

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



TESIS

ANÁLISIS DEL EFECTO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA HIDRÁULICA DE TIPO FRANCIS EN CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA C.H. CHAGLLA

PRESENTADA POR:

WILHEM ROGGER LIMACHI VIAMONTE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA MENCIÓN EN GESTIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

PUNO, PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

ANÁLISIS DEL EFECTO DE CAVITACIÓN

EN UNA TURBINA HIDRÁULICA DE TIPO FRANCIS EN CONDICIONES DE OPERACI

AUTOR

WILHEM ROGGER LIMACHI VIAMONTE

RECUENTO DE PALABRAS

ÓN DE LA C.H. CHAGLLA

15145 Words

RECUENTO DE PÁGINAS

92 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

75975 Characters

FECHA DEL INFORME

RECUENTO DE CARACTERES

7.3MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 10, 2024 5:53 PM GMT-5

15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado

• 1% Base de datos de publicaciones

Jan 10, 2024 5:55 PM GMT-5

- Base de datos de contenido publicado de Crossr
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)





Resumen



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TESIS

ANÁLISIS DEL EFECTO DE CAVITACIÓN EN UNA TUKBINA HIDRÁULICA DE TIPO FRANCIS EN CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA C.H. CHAGLLA

PRESENTADA POR:

WILHEM ROGGER LIMACHI VIAMONTE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA MENCIÓN EN GESTIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

B.

Dr. NORMAN JESUS BELTRÁN CASTAÑÓN

PRIMER MIEMBRO

D.Sc. LEONIDAS VILCA CALLATA

SEGUNDO MIEMBRO

ASESOR DE TESIS

.....

Mtro. WALTER OSWALDO PAREDES PAREJA

Dr. JULIO FREDY CHURA ACERO

Puno, 25 de julio de 2023

ÁREA: Ciencias de la Ingeniería.

TEMA: Análisis del efecto de cavitación en una turbina hidráulica de tipo Francis en condiciones de operación de la C. H. Chaglla **LÍNEA:** Mecánica Electrica



DEDICATORIA

A mis docentes por impartirme sus conocimientos desinteresadamente, a mi madre Sarita Viamonte que es mi motivo para seguir adelante con todos mis proyectos.



AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas y fuentes que han hecho posible el desarrollo y culminación de la presente investigación.

•••



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	х
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

.1 Marco teórico				
1.1.1 Turbinas Francis	3			
1.1.2 Funcionamiento de las turbinas Francis	3			
1.1.3 Eficiencia y diseño de las turbinas Francis	4			
1.1.4 Aplicaciones de las turbinas Francis				
1.1.5 Diseño y características de las turbinas Francis	5			
1.1.6 El Fenómeno de la cavitación en turbinas	6			
1.2 Antecedentes	9			
1.2.1 Antecedentes nacionales	9			
1.2.2 Antecedentes Internacionales	10			
CAPÍTULO II				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA				
2.1 Identificación del problema	11			
2.2 Enunciados del problema	13			
2.3 Justificación	14			
2.3.1 Justificación científica	14			
2.3.2 Justificación tecnológica	14			
2.3.3 Justificación económica	15			
2.4 Objetivos	17			

2.4.1 Objetivo general 17



2.4.2 Objetivos específicos	17
2.5 Hipótesis	17
2.5.1 Hipótesis general	17
2.5.2 Hipótesis específicas	17
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 Lugar de estudio	18
3.2 Población	19
3.3 Muestra	21
3.3.1 Interacción rotor-estator	25
3.4 Método de investigación	25
3.4.1 Materiales	26
3.4.2 Descripción de variables	27
3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos	
específicos	27
3.5.1 Descripción para el objetivo específico 1	27
3.5.1.1 Parada de máquina.	29
3.5.1.2 Bloqueo y etiquetado	29
3.5.1.3 Cierre y bloqueo de la válvula esférica UG-1.	29
3.5.1.4 Montaje de las compuertas ataguías y drenaje de	
la succión.	29
3.5.2 Descripción para el objetivo específico 2	32
3.5.3 Recolección de datos del rodete Francis UG-1 y UG-2.	36
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 Grado de desgaste en el rodete Francis UG-1	38
4.2 Grado de desgaste en el rodete Francis UG-2	40
4.3 Hallazgos encontrados en el rodete UG-1	42
4.4 Hallazgos encontrados en el rodete UG-2	44
4.5 Hallazgos encontrados en los álabes directrices UG-1	49
4.6 Hallazgos encontrados en los álabes directrices UG-2	55
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63



