líquidos penetrantes	60	0,8	48
Disco de alúmina #100	60	0,8	48
Disco de alúmina #120	40	0,5	20
Lijas #180 100 c/u 0,35 35 12 420	40	0,5	20
Lijas #400 100 c/u 0,38 38 12 456	40	0,5	20
Lijas #1500 100 c/u 0,38 38 12 456	40	0,5	20
Electrodo GTAW ER10 NiMO Diámetro 2.4 mm	200	60	12,000
Electrodo SMAW ER410 NiMo15 Diámetro 3.25 mm	200	83	17,600
COSTO TOTAL CONSUMIBLES POR RODETE			US\$ 30,223

Fuente: Kallpa Generacion

Tabla 17: Presupuesto de implementación de taller

Ítem	Descripción	Ctd	Precio unit (US\$)	Precio total (US\$)
1	Puente grúa 40 toneladas	01	80,000	80,000
2	Maquina soldar proceso GMAW	03	22,000	66,000
3	Amoladora	09	200	1,800
4	Montacarga	01	40,000	40,000
5	Camión grúa	01	150,000	150,000
6	Equipo de ensayo no destructivo	01	4,000	4,000
7	Equipos de medición	01	8,600	8,600
8	Maleta herramientas	02	5,000	10,000
9	Compresor aire comprimido	01	20,000	20,000
10	Consumibles	01	30,223	30,223
Total				410,223

Fuente: Elaboración propia

3.3 Determinar el perfil profesional técnico del personal requerido.

Realizar la contratación del personal capacitado presentando una nómina del personal profesional y técnico (01 Supervisor especialista en proceso de soldadura GMAW, 02 técnicos soldadores especialista en proceso de soldadura GMAW y 02 técnicos esmeriladores) dispuestos a cumplir con las tareas exigidas.

Tabla 18: Presupuesto de personal profesional técnico para taller

Ítem	Descripción del puesto	Cantidad	Costo mensual (US\$)	Costo Total (US\$)
1	Supervisor soldador	01	2,000	2,000
2	Soldador especializado proceso GMAW	02	1,500	3,000
3	Esmeriladores	02	1,000	2,000
Total				7,000
Costo anual del personal del taller				98,000

Fuente: Elaboración propia

3.4 Desarrollar un procedimiento de trabajo para la reparación de rodets tipo Francis.

Tabla 19: Cuadro comparativo del costo del proceso de soldadura SMAW vs GMAW por metro lineal

Comparativo entre proceso de soldadura SMAW y GMAW (US\$) por metro lineal		
Proceso de soldadura	SMAW	GMAW
Costo por electrodo	5.85	2.51
Costo por energía	0.56	0.39
Costo por equipo	0	0
Costo por fundente	0	0
Costo por gas de protección	0	2.98
Costo mano de obra	14.42	3.35
Costo total	20.84	9.22

Fuente: INDURA

a) Recepción y almacenamiento del elemento hidromecánico: Los elementos hidromecánicos son recibidos en el taller con todas las plantillas, documentos técnicos, y planos, para poder realizar la evaluación técnica pertinente.



Figura 24: Rodete Francis de 26 toneladas de la central Cerro del Águila

b) Inspección y control dimensional: Este es un proceso muy importante, porque permite cuantificar la magnitud del desgaste que presentan todas las superficies del elemento hidromecánico al igual que sus perfiles de diseño, en base a esta inspección es posible distinguir visualmente las zonas críticas y defectuosas que luego serán reparadas.

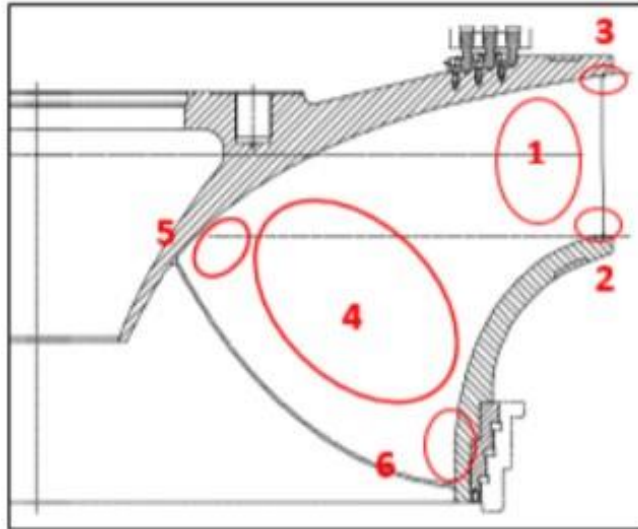


Figura 25: Inspecciones en rodete. - Zona entrada (1) y salida de agua (4), Zona de unión entre el alabe y la corona parte superior (3 y 5), Zona de unión entre alabe y corona parte inferior (2 y 6).

c) Transporte (ingreso a la planta): Los elementos hidromecánicos que califiquen para la reconstrucción ingresan a la planta industrial directamente al área de pulido y desbaste.

d) Limpieza: Esta actividad combina la acción mecánica, limpiando absolutamente todo lo referente a escorias, cascarillas provocadas por la cavitación, lodos, impurezas etc.

e) Desbastado: El desbastado es la actividad preliminar al proceso de rellenado y consiste en uniformizar la superficie para lograr un buen depósito de soldadura, esto se realiza con un desbronado con piedra de esmeril plana y esférica dependiendo del perfil, eliminando las ondulaciones propias de la erosión y ablandando toda arista viva, esto permite controlar el efecto erosivo y un posible efecto cavitatorio. Esta operación siempre debe ser controlada con medición de espesores y chequeo de formas de los perfiles, para evitar que se llegue a los valores críticos.

f) Ensayos no destructivos: En la superficie del elemento se realiza la Inspección visual, control dimensional (medidas del elemento hidromecánico según el plano de referencia), partículas magnéticas y aplicación de tintes penetrantes para detectar posibles fisuras, si fuera el caso se debe repetir el paso (e). De persistir la fisura llegando a salirse de los valores críticos el elemento hidromecánico debe ser dado de baja.



Figura 26: Inspección de fisuras con líquidos penetrantes

g) Pesaje: Con ayuda del puente grúa se puede determinar el peso del elemento hidromecánico y determinar tentativamente la cantidad de electrodos que se necesitaran para el relleno.

h) Transporte (área de precalentamiento del rodete): Con ayuda del puente grúa transportar el elemento hidromecánico hacia el área de precalentamiento del rodete mediante resistencias.

i) Precalentamiento: Calentamiento del material base, tratándose de una estructura de acero inoxidable martensítico, es necesario precalentar el material base y mantenerlo caliente durante el soldeo para ello se debe contar con un área de calentamiento con equipo oxiacetilénico, la temperatura del material base debe de estar en 120°C. Este valor depende del tamaño del elemento.



Figura 27: Precalentamiento del material base antes de soldar a una temperatura de 120°C.

j) Transporte (área de soldadura): Con ayuda del puente grúa transportar el elemento hidromecánico hacia la cabina de soldadura.

k) Soldado: Antes de iniciar el relleno es necesario secar y mantener calientes los electrodos. El aporte de soldadura se realiza manualmente, con el método del arco eléctrico, regulando el amperaje de la máquina de acuerdo al diámetro del electrodo recomendado. Durante el proceso debe efectuarse una limpieza de los depósitos de escoria, luego de cada cordón aplicado. Cuando se sueldan los alabes de salida del rodete Francis para recuperar niveles de desgaste de 2 o 3 mm, se recomienda efectuar un pre-tratamiento térmico, calentando con gas propano entre 80-120°C. Este proceso es decisivo para mantener el éxito de la reparación.

A continuación, se detalla los parámetros de operación de los procesos de soldadura a realizar como es el amperaje recomendado, deposición del material aportado en Kg/hr, y la eficiencia de los diferentes procesos de soldadura:

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA O TÉCNICAS RELACIONADAS	INTENSIDADES DE LA CORRIENTE EN AMPERES																								
	0,5	1	2,5	5	10	15	20	30	40	60	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	
Electrodos recubiertos									9	10				11				12				13			14
MIG, sobre metales pesados											10	11				12				13			14		
MIG, sobre aleaciones ligeras											10	11			12			13			14			15	
TIG, sobre todos los metales y aleaciones					9	10			11			12			13			14							
MAG									10	11			12				13			14			15		
Torchado arco-aire											10	11			12			13			14			15	
Corte por chorro de plasma													11			12			13						
Soldadura por arco de microplasma	3	4	5	6	7	8	9	10	11			12			13				14			15			

Nota: Las áreas en azul corresponden a los rangos en donde la operación de soldadura no es normalmente usada. Según las condiciones de iluminación ambiental, pueden usarse un grado de protección inmediatamente superior o inferior al indicado en la tabla. La expresión metales pesados abarca los aceros y sus aleaciones, el cobre y sus aleaciones, etc.

Figura 28: Porcentaje de corriente de trabajo según proceso de soldadura.

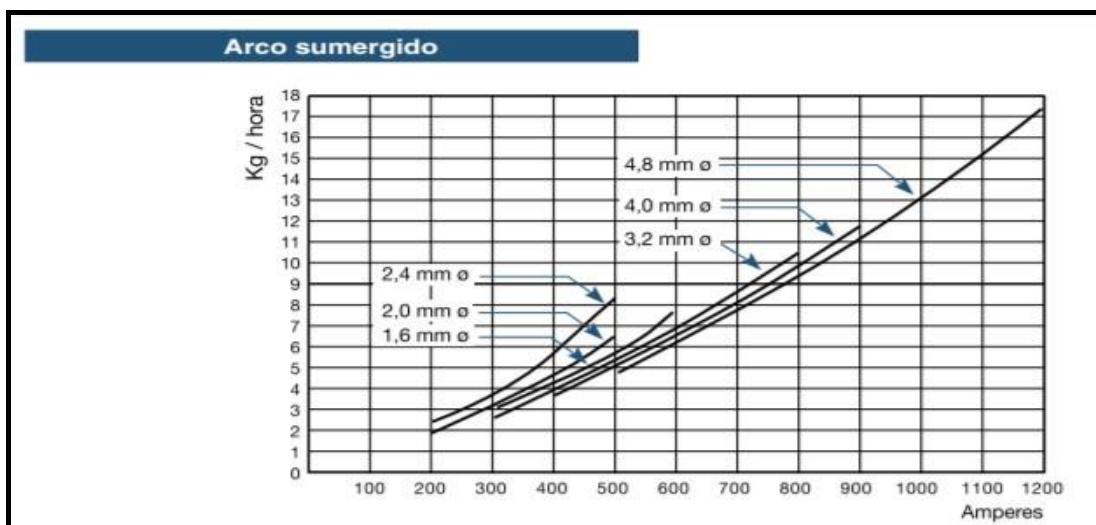


Figura 29: Velocidad de aporte en proceso soldadura arco sumergido.

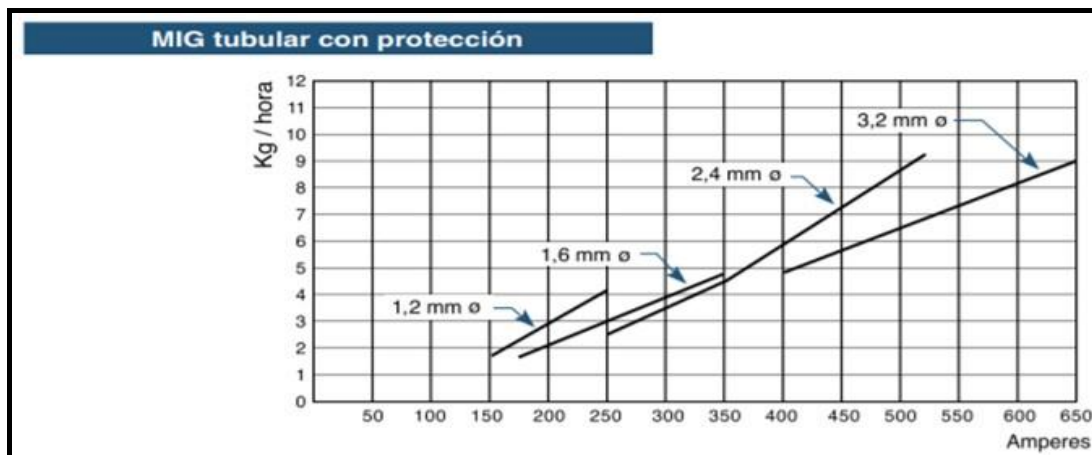


Figura 30: Velocidad de aporte en proceso soldadura GMAW.

Proceso	Eficiencia de deposición (%)	Pérdida de electrodos		Consumibles/ 100 kg metal depositado		
		Pérdida por colillas (%)	Eficiencia electrodo (%)	Electrodo (kg)	Fundente (kg)	Gas (m ³)
Electrodo manual celulósico	60	12	48	155	-	-
Electrodo manual rutilico	70-80	12	50-68	145-170	-	-
Electrodo manual bajo hidrógeno	72	12	60	160-170	-	-
Mig (corto circuito)	93	2	91	110	-	17-42
Mig (spray)	95	2	93	108	-	7-11
Tubular c/protección	83	1	82	122	-	4-20
Tubular s/protección	80	1	79	126	-	-
Arco sumergido	99	1	98	102	85-100	-

Figura 31: Eficiencia según el proceso de soldadura.