ANEXOS

67



ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

1.	Datos técnicos de la C.H. de Chaglla.	20
2.	Medidas de espesor perfil de salida del alabe del rodete (39 mm) UG-1	46
3.	Medidas de espesor perfil de salida del alabe del rodete (39 mm) UG-2	48
4.	Distribuidor posición cerrado medidas (mm), holgura entre placa superior	
	e inferior y alabe directriz UG-1.	53
5.	Distribuidor posición abierto control de altura distribuidor entre placas de	
	desgaste S/I. UG-1.	54
6.	Distribuidor posición cerrado medidas (mm), holgura entre placa superior	
	e inferior y alabe directriz UG-2.	55
7.	Distribuidor posición abierto control de altura distribuidor entre placas de	
	desgaste s/i. UG-2.	58

___•



ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

1.	Representación de flujo dentro del Rotor y Estator.	21
2.	(a) y (b) Geometría y partes de una turbina Francis	23
3.	Dominios de análisis y condiciones de frontera para cavitación.	24
4.	(a) y (b) Cierre de válvula esférica y bloqueo general	30
5.	(a) y (b) Apertura de la cámara aspiral y apertura del cono de succión.	31
6.	Bloqueo etiquetado del sistema regulador de velocidad, enfriamiento y	
	sello del eje	31
7.	(a) y (b) Montaje de plataforma de mantenimiento y montaje de plataforma	
	para inspección de rodete	31
8.	(a) y (b) Cierre de válvula esférica y bloqueo general - montaje de compuertas	
	ataguías de succión.	34
9.	(a) y (b) Apertura de la cámara aspiral y apertura del cono de succión.	35
10.	Bloqueo etiquetado de sistemas regulador de velocidad, s. enfriamiento,	
	sello del eje.	35
11.	(a) y (b) Montaje de plataforma de mantenimiento cono de succión y	
	montaje de plataforma para inspección de rodete.	36
12.	Ensayos de líquidos penetrantes al rodete UG-1	38
13.	Resultados con aplicación de líquidos penetrantes a los álabes del rodete	
	1al 09 UG-1.	39
14.	Resultados con aplicación de líquidos penetrantes a los álabes del rodete	
	10 al 13 UG-1.	40
15.	Ensayos de líquidos penetrantes al rodete UG-2	40
16.	Resultados con aplicación de líquidos penetrantes a los álabes del rodete	
	01 al 09 UG-2.	41
17.	Resultados con aplicación de líquidos penetrantes a los álabes del rodete	
	10 al 13 UG-2.	42
18.	Áreas con desgaste UG-1.	42
19.	Álabe del rodete perfil de salida UG-1.	43
20.	Álabe de entrada y unión UG-1.	43
21.	Áreas con desgaste UG-1.	44
22.	Álabe lado alta presión UG-1.	44



23. Áreas con desgaste UG-2	45
24. Álabe de entrada y unión UG-2.	45
25. Resultado de medición de los alabes del rodete perfil de salida UG-1.	47
26. Resultado de medición de los alabes del rodete perfil de salida UG-2.	49
27. Medidas de altura del distribuidor (Estator)	50
28. Desgaste de los álabes directrices UG-1 del 01 al 12.	51
29. Desgaste de los álabes directrices UG-1 del 13 al 20.	52
30. Sistema del distribuidor- medidas de altura del distribuidor UG-1.	54
31. Desgaste de los álabes directrices UG-2 del 01 al 12.	56
32. Desgaste de los álabes directrices UG-2 del 13 al 20.	57
33. Sistema del distribuidor - medidas de altura del distribuidor UG-2	59
34. UG1 vs UG2	60



ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

1. Certificado y protocolo de instrumentos.

68



RESUMEN

La cavitación acaba con el rendimiento de las turbinas. Cuando las turbinas funcionan con cargas parciales en lugar de su punto de mayor eficiencia, experimentan cavitación en mayor medida. Las turbinas Francis tienen perfil de ser operadas en varias condiciones. El objetivo de esta investigación fue analizar la ocurrencia de cavitación en una turbina tipo Francis y cómo minimizarla, como resultado se obtuvo un reporte en daños producido por la implosión de burbujas en las superficies de la turbina, especialmente en el rodete, en el borde de cintura de salida de la zona intermedia en la UG-1, presentan áreas con desgaste por cavitación entre álabe y álabe 1-2. 3-4. 8-9. 11-12. 13-1. Según la inspección la evolución de las áreas cavitadas se encuentra controladas y se observa ligero desprendimiento de material lo cual no compromete la vida útil del rodete. Así mismo para los alabes del rodete en la UG-2, se presentan áreas desgaste por cavitación entre álabe y álabe 3-4. 9-10. 11-12; también se encuentra controladas y se observa ligero desprendimiento de material lo cual no compromete la vida útil del rodete. Con respecto al desgaste de los alabes en el rodete podemos indicar que en la UG2 se tiene un 6.47% de desgaste acumulado, mientras que en la UG1 con un 5.47 %. Para el caso de los álabes directrizes la holgura de desgaste con mayor incidencia es en la UG2 con 0.692 mm de desgaste acumulado, mientras que en la UG1 con un 0. 2595 mm.

Palabras clave: Cavitación, Francis, hidráulica, operación y turbina.



ABSTRACT

Cavitation destroys the performance of the turbines. When turbines operate at partial loads rather than their highest efficiency point, they experience cavitation to a greater extent. Francis turbines are designed to be operated in various conditions. The research objective was to analyze the cavitation occurrence in a Francis type turbine and how to minimize it, as a result a report was obtained on damages caused by the bubbles implosion on the surfaces of the turbine, especially in the impeller, at the exit waist edge of the intermediate zone in UG-1, present areas with cavitation wear between blade and blade 1-2. 3-4. 8-9. 11-12. 13-1. According to the inspection, the evolution of the cavitated areas is controlled and a slight detachment of material is observed, which does not compromise the useful life of the impeller. Likewise, for the impeller blades in the UG-2, cavitation wear areas occur between blade and blade 3-4. 9-10. 11-12; It is also controlled and slight material release is observed which does not compromise the useful life of the impeller. Regarding the wear of the blades in the impeller, we can indicate that in the UG2 there is 6.47% accumulated wear, while in the UG1 there is 5.47%. In the case of the guide vanes, the wear clearance with the highest incidence is in the UG2 with 0.692 mm of accumulated wear, while in the UG1 with 0.2595 mm.

Keywords: cavitation, Francis, hydraulics, operation and turbine.

Dr. LUIS ALBERTO SUPO QUISPE INGENIERO QUÍMICO CIP. 169015

INTRODUCCIÓN

La Empresa de Generación Huallaga S.A. (E.G. Huallaga) es la titular de la concesión del proyecto hidroeléctrico denominado Central Hidroeléctrica Chaglla. El proyecto Central Hidroeléctrica Chaglla consiste en el aprovechamiento de las aguas del Río Huallaga para la generación eléctrica, obteniéndose una potencia de 406 MW (400 MW en su casade máquinas principal y 6 MW en su Pequeña Central Hidroeléctrica - PCH), que permitirá mejorarla oferta eléctrica nacional a través de su interconexión al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). El diseño de los componentes del proyecto Chaglla considera a nivel de Factibilidad. El caudal de diseño de la Central Hidroeléctrica es 132.79 m3/s; considerando el embalse(afianzamiento) de que se realizará a partir del represamiento de las aguas del río Huallaga, mediante una presa de 199 m de altura, estableciendo también el caudal ecológico en el río Huallaga, a partir del pie de presa.

Los problemas de cavitación aún son parte importante de análisis para la central hidroeléctrica Chaglla, este fenómeno de cavitación es más probable que ocurra con este tipo de turbinas de reacción (Beatove *et al.*, 2011), cuando el agua fluye a través del corredor golpeando sus cuchillas durante algún tiempo, el líquido (es decir, el agua) se enfrenta a una fase de situación cambiante en la presión local mínima que va por debajo de la presión local vaporosa y forma nihilidad (D'Agostino & Salvetti, 2007); como resultado, se forman burbujas de baja presión y cuando estas burbujas viajan a través de la zona de alta presión, comienzan a explotar, mediante esta explosión comienza la degradación mecánica de las piezas de la turbina, es decir, el rodete y el tubo de aspiración con este efecto, el material del rodete, las palas del rodete y el tubo de aspiración se degradan y se produce una depreciación mecánica (Zhou *et al.*, 2019).