Rellenar con soldadura de electrodo revestido (BOHLER FOX CN 13/4 ϕ 3.25 mm las erosiones profundas para uniformizar la superficie de la zona a recuperar.

Realizar proceso de rellenado con varilla para proceso GMAW (BOHLER CN 13/4-IG ϕ 2.4 mm) de las zonas a recuperar con soldadura (corona superior, corona inferior, perfil de entrada y salida de los alabes)

Controlar la temperatura de las zonas recuperadas con soldadura, que no exceda a la temperatura de precalentamiento.

Después de cada cordón de soldadura se debe eliminar todo rastro de escoria, con cincel y escobilla de acero.

En cada cordón de soldadura, realizar martilleo del cordón con el fin de eliminar las tensiones internas.



Figura 32: Proceso de soldadura del rodete Francis.

l) Ensayos no destructivos: En la superficie del elemento se realiza la Inspección visual, control dimensional (medidas del elemento hidromecánico según el plano de referencia), partículas magnéticas y aplicación de tintas penetrantes para detectar posibles fisuras, si fuera el caso se debe repetir el paso (h).

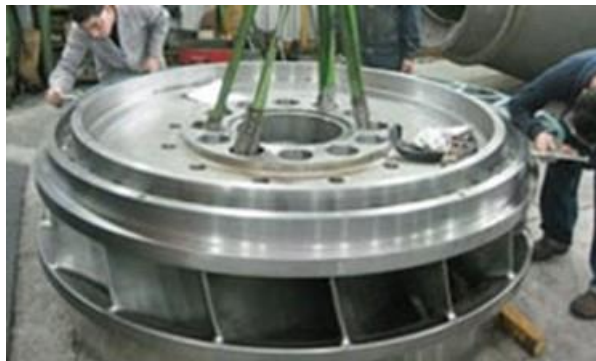


Figura 33: Prueba de partículas magnéticas en rodete.

m) Transporte (área de mecanizado): El trabajo de mecanizado será realizado en un taller de maquinado en la ciudad de Lima.

n) Mecanizado: Mecanizar las superficies lineales en el torno vertical. Este proceso se realizará en un taller de maquinado bajo supervisión del personal de la empresa Cerro del Águila.



Figura 34: Maquinado en torno vertical para diámetro de rodete de 3.6 metros

o) Transporte (área de desbaste y pulido): Con ayuda del puente grúa transportar el elemento hidromecánico hacia el área de pulido y desbaste.

p) Desbastado: El proceso de esmerilado consiste en realizar el desbaste del elemento hidromecánico rellenado para obtener sus dimensiones originales el cual consiste en tres etapas:

- Desbastado grueso con piedras planas.
- Desbastado medio con piedras esféricas grano grueso y mediano.
- Desbastado fino o pulido con piedras grano fino.

En este proceso se debe comprobar los perfiles con ayuda de las plantillas.

q) Inspección (Relleno de suelda): En la superficie del elemento se realiza una inspección visual para detectar defectos de soldadura, si fuera el caso se debe repetir el paso (h).

r) Ensayos no destructivos: Entre los desbastados grueso y medio se lleva a cabo la aplicación de tintes penetrantes para detectar defectos y fisuras.

s) Transporte (área de tratamientos térmicos): Este proceso se realizará en la ciudad de Lima previa supervisión del personal de Cerro del Águila.

t) Revenido: El efecto de tratamiento térmico (REVENIDO) sobre el elemento hidromecánico crea homogeneidad a 580°C permitiendo que el material en la zona

afectada térmicamente adquiera una microestructura similar a la del material base y por tanto propiedades similares en su espesor.

Pasos para el tratamiento térmico según fabricante:

Las temperaturas de precalentamiento, que como para el tratamiento térmico final son en función de la composición química del material, se muestran de forma indicativa en la siguiente tabla:

Material	Temperatura de precalentamiento	Temperatura
Acero_ Inoxidable 13/1	250 ÷ 300	Max. 350 °C
Acero_ Inoxidable 13/4	200 ÷ 250	Max. 300 °C
Acero al Carbono	150 ÷ 200	Max. 250 °C

El Pre-calentamiento, completo o localizado, tendrá que ser llevado a cabo preferiblemente usando un horno de inducción; alternativamente, se pueden utilizar resistencias eléctricas o quemadores de gas, posicionados a fin de obtener una temperatura uniforme del rodete a por lo menos 300 mm de distancia de los bordes a soldar.

El rodete debe protegerse cuidadosamente con material aislante y ser colocado en un lugar bien cubierto y libre de corrientes de aire.

La temperatura de pre-calentamiento debe ser controlada antes de del inicio de la soldadura y, de forma sistemática, durante la soldadura con el uso de termocuplas posicionadas a 50 mm y 100 mm de la cavidad y / o con los lápices termométricas incluso dentro de la misma cavidad.

En este último caso, antes de soldar, se debe retirar el residuo dejado por el lápiz. La temperatura de pre-calentamiento se debe mantener de forma continua hasta el final de la reparación y el enfriamiento posterior a la soldadura y el enfriamiento debe ser muy lento y bajo de aislamiento térmico.

u) Transporte (área de mecanizado): Con ayuda del puente grúa transportar el elemento hidromecánico hacia el centro de mecanizado, torno vertical y torno horizontal.

v) Mecanizado final: Mecanizar con la intención de retirar los carbonillos generados por el tratamiento térmico todas las superficies lineales en el torno vertical.

w) Transporte (área de desbaste y pulido): Con ayuda del puente grúa transportar el elemento hidromecánico hacia el área de pulido y desbaste.

x) Desbastado final: El proceso de esmerilado consiste en realizar el desbaste fino del elemento hidromecánico retirando todas las asperezas y carbonillos provocados por el tratamiento térmico.

y) Transporte (área de balanceo estático): Con ayuda del puente grúa transportar el elemento hidromecánico hacia el área de balanceo estático.

z) Balanceo: Como equilibrado designamos el hecho de determinar y compensar un desequilibrio, es decir conseguir el centrado de las masas de un cuerpo, de tal forma que el eje de rotación coincida con el eje de inercia, consiguiendo así que el giro sea concéntrico. Se instala el eje, en la brida del rodete, centrando en lo posible, para reducir el error de excentricidad, a continuación, se limpia los rieles en la bancada y verifica su nivelación, para reducir el error debido al desnivel de los rieles.

Para ello se debe lubricar los rieles y el eje para reducir el error de resistencia al rodamiento. Se hace rodar al rodete sobre los rieles suavemente hasta que vuelva al reposo, luego se marca el punto más bajo de la periferia del rodete.

Posteriormente se repite el rodaje unas seis u ocho veces, si las marcas quedan al azar en lugares diferentes alrededores de la periferia de manera equiprobable, el rodete se encuentra equilibrado estáticamente, si las marcas tienden a coincidir el rodete se encuentra estáticamente desequilibrado y se debe volver a desbastar en los puntos de mayor peso. La máquina de balanceo debe marcar el desequilibrio indicando la magnitud y ubicación.



Figura 35: Balanceo estático

aa) Levantamiento dimensional: Evaluar y tomar datos dimensionales.

bb) Pesaje y levantamiento dimensional: Con ayuda del puente grúa se puede determinar el peso del elemento hidromecánico y comprobar con los datos proporcionados en los planos técnicos del elemento hidromecánico.

cc) Embalaje: Una vez terminada la reparación se procede a encajonar los elementos hidromecánicos en cajas de madera.

dd) Transporte (área de almacenamiento): Con ayuda del puente grúa y un camión grúa transportar el elemento hidromecánico hacia el área de almacenamiento.

ee) Almacenamiento temporal: Con ayuda del camión grúa o montacargas se almacena los elementos hidromecánicos en el almacén.

3.5 Contrastar los costos y tiempos de la alternativa propuesta con la solución actual de la empresa Andritz Hydro.

El costo de inversión del taller asciende a US\$ 1,028,633 lo cual incluye construcción del taller, compra de maquinaria, herramientas e instrumentos, contratación de personal técnico de soldadura y consumibles para la reparación. En la tabla siguiente se detalla el presupuesto para dicha inversión:

<La propuesta de implementar un taller de reparación del rodete es debido a que el costo de reparación en el extranjero para la reconstrucción del rodete es bastante costoso.

La propuesta económica para la reparación por parte de la empresa Andritz Hydro es de US\$ 550,000 por rodete Francis, el cual incluye lo siguiente:

Traslado de rodete Francis de la central hidroeléctrica Cerro del Águila hacia el taller de Andritz hydro ubicado en Morelia-México.

Reconstrucción del rodete Francis en taller de Morelia – México, tiempo de reparación 10 meses, dependiendo de los daños encontrados durante la reparación del rodete.

Traslado de rodete Francis de México hacia la central hidroeléctrica Cerro del Águila.

La alternativa sería invertir en la implementación del taller de reparación de rodete Francis de la central hidroeléctrica Cerro del Águila que incluiría lo siguiente:

Construcción del taller de reparación de rodete Francis, ubicado en las instalaciones de la central hidroeléctrica Cerro del Águila.

Compra de maquinaria para los trabajos de soldadura mediante el proceso GMAW, amoladoras para el proceso de desbaste y pulido del área a soldar.

Después de los trabajos de soldadura, el maquinado del rodete de 3.6 metros y tratamiento térmico se realizarán en la ciudad de Lima por parte de una empresa que cuenta con los equipos necesarios para dicho proceso. Las maquinarias para maquinado con torno vertical y tratamiento térmico son muy costosas adquirirlas, es por ello que resulta viable tercerizar dichos trabajos para evitar un costo mayor en la propuesta de reparación del rodete Francis.

Tabla 19: Presupuesto de implementacion de taller y personal

COTIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS PARA LA IMPLEMENTACION DE UN TALLER PARA REPARACION RODETE FRANCIS EN CENTRAL HIDROELECTRICA CERRO DEL AGUILA			
Descripcion	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo total (US\$)
Obra civil			
Construcción de un taller de 1000 metros cuadrados.	1	500,000	500,000
Compra de Maquinaria			
Puente grua 40 toneladas	1	80,000	80,000
Maquina de soldar proceso GMAW	3	22,000	66,000
Amoladora Bosch electrica	6	200	1,200
Amoladora Bosch neumatica	3	200	600
Montacarga	1	40,000	40,000
Camion grua	1	150,000	150,000
Líquidos penetrantes	10	100	1,000
Equipo de particular magneticas	2	1,500	3,000
Equipos de medicion (cronometro, calibrador, micrometro interiores, flexometro, medidor de dureza)	1	8,600	8,600
Maleta de herramientas	2	5,000	10,000
Compresor de aire Atlas Copco GA 18 (Presion 8 bar)	1	20,000	20,000
Compra de consumibles: soldadura, disco de desbaste, pulifan.	1	30,233	30,233
Personal			
Supervisor taller (US\$ 2,000 mensual x 14 meses incluye gratificacion)	1	28,000	28,000
Soldadores especializados en proceso GMAW (US\$ 1,500 mensual x 14 meses incluye gratificacion)	2	21,000	42,000
Ayudante de soldador (US\$ 1,000 mensual x 14 meses incluye gratificacion)	2	14,000	28,000
Tercero para trabajos de maquinado y tratamiento termico			
Maquinado de rodete en torno vertical	1	10,000	10,000
Tratamiento termico de rodete de 26 toneladas	1	10,000	10,000
Total			1,028,633

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Comparacion de costos entre reparacion local vs reparacion en el extranjero

CUADRO COMPARATIVO SOBRE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO DE RODETES FRANCIS DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA CERRO DEL AGUILA							
Empresa	2021	2022	2023	2026	2027	2028	Costo total
	Reparacion de rodete 1	Reparacion de rodete 2	Reparacion de rodete 3	Reparacion de rodete 1	Reparacion de rodete 2	Reparacion de rodete 3	
Andritz Hydro (US\$)	550,000	550,000	550,000	550,000	550,000	550,000	3,300,000
Cerro del Aguila (US\$)	1,028,633	148,233	148,233	148,233	148,233	148,233	1,769,798
Ahorro proyectado hacia 2 reparaciones cada 5 años (US\$)	-478,633	401,767	401,767	401,767	401,767	401,767	1,530,202
Porcentaje de ahorro por cada reparacion (%)	-87.0	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	46.4
Observaciones:							
1.- La central hidroelectrica Cerro del Aguila al implementar el taller de reparacion para sus rodetes Francis, el primer año tendria que invertir US\$ 1,028,633 para construir el taller, adquirir equipos y personal tecnico calificado en soldadura GMAW.							
2.- A partir del segundo año en la reparacion de la turbina Francis de la unidad generadora N°2 se observa en el grafico que va retornando la inversion debido a que la reparacion del rodete solo hay gastos de mano de obra y consumibles.							
3.- Si nos proyectamos para 2 reparaciones de los 3 rodetes cada 5 años habria un ahorro de US\$ 1,530,202.							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Produccion de generacion de energia 2017