El contenido de esta investigación consta de 4 capítulos: En el Capítulo I, se analiza la revisión de la bibliografía y/o literatura, que se desarrolla en la construcción de un modelo teórico conceptual de turbinas tipo Francis y Cavitación. En el Capítulo II planteamiento del problema, se considera la problemática de la investigación que se formula en las siguientes preguntas; ¿Cómo se desarrollará el diagnostico en uno de los dos grupos de la central hidroeléctrica Chaglla que podría presentar problemas de cavitación durante su operación?, ¿Existe desgaste en los alabes de la turbina de la central hidroeléctrica Chaglla? y ¿Se podrá validar las pruebas de la inspección por Líquidos Penetrantes en los alabes del rodete? Para el capítulo III se especifican con que equipos se trabajó y los



materiales utilizados en la presenta investigación, utilizando la metodología apropiada para la detección y cuantificación de los datos medidos como variable dependiente, para X=Desgaste de los álabes por efecto de la cavitación y las variables independientes X1=Presión por implosión de burbujas, X2=Temperatura y X3=Caudal. Finalmente, en el Capítulo IV se presenta la discusión de resultados obtenidos para las dos unidades de generación en los álabes del rotor y estator de la maquina hidráulica.



CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Turbinas Francis

Las turbinas hidroeléctricas desempeñan un papel crucial en la generación de energía renovable a partir del agua. Uno de los tipos más comunes y eficientes de turbinas hidroeléctricas es la turbina Francis. Esta turbina, inventada por James B. Francis en el siglo XIX, ha sido ampliamente utilizada en proyectos hidroeléctricos en todo el mundo (Gondal *et al.*, 2019). En esta investigación, exploraremos en detalle el funcionamiento de las turbinas Francis, su diseño, eficiencia y aplicaciones. Se citarán varios autores y se proporcionará una lista de referencias al final del texto.

1.1.2 Funcionamiento de las turbinas Francis

Las turbinas Francis son turbinas de reacción, lo que significa que operan tanto por acción como por reacción. Estas turbinas aprovechan la energía cinética y potencial del agua en movimiento para generar energía mecánica, que luego se convierte en energía eléctrica mediante un generador (Vidorreta *et al.*, 2020). El diseño de una turbina Francis consta de varios componentes clave, que incluyen el distribuidor, el rodete y el tubo de aspiración.

El distribuidor controla el flujo de agua hacia el rodete. Puede ser de tipo fijo o ajustable, y su función principal es regular la cantidad de agua que ingresa a la turbina (Ranade *et al.*, 2016). El agua ingresa al rodete a través de las paletas guía del distribuidor y luego fluye a alta velocidad hacia las paletas del rodete. Las



paletas del rodete están diseñadas de manera que cambian la dirección del flujo del agua, permitiendo que se produzca una reacción.

El rodete de la turbina Francis está compuesto por un cubo y varias paletas en forma de ala. Las paletas están diseñadas de manera que aprovechan tanto la presión como la velocidad del agua para generar fuerza. El agua golpea las paletas del rodete y, al cambiar de dirección, se transfiere una cantidad significativa de energía cinética al rodete. Este movimiento rotatorio del rodete se transmite a través de un eje a un generador, donde se convierte en energía eléctrica (D'Agostino y Salvetti, 2007).

1.1.3 Eficiencia y diseño de las turbinas Francis

La eficiencia de una turbina Francis está determinada por varios factores, como el diseño del rodete, la geometría del distribuidor, la velocidad del agua y la carga de la turbina. (Franc y Michel, 2005). Uno de los aspectos clave para mejorar la eficiencia de una turbina Francis es el diseño del rodete. Diferentes enfoques de diseño, como la optimización de las formas de las paletas y la reducción de las pérdidas de energía, pueden aumentar la eficiencia global de la turbina.

En un estudio realizado por D'Agostino y Salvetti (2007), se investigaron los efectos del diseño del rodete en la eficiencia de las turbinas Francis. Los resultados mostraron que la forma de las paletas del rodete tiene un impacto significativo en el rendimiento de la turbina. Mediante técnicas de optimización computacional, los investigadores lograron mejorar la eficiencia de la turbina en un 5% al ajustar la geometría de las paletas.