Registro de produccion de energia actica (Gwh) – Año 2017												
Equipo/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Unidad generadora 1	89.39	78.64	44.43	21.3	81.21	89.07	84.35	72.38	78.81	86.51	79.17	74.48
Unidad generadora 2	61.24	67.53	44.3	32.67	81.39	67.1	64.76	60.73	70.16	82.55	66.19	72.69
Unidad generadora 3	92.35	44.08	43.31	27.94	71.14	85.94	41.19	41.7	47.54	59.74	46.63	60.62
Mini central	2.6	1.55	0.65	0	3.24	3.18	1.51	2.11	2.15	2.44	3.65	6.62
Total de produccion (Gwh)	245.58	191.80	132.69	81.91	236.98	245.29	191.81	176.92	198.66	231.24	195.64	214.41
Costo marginal (US\$/Gwh)	8.32	8.52	10.17	7.31	6.02	11.02	9.99	13.65	13.40	7.98	9.99	8.00
Venta de energia (US\$)	2,043,225	1,634,136	1,349,457	598,762	1,426,619	2,703,095	1,916,181	2,414,958	2,662,044	1,845,295	1,954,443	1,715,280
Total de generacion (US\$)	22,263,499											

Fuente: Elaboracion propia

Tabla 22: Costo marginales promedio en la generadoras de energia 2017

Costos marginales del año 2017	
Mes	US\$/Mwh
Enero	8.32
Febrero	8.52
Marzo	10.17
Abril	7.31
Mayo	6.02
Junio	11.02
Julio	9.99
Agosto	13.65
Setiembre	13.40
Octubre	7.98
Noviembre	9.99
Diciembre	8.00

Fuente: Informe anual 2017 COES (Comité de operacion del sistema inter conectado nacional)

Tabla 23: Cotización de equipos para implementación del taller

Cotización de Equipos y maquinarias para la implementación de un taller			
Descripción	Cantidad	Costo unitario US\$	Costo total US\$
Obra civil			500,000.00
Construcción de un taller de 1000 metros cuadrados	1	500,000.00	500,000.00
Compra de Maquinaria			410,033.00
Puente grúa 40 toneladas	1	80,000.00	80,000.00
Maquinaria de soldar proceso GMAW	3	22,000.00	66,000.00
Amoladora Bosh eléctrica	6	200.00	1,200.00
Montacarga	1	40,000.00	40,000.00
Camión grúa	1	150,000.00	150,000.00
Líquidos penetrantes	10	100.00	1,000.00
Equipo de partículas magnéticas	2	1,500.00	3,000.00
Equipo de medición (cronometro, calibrador, micrómetro interior, flexómetro, medidor de dureza)	1	8,600.00	8,600.00
Maleta de herramientas	2	5,000.00	10,000.00
Compresor de aire Atlas Copco GA 18 (Presión 8 bar)	1	20,000.00	20,000.00
Compra de consumibles: Soldadura, disco de desgaste, pulifan	1	30,233.00	30,233.00
Personal			98,000.00
Supervisor de taller (\$2000 mensual x 14 meses incluye gratificación)	1	28,000.00	28,000.00
Soldadores especializados en proceso GMAW (\$1500 mensual x 14 meses incluye gratificación)	2	21,000.00	42,000.00
Ayudante de soldador (\$1000 mensual x 14 meses incluye gratificación)	2	14,000.00	28,000.00
Tercero para trabajos de maquinado y tratamiento térmico			20,000.00
Maquinado de rodete en torno vertical	1	10,000.00	10,000.00
Tratamiento térmico de rodete de 26 toneladas	1	10,000.00	10,000.00
Total			1,028,033.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Proyección de flujo de caja anual

FLUJO DE CAJA PROYECTADO						
Expresado en US\$						
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
RUBRO / AÑO	0	1	2	3	4	5
INGRESOS	-	24,545,507.76	25,772,783.15	27,061,422.30	28,414,493.42	29,835,218.09
Ventas	-	24,545,507.76	25,772,783.15	27,061,422.30	28,414,493.42	29,835,218.09
Varios	-	-	-	-	-	-
Valor Residual	-	-	-	-	-	-
EGRESOS	-	2,912,459.85	2,985,271.34	3,059,903.13	3,136,400.71	3,214,810.72
Planilla de 50 trabajadores en dólares	-	2,228,598.48	2,284,313.45	2,341,421.28	2,399,956.82	2,459,955.74
Planilla de 30 trabajadores en dólares	-	668,579.55	685,294.03	702,426.38	719,987.04	737,986.72
Alimentación de 80 personas en dólares	-	15,281.82	15,663.86	16,055.46	16,456.85	16,868.27
Transporte de personal en dólares	-	38,204.55	39,159.66	40,138.65	41,142.12	42,170.67
MARGEN ECONOMICO	-	21,633,047.91	22,787,511.80	24,001,519	25,278,092.71	26,620,407.36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Proyección de flujo de caja mensual 2018

PERIODO 2018												
FLUJO DE CAJA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
INGRESOS	-	1,715,843	1,416,930	628,700	1,497,951	2,838,251	2,011,991	2,535,706	2,795,146	1,937,560	2,052,166	1,801,044
Ventas proyectadas al 5% anual	-	1,715,843	1,416,930	628,700	1,497,951	2,838,251	2,011,991	2,535,706	2,795,146	1,937,560	2,052,166	1,801,044
EGRESOS	-	206,242	206,242	206,242	206,242	206,242	408,136	206,242	206,242	206,242	206,242	408,136
Planilla de 50 trabajadores en dólares	-	155,303	155,303	155,303	155,303	155,303	310,606	155,303	155,303	155,303	155,303	310,606
Planilla de 30 trabajadores en dólares	-	46,591	46,591	46,591	46,591	46,591	93,182	46,591	46,591	46,591	46,591	93,182
Alimentación de 80 personas en dólares	-	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242	1,242
Transporte de personal en dólares	-	3,106	3,106	3,106	3,106	3,106	3,106	3,106	3,106	3,106	3,106	3,106
MARGEN ECONOMICO	-1,028,033	1,509,600	1,210,688	422,458	1,291,708	2,632,008	1,603,855	2,329,463	2,588,904	1,731,318	1,845,923	1,392,908

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Valor del VAN y TIR

Costo Promedio Ponderado de Capital mensual (Aporte Propio)	9.66%
VAN / VNA / VPN (US\$)	348585.98
TIR / TASA DE RENTABILIDAD	65.62%
El VAN proyectado en un mes genera una ganancia de US\$ 348,000,000.	

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV

IV. Discusión

4.1. Oviedo (2008)

En su investigación de rehabilitación de los grupos de generación de la Central Hidroeléctrica Yaupi realiza un estudio para aumentar la capacidad de generación de dicha central hidráulica. En la investigación se observa que el beneficio para el aumento de la generación de la energía se va más hacia la parte de rehabilitación de la parte civil aumentando la altura neta de caída del agua y realizando reparaciones de los componentes de turbina por desgaste.

4.2. Silva (2007)

En su investigación de repotenciación de las turbinas Francis de la central hidroeléctrica Cahua, realiza un estudio sobre la modificación en la ingeniería del rodete. Los estudios de ingeniería de un rodete en la mayoría de casos lo realizan empresa como Andritz Hydro en las fábricas de rodetes que está en Alemania. Por lo tanto, esta tesis no presenta mucha información detallada sobre la ingeniería del nuevo modelo del rodete y como le afectaría las modificaciones durante la operación.

4.3. Jiménez (2006)

En su investigación modernización del mantenimiento preventivo de las turbinas Pelton de la Central Hidroeléctrica Juan Casorio. El mantenimiento preventivo realizado en esta tesis logra identificar los componentes de la turbina para elaborar un plan detallado de mantenimiento preventivo basado en su criticidad con apoyo de un software que se implementara para llevar mejor un manejo computarizado por el personal de mantenimiento. Actualmente este tipo de software han sido modificados por software que no solo incluyen el mantenimiento, sino repuestos, consumibles, costos de reparación es decir un plan de mantenimiento completo uno de los más implementados en las empresas es el SAP. El Sistema SAP o “Systems, Applications, Products in Data Processing”.

4.4. Sagnay (2012)

En su investigación estudio de factibilidad para el diseño de una planta industrial de mecanizado para la reconstrucción de turbinas Francis y Pelton de generación eléctrica para la empresa CELEC. La construcción de una planta para la reconstrucción de piezas de las turbinas Francis y Pelton en esta tesis realiza la investigación de la construcción del taller y equipamiento para la reparación de varios tipos de rodets disminuyendo los costos de mantenimiento considerablemente.

4.5. Arrieta (2007)

En su investigación trata de la soldabilidad de aceros inoxidable, Cartagena de india. En esta tesis desarrolla un procedimiento para cada tipo de acero inoxidable, en el caso de reparación de rodets Francis que es un acero martencitico nos da a conocer sus propiedades físicas y comportamientos del acero durante el proceso de soldadura, el pre y post tratamiento térmico que hay que realizarlo.

CAPITULO V

V. Conclusiones

- Con relación a la determinación del tamaño y la distribución de la planta del taller, y con el propósito de conseguir una mayor productividad, el taller prestará una especial atención a muchos aspectos para conseguir un mayor rendimiento, a partir de una organización eficiente del mismo, en dimensiones y características técnicas, zonas limpias, delimitadas y señalizadas.
- Con relación a la determinación de las maquinarias, herramientas e instrumentos, se deberán optimizar el uso de los espacios y considerar los riesgos y los estándares que la Salud Ocupacional exige. Desarrollar un entorno de trabajo donde se encuentran las maquinarias, las herramientas y equipos potencialmente peligrosos bien controlados, la organización del taller se convierte en un elemento de seguridad.
- Con relación a la determinación del perfil profesional – técnico del personal requerido, es de vital importancia, pues ellos van a tener a su cargo el taller mecánico y su funcionamiento. Primero, la adecuada selección de expertos en el aspecto profesional y técnico y conocimientos en el sector y procedimientos, sin dejar de considerar las habilidades blandas a nivel de actitud y predisposición para el trabajo efectivo.
- Con relación al procedimiento de trabajo para la reparación de rodets tipo Francis, éste si deberá obedecer aspectos netamente técnicos y de estándares de calidad, con un margen de error tendiendo a cero.
- Con relación a los costos y tiempos de la alternativa propuesta con la solución actual a través de la empresa Andritz Hydro, estos han sido determinados con la ayuda de los administrativos de la empresa, y cuidando detalles a través de considerar la mayoría de los componentes considerados en el diseño e implementación del taller especializado, en comparación con los costos usados / considerados en la actualidad, y tratando de incluir los tiempos – los cuales sin lugar a duda, generan mayor valor a la propuesta realizada por nuestra investigación.

CAPITULO VI

VI. Recomendaciones

La planta industrial de mecanizado es técnica y financieramente viable por lo que se recomienda a la empresa Cerro del Águila lo ejecute en el menor tiempo posible.

El tiempo de envío de rodete para un taller en el extranjero en la ciudad de México es de un mes el traslado y otro mes para retornarlo al país. Los 2 meses que se pierden en el traslado sería más rentable la reparación en la localidad donde se ubica y se evitaría los tiempos perdidos por traslado del rodete.

CAPITULO VII

VII. Referencias

Referencias bibliográficas

- Fernández, Pedro (2006). Turbinas hidráulicas. (Segunda Edición). España. Editorial Universidad de Cantabria.
- Jara, Wilfredo (1998). Máquinas hidráulicas. Lima-Perú. Editorial W&Editores.
- Mataix, C. (2002). Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas. (Segunda edición). España. Editorial ICAI.
- Ortiz, Ramiro (2001). Pequeñas centrales hidroeléctricas. Colombia. Editorial Mc Graw Hill.
- Polo, Manuel (1989). Turbo máquinas hidráulicas. (3ra Edición). México. Editorial Limusa.

Tesis consultadas en línea

- Arrieta (2003) en su investigación trata de la soldabilidad de aceros inoxidables, Cartagena de indias, Colombia.(Tesis postgrado). Recuperada de <http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0024439.pdf>
- Jiménez (2006) en su investigación modernización del mantenimiento preventivo de las turbinas Pelton de la Central Hidroeléctrica Juan Casorio Moyopampa-Peru. (Tesis postgrado).Recuperada de es.scribd.com/document/236528435/Modernizaciondelmantenimientodelasturbinaspeltondelacentralhidroelectricajuancasoriomoyopampa.pdf
- Oviedo (2008) en su investigación rehabilitación de los grupos de generación de la central hidroeléctrica Yaupi-Junin-Peru. (Tesis postgrado). Recuperada de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/888/1/oviedo_os.pdf
- Sagñay (2012) en su investigación estudio de factibilidad para el diseño de una planta industrial de mecanizado para la reconstrucción de turbinas Francis y Pelton de generación eléctrica para la empresa CELEC–Ecuador. (Tesis de postgrado). Recuperada de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7940/1/56T00748.PDF>
- Silva (2007) en su investigación de repotenciación de las turbinas Francis de la central hidroeléctrica Cahua-Cajatambo-Peru. (Tesis de postgrado). repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2921/1587.pdf?sequence=1&isAllowed=y.3

Internet

- Andritz Hydro (Enero 2012). Boletín Welding Pelton. Recuperado de <https://www.hydroworld.com/articles/print/volume-20/issue-4/articles/turbines-mechanical-components/welding-pelton-runners.html>
- Bohler (Mayo 2015). Boletín Bohler Welding. Recuperado de http://www.delbarriosoldadura.com/catalogos/BOHLER/Offshore_SPA.pdf
- COES (Enero 2018). Boletín sobre costos marginales promedio del año 2017. Recuperado de www.coes.org.pe/Portal/Operacion/ProgManten/ProgAnual