Otro aspecto importante del diseño de las turbinas Francis es el distribuidor. En un artículo de investigación publicado por (Tullis, 1989), se investigaron los efectos del diseño del distribuidor en la distribución del flujo de agua y la eficiencia de la turbina. Los resultados indicaron que un distribuidor bien diseñado puede mejorar la uniformidad del flujo de agua y aumentar la eficiencia global de la turbina. Los investigadores propusieron un nuevo diseño de distribuidor que logró una mejora del 2% en la eficiencia de la turbina en comparación con un diseño convencional.



1.1.4 Aplicaciones de las turbinas Francis

Las turbinas Francis se utilizan en una amplia gama de aplicaciones hidroeléctricas, desde pequeñas centrales hidroeléctricas hasta grandes proyectos a gran escala. Su versatilidad y eficiencia las convierten en una opción popular para la generación de energía a partir del agua. Algunas de las aplicaciones comunes de las turbinas Francis incluyen:

a) Centrales hidroeléctricas de embalse:

Las turbinas Francis se utilizan en proyectos de embalse donde se almacena una gran cantidad de agua en un embalse y se utiliza para generar energía a demanda. (Ranade *et al.*, 2016).

b) Centrales hidroeléctricas de derivación:

Estas turbinas se utilizan en proyectos de derivación donde una parte del flujo de agua de un río se desvía hacia una central hidroeléctrica para generar energía sin afectar significativamente el caudal del río.

c) Centrales hidroeléctricas de bombeo:

Las turbinas Francis también se utilizan en centrales hidroeléctricas de bombeo, donde el agua se bombea desde un embalse inferior a un embalse superior durante períodos de baja demanda de energía y luego se libera para generar electricidad durante los picos de demanda.

1.1.5 Diseño y características de las turbinas Francis

El diseño y las características de las turbinas Francis tienen un impacto significativo en su rendimiento y eficiencia. Un aspecto clave es la geometría del rodete, que determina cómo el agua interactúa con las paletas y cómo se extrae la energía. Investigaciones en este campo han demostrado que la forma y el perfil de las paletas del rodete tienen un efecto directo en el rendimiento de la turbina.

En un estudio llevado a cabo por Zegarra (2015), se evaluaron diferentes configuraciones de paletas para mejorar la eficiencia de las turbinas Francis. Los investigadores utilizaron técnicas de simulación numérica y análisis de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés) para estudiar el flujo de agua a



través de las paletas del rodete. Los resultados mostraron que al optimizar la forma de las paletas, se puede lograr una mejora significativa en la eficiencia y el rendimiento de la turbina.

Además del diseño del rodete, el diseño del distribuidor también es crucial para el rendimiento de las turbinas Francis. El distribuidor controla la cantidad y la dirección del flujo de agua hacia el rodete, lo que afecta directamente la eficiencia de la turbina. Un distribuidor bien diseñado garantiza una distribución uniforme del flujo de agua y minimiza las pérdidas de energía.

En un artículo publicado por Ozonek (2012) investigó el diseño del distribuidor en turbinas Francis de alta potencia. Utilizando simulaciones numéricas y métodos de optimización, los investigadores propusieron un nuevo diseño de distribuidor que mejoraba la uniformidad del flujo de agua y reducía las pérdidas de energía en comparación con los diseños convencionales. Esta mejora en el diseño del distribuidor condujo a un aumento en la eficiencia de la turbina y una mejor utilización de la energía hidráulica disponible.

1.1.6 El Fenómeno de la cavitación en turbinas

La cavitación en turbinas es un fenómeno hidrodinámico que ha sido objeto de estudio por parte de numerosos investigadores en el campo de la ingeniería y la mecánica de fluidos. La cavitación se produce cuando la presión local en un fluido alcanza su punto de vaporización, formando burbujas o cavidades de vapor en el flujo. Estas burbujas pueden colapsar violentamente al pasar a una zona de alta presión, generando pulsaciones y daños en la superficie de las turbinas. En este artículo, se revisarán los estudios más relevantes sobre el fenómeno de la cavitación en turbinas, prestando especial atención a los avances realizados en los últimos años (López, 2021).

Uno de los primeros trabajos importantes sobre la cavitación en turbinas fue realizado por (Zhan *et al.*, 2009). Estos autores investigaron los efectos de la cavitación en la eficiencia y la vida útil de las turbinas hidráulicas. Mediante pruebas experimentales y análisis teóricos, demostraron que la cavitación puede generar grandes fuerzas dinámicas que pueden dañar las palas de la turbina, reduciendo su rendimiento y acortando su vida útil.



En años más recientes, Zhan *et al.* (2009) realizaron un estudio sobre la cavitación en turbinas de reacción, centrándose en la influencia de la geometría de las palas en la formación de cavidades de vapor. Utilizando simulaciones numéricas y técnicas de visualización, los autores determinaron que la forma de las palas y el perfil de velocidad del flujo son factores clave que influyen en la cavitación. Sus hallazgos permitieron proponer mejoras en el diseño de las turbinas para reducir los efectos de la cavitación.

Otro trabajo destacado es el de Zhang *et al.* (2020), investigaron la cavitación en turbinas hidroeléctricas de alta presión. Mediante pruebas en un túnel de cavitación y simulaciones numéricas, los autores evaluaron el comportamiento de las cavidades de vapor en diferentes condiciones de funcionamiento de la turbina. Sus resultados mostraron que la cavitación puede causar daños significativos en las palas de las turbinas, lo que destaca la importancia de tomar medidas preventivas en el diseño y operación de estas máquinas.

Además de los estudios experimentales y numéricos, también se han realizado investigaciones sobre la cavitación en turbinas mediante técnicas de monitoreo y diagnóstico. Por ejemplo, Zhou *et al.* (2019) propusieron un método basado en sensores de fibra óptica para detectar y cuantificar la cavitación en turbinas hidroeléctricas. Su enfoque permitió identificar la ubicación y el grado de cavitación en tiempo real, lo que puede ser de gran utilidad para el mantenimiento y la operación de las turbinas.

En resumen, la cavitación en turbinas es un fenómeno hidrodinámico que ha sido objeto de investigación durante décadas. Los estudios revisados en este artículo destacan la importancia de comprender y controlar la cavitación para garantizar el rendimiento y la vida útil de las turbinas. El trabajo de Vidorreta *et al.* (2020) ha contribuido significativamente al avance en este campo. Sin embargo, aún queda mucho por investigar para mejorar la comprensión de la cavitación en turbinas y desarrollar soluciones más eficientes y sostenibles.

La cavitación en turbinas continúa siendo un tema de gran relevancia en la investigación académica y la industria de la energía. A medida que la demanda de energía hidroeléctrica y otros tipos de turbinas aumenta, es fundamental



comprender y mitigar los efectos perjudiciales de la cavitación para garantizar la eficiencia y la durabilidad de estas máquinas.

Un estudio reciente realizado por Chen *et al.* (2015) se centró en la cavitación en turbinas de viento marino. Estos investigadores utilizaron simulaciones computacionales para analizar la formación y el colapso de las cavidades de vapor en las palas de las turbinas expuestas a flujos de agua de mar. Sus resultados revelaron que la cavitación puede afectar negativamente el rendimiento de las turbinas de viento marino y provocar daños estructurales en las palas. Además, propusieron estrategias de diseño para reducir la incidencia de la cavitación y mejorar la eficiencia de las turbinas.

La cavitación en turbinas hidroeléctricas de baja presión. Mediante pruebas experimentales y simulaciones numéricas, los investigadores investigaron los efectos de la cavitación en la eficiencia y la vida útil de las turbinas. Sus hallazgos indicaron que la cavitación puede generar altas fuerzas de impacto en las palas de las turbinas, lo que resulta en desgaste y daño de las superficies. Propusieron mejoras en el diseño de las palas y estrategias de control de la cavitación para minimizar estos efectos negativos. (Chen *et al.*, 2015).

La cavitación en turbinas de reacción utilizadas en centrales hidroeléctricas. Mediante la combinación de pruebas experimentales y simulaciones numéricas, los autores estudiaron la formación y el colapso de las cavidades de vapor en las turbinas de reacción y su impacto en el rendimiento. Sus resultados demostraron que la cavitación puede disminuir significativamente la eficiencia de las turbinas y provocar vibraciones perjudiciales. Propusieron estrategias de diseño y control para reducir los efectos de la cavitación y mejorar el rendimiento de las turbinas. (Hu *et al.*, 2021).

En cuanto a los avances en técnicas de monitoreo, el trabajo de (Shi *et al.*, 2011) merece mención. Estos investigadores desarrollaron un enfoque basado en inteligencia artificial para la detección y el diagnóstico de la cavitación en turbinas hidráulicas. Utilizando datos de sensores y algoritmos de aprendizaje automático, lograron identificar patrones característicos de la cavitación y predecir su evolución en tiempo real. Este enfoque tiene el potencial de mejorar



significativamente la monitorización y el mantenimiento de las turbinas. (Jeon *et al*, 2019).

1.2 Antecedentes

Solo se consideraron los autores siguientes debido a la novedad científica de la investigación, para lo cual solo se encontró los autores que expongo a continuación y son la cantidad de citas aceptadas por los jurados:

1.2.1 Antecedentes nacionales

Según Can *et al.* (2009) se conoce que el estudio de la cavitación no es una novedad, ya que se remonta a los tiempos de Euler, quien planteó un análisis de esta en las que nosotros ahora conocemos como turbomáquinas, pero debemos tener en cuenta que los pioneros del estudio de la cavitación en los tiempos actuales son Barbany y Parsons al estudiar las fallas producidas en un buque Británico en 1893, concluyendo que la cavitación era la responsable de su falla debido a su influencia en los álabes de la propela. Fue debido a esta situación que Parsons estudio de forma experimental la cavitación construyendo un túnel de agua e introduciendo una propela, simulando así el movimiento de los álabes de la propela dentro del agua, para luego estudiar los efectos generados en esta, este módulo de prueba fue construido en 1895 (Kapali *et al.*, 2022).

En el año 2008 el bachiller Carranza Castro, Florencio Heyner, egresado de la Universidad Nacional del Callao, presentó la tesis Mejoramiento de potencia de la central hidroeléctrica Cahua, para optar el título de ingeniero eléctrico, esto se debió a que la central hidroeléctrica Cahua presentaba problemas de cavitación y sedimentación, el objetivo de esta tesis fue hallar la forma de aumentar la potencia de la central y disminuir los efectos erosivos causados por la cavitación y los sedimentos finos, como conclusión se llegó a que esto se lograría con algunas modificaciones en la geometría del rodete.

En marzo Neopane (2007) basó con datos tomados en la central hidroeléctrica de Cahua, ubicada 200 km al norte de Lima (Pativilca), desarrollada por el ahora Doctor Hari Prasad Neopane, en la cual se realizó una investigación acerca del análisis numérico, sobre el efecto de la erosión producido por las partículas finas



no sedimentadas en las turbomaquinarias. Este análisis se hizo usando como medio de trabajo el simulador Ansys Cfx. Análisis y Simulación

1.2.2 Antecedentes Internacionales

Para Kavurmaci *et al.* (2013) las turbinas se enfrentan a algunos daños catastróficos debido a la cavitación, lo que resulta en muchos problemas, es decir, mayor costo, mantenimiento, disparo a plena carga y cargas parciales y efecto eficiencia de las máquinas.

Según Kavurmaci *et al.* (2017) este efecto sobre la turbina se conoce como desgaste mecánico o erosión cavitacional (EC). EC es el fenómeno aleatorio que ocurre en los álabes de las turbinas Francis, cuando ocurre un colapso repentino de la burbuja, se agota una gran cantidad de energía. Estos estallidos de burbujas son tan frecuentes (Gondal *et al.*, 2019; Huang y Zhang, 2014; Liu y Wang, 2007; Shi *et al.*, 2007; Song *et al.*, 2011; Suyi y Shuqing, 2006).

Y. Liu *et al.* (2011). La cavitación está sujeta a cambios de presión. Este efecto puede ocurrir durante cualquier proceso. En esta investigación se basa en el efecto de la cavitación en la maquinaria mecánica que se utiliza en los procesos hidrodinámicos. Pero para obtener una imagen completa del efecto cavitacional, es muy necesario comprender este fenómeno. En general, hay tres procesos en los que se puede producir este fenómeno. Todos estos tienen interacción con los líquidos por cualquier medio (Hota, 2016; Murgan *et al.*, 2017; Nicholls-Lee y Turnock, 2007; Rahi y Chandel, 2015; Sirok *et al.*, 1999).



CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

La cavitación es un fenómeno indeseable que puede ocurrir en diversos equipos hidráulicos, incluidas las turbinas hidroeléctricas. Se produce cuando la presión del agua cae por debajo del punto de vaporización y se forman burbujas de vapor que colapsan violentamente al pasar a una zona de alta presión. Estas implosiones generan ondas de choque y causan daños en las superficies de los equipos, lo que puede llevar a una reducción del rendimiento y una disminución de la vida útil. En esta tesis exploramos los problemas asociados con la cavitación en los equipos hidráulicos, como las turbinas, y revisaremos los estudios relevantes realizados por investigadores en este campo.

La cavitación puede ocurrir en diferentes partes de una turbina hidroeléctrica, como en el rodete, el distribuidor o el tubo de aspiración. Los mecanismos principales que contribuyen a la cavitación son la cavitación de presión y la cavitación de flujo.

La cavitación de presión ocurre cuando el agua experimenta una caída de presión abrupta, lo que lleva a la formación de burbujas de vapor. Esto puede deberse a una geometría inapropiada del equipo, como una curva pronunciada o una reducción brusca de la sección transversal del flujo. Además, la cavitación de presión puede ser causada por una sobrecarga en el sistema, lo que resulta en una caída de presión significativa.

Por otro lado, la cavitación de flujo ocurre cuando la velocidad del agua alcanza valores críticos, lo que genera una disminución en la presión estática. Esto puede suceder en áreas de alta velocidad del flujo, como cerca de las paletas del rodete de una turbina. La



cavitación de flujo puede ser el resultado de una alta carga en la turbina o de un diseño deficiente de las paletas.

La cavitación en los equipos hidráulicos puede tener varios efectos negativos. Uno de los principales problemas es el daño mecánico causado por las implosiones de las burbujas de vapor. Las ondas de choque generadas durante el colapso de las burbujas pueden erosionar las superficies metálicas, lo que conduce al desgaste y a la formación de orificios en las partes afectadas. Esto puede resultar en una disminución del rendimiento de la turbina y requerir reparaciones costosas.

Además del daño mecánico, la cavitación también puede afectar la eficiencia hidráulica de los equipos. La formación y colapso de las burbujas de vapor pueden causar turbulencias e irregularidades en el flujo de agua, lo que resulta en pérdidas de energía y disminución de la eficiencia del sistema.

Para comprender mejor los problemas asociados con la cavitación en las turbinas hidroeléctricas y encontrar soluciones efectivas, se han llevado a cabo numerosos estudios en este campo.

En un estudio realizado por Zhang *et al.* (2016), se investigó el impacto de la cavitación en el rendimiento de una turbina Francis. Los investigadores utilizaron técnicas de simulación numérica para analizar el flujo de agua en la turbina y observaron cómo la cavitación afectaba la distribución de presiones y las fuerzas hidrodinámicas. Los resultados mostraron que la cavitación tenía un impacto negativo en el rendimiento de la turbina, lo que respalda la importancia de abordar este problema.

Otro estudio relevante fue llevado a cabo por Huang *et al.* (2014), quienes investigaron el efecto de diferentes diseños de paletas del rodete en la cavitación en una turbina Francis. Utilizando técnicas de simulación numérica y análisis de fluidos computacional, los investigadores evaluaron el rendimiento hidrodinámico y el comportamiento de la cavitación de diferentes configuraciones de paletas. Los resultados mostraron que un diseño óptimo de las paletas del rodete podía reducir significativamente los efectos de la cavitación y mejorar la eficiencia de la turbina.

Existen varias medidas que pueden ayudar a mitigar y prevenir los problemas de la cavitación en los equipos hidráulicos, como las turbinas.



Una medida común es optimizar el diseño de las paletas del rodete y del distribuidor. Mediante técnicas avanzadas de modelado y simulación, los diseñadores pueden encontrar configuraciones óptimas que minimicen la posibilidad de cavitación y maximicen la eficiencia hidráulica.

Otra medida es controlar la presión y la velocidad del agua en diferentes partes del sistema. Esto implica evitar caídas de presión abruptas y asegurarse de que las velocidades del flujo de agua estén dentro de rangos seguros para evitar la cavitación.

Además, es importante monitorear de manera continua y regular el desgaste y el estado de los equipos para detectar cualquier signo temprano de cavitación. La detección temprana puede permitir intervenciones preventivas y evitar daños mayores en los equipos.

2.2 Enunciados del problema

La cavitación es un problema significativo que puede afectar el rendimiento y la vida útil de los equipos hidráulicos, como las turbinas hidroeléctricas. Los mecanismos de la cavitación, como la cavitación de presión y la cavitación de flujo, pueden generar daños mecánicos y reducir la eficiencia hidráulica.

La investigación en este campo ha sido fundamental para comprender mejor los problemas asociados con la cavitación y encontrar soluciones efectivas. Los estudios realizados por investigadores, como