CAPITULO VIII

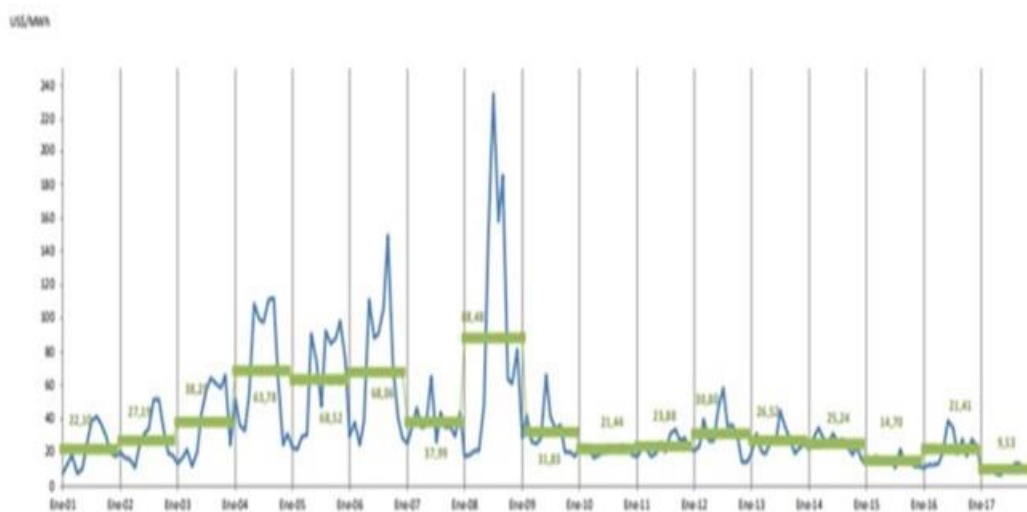
VIII. Anexos:

16 COSTOS MARGINALES DE CORTO PLAZO

CUADRO N° 16.1
COSTO MARGINAL PROMEDIO DEL SEIN 2002 - 2017
(US\$/MW.h)

MESES	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	19.99	13.11	51.20	22.72	29.41	25.00	17.39	28.89	23.15	17.49	20.92	19.35	21.39	14.11	10.99	8.32
Febrero	16.88	16.39	36.60	21.85	38.38	34.58	18.33	42.39	24.55	21.74	23.73	31.41	29.85	16.22	12.42	8.52
Marzo	15.94	21.63	32.52	29.48	24.06	46.09	20.84	26.46	21.97	21.63	39.83	19.72	34.31	17.08	12.36	10.17
Abril	10.34	11.14	54.50	29.99	38.67	34.56	20.90	25.43	16.60	17.92	26.68	18.78	28.10	13.11	13.26	7.31
Mayo	23.31	20.34	108.50	91.20	111.06	36.33	47.86	28.67	18.16	18.79	27.18	27.14	25.42	14.83	19.90	6.02
Junio	31.50	43.23	99.39	74.71	87.93	65.45	148.85	65.70	20.43	25.86	45.52	26.61	30.96	16.91	38.82	11.02
Julio	33.57	57.36	97.57	47.09	90.65	26.41	235.38	41.22	19.88	20.45	58.05	44.86	24.91	10.94	34.13	9.99
Agosto	51.21	64.63	111.60	92.82	205.92	43.70	157.88	33.88	22.89	31.51	35.09	34.73	27.42	21.50	18.93	13.65
Septiembre	51.23	61.29	112.39	85.09	149.81	34.39	185.21	36.22	23.84	33.63	36.41	28.27	23.86	14.49	27.56	13.40
Octubre	35.17	58.07	64.06	88.58	71.83	35.54	63.35	19.79	24.23	27.06	28.76	19.45	17.97	14.25	17.93	7.98
Noviembre	18.93	65.89	23.94	98.81	40.59	29.42	60.69	20.37	23.10	28.58	14.35	23.00	23.45	11.59	27.60	9.99
Diciembre	18.18	24.03	31.45	75.19	38.87	44.14	81.78	17.24	18.76	21.57	13.75	24.90	15.16	11.40	23.08	8.00
PROMEDIO	27.18	38.09	68.64	63.13	68.18	37.97	88.21	32.19	21.46	23.85	30.88	26.52	25.24	14.70	21.41	9.53

GRÁFICO N° 16.1
COSTO MARGINAL PROMEDIO ANUAL DEL SEIN
(En barra de Referencia Santa Rosa)



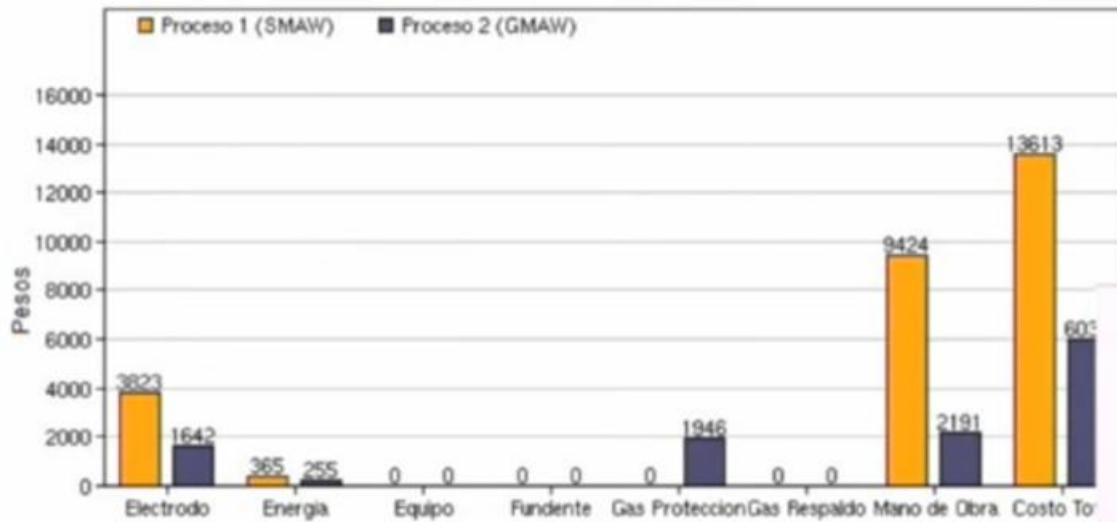
Aceros inoxidable – Martensítico

BÖHLER Estándar AWS EN	Proceso Soldadura	Análisis tipo %	Propiedades mecánicas tipo	Dim. mm	Características y aplicaciones
FOX CN 13/4 E410NiMo-15 E 13 4 B 6 2	SMAW	C 0.035 Si 0.3 Mn 0.5 Cr 12.2 Mo 0.5 Ni 4.5	Re 680 N/mm ² Rm 910 N/mm ² AS 17% Av 66 J 50 J...-60°C PWHT 600 °C/2 h	2.5 3.2 4.0 5.0	Electrodo con revestimiento básico para la soldadura de aceros blandos martensíticos de similar aleación. La aportación de soldadura proporciona una excelente ductibilidad y resiliencia, así como un bajo contenido de hidrógenos (< 5 ml/100 g)
FOX CN 13/4 SUPRA E410NiMo-15 E 13 4 B 4 2	SMAW	C 0.03 Si 0.3 Mn 0.6 Cr 12.5 Mo 0.5 Ni 4.5	Re 680 N/mm ² Rm 930 N/mm ² AS 18% Av 70 J 55 J...-60°C PWHT 600 °C/2 h	3.2 4.0 5.0	Electrodo tubular de aleación con revestimiento básico para la soldadura de aceros blandos martensíticos de similar aleación. Gracias a su excelente concepto de aleación, la aportación de la soldadura proporciona una ductibilidad y una resistencia a la fisura excelentes a pesar de su alta resistencia. Permite la soldadura fuera de posición excepto en vertical descendente.
CN 13/4-IG ER410NiMo (mod.) W 13 4 G 13 4	GTAW GMAW	C 0.01 Si 0.7 Mn 0.7 Cr 12.3 Mo 0.5 Ni 4.7	GTAW Re 750 N/mm ² Rm 830 N/mm ² AS 21% Av 150 J >32 J...-60°C PWHT 600 °C/8 h GMAW Re 760 N/mm ² Rm 890 N/mm ² AS 17% Av 80 J PWHT 580 °C/8 h	2.0 2.4 1.2	Alambroón GTAW e hilo GMAW con una exacta composición de la aleación para lograr un metal de soldadura dúctil con la mejor resiliencia CVN y resistencia a la fisura. El mejor gas para la soldadura MAG es 92 % Argón + 8 % CO ₂ .
CN 13/4-MC EC410NiMo (mod.) T 13 4 MM2	GMAW	C ≤ 0.025 Si 0.7 Mn 0.9 Cr 12.0 Mo 0.6 Ni 4.6	Re 760 N/mm ² Rm 900 N/mm ² AS 16% Av 65 J ≥ 47 J...-20 °C PWHT 580 °C/8h Shielding gas: Ar + 2.5% CO ₂	1.2 1.6	Hilo metálico tubular para la soldadura de aceros blandos martensíticos de similar aleación y aceros colados. CN 13/4-MC ofrece unas características favorables de arco spray o arco pulsado, con una mínima formación de proyecciones, unos perfiles de costura planos y lisos, un excelente comportamiento de humectación, una penetración segura y la mejor productividad. Excelentes valores de resiliencia y un contenido extra bajo de hidrógeno (< 4 ml/100 g según AWS 4.3-9.3)

TÍTULO: DISEÑO DE TALLER ESPECIALIZADO PARA EL MANTENIMIENTO DE RODETES TIPO FRANCIS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CERRO DEL ÁGUILA, HUANCAMELICA, PERÚ.				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
1. Problema General: ¿Cómo disminuir los costos por mantenimiento de rodets tipo Francis, en la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila, Huancavelica, Perú, que actualmente se realiza en el exterior del país?	1. Objetivo General: Diseñar un taller especializado de reparación de rodets tipo Francis, para disminuir los costos de mantenimiento en la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila, Huancavelica, Perú, que actualmente se realiza en el exterior del país.	1. Hipótesis General: La implementación de un taller especializado de reparación de rodets tipo Francis, permite disminuir los costos de mantenimiento en la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila, Huancavelica, Perú, que actualmente se realiza en el exterior del país.	V. Independiente Taller especializado en reparación de rodets tipo Francis.	1. Tipo de Investigación: Es investigación del tipo aplicada, pues hace uso de técnicas y procedimientos de la ingeniería mecánica eléctrica para analizar y plantear soluciones a un problema industrial, como es los sobrecostos de procesos de mantenimiento realizados en el exterior del país. 2. Nivel de Investigación Por el alcance de la investigación es descriptiva porque caracteriza un taller especializado en reparaciones de rodets tipo Francis. 3. Método: Se empleará el método deductivo porque se particularizará el estudio a un tipo de rodete determinado, utilizando modelos generales de procesos de mantenimiento. 4. Diseño de la Investigación: El diseño de investigación es no experimental porque no se manipulará ninguna de las variables; transversal porque el estudio se realizará por única vez en un determinado momento. 5. Población: Rodets tipo Francis de centrales hidroeléctricas en el Perú. 6. Muestra: 03 rodets tipo Francias de la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila, Huancavelica, Perú. 7. Técnicas: Análisis documental. 8. Instrumentos: Ficha de registros. 9. Indicadores: Costos de implementación del taller.
2. Problemas Específicos:	2. Objetivos Específicos a) Determinar el tamaño y distribución de planta del taller. b) Determinar las máquinas, equipos e instrumentos requeridos para los trabajos de reparación. c) Determinar el personal requerido para realizar los trabajos de reparación. d) Desarrollar un procedimiento de trabajo para la reparación de rodets tipo Francis. e) Determinar la factibilidad económica de la propuesta.	2. Hipótesis Específicas (opcional):	V. Dependiente: Costos de mantenimiento.	

Comparativos entre Procesos de Soldadura SMAW (Arco Manual) v/s GMAW (Mig Sólido)

COSTOS DE SOLDADURA (\$/metro lineal)



Héctor Fritz- Ingeniero de Desarrollo

Santiago Mayc



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo LUIS MIGUEL ZAVALA CHUQUITAYPE, identificado con DNI N° 10742613, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "**Diseño e implementación de un taller especializado de reparación de rodete Francis, para disminuir sus costos de mantenimiento en la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila**"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

FIRMA

DNI: 10742613

FECHA: 1 de Febrero del 2019

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

Yo, JORGE EDUARDO LUJAN LOPEZ, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo de Trujillo, revisor de la tesis titulada

"Diseño e implementación de un taller especializado de reparación de rodete Francis, para disminuir sus costos de mantenimiento en la Central Hidroeléctrica Cerro del Águila", del (de la) estudiante LUIS MIGUEL ZAVALA CHUQUITAYPE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) 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.

Lugar y fecha... Trujillo, 1 Febrero 2019



Firma

JORGE EDUARDO LUJAN LOPEZ

DNI: 17897692

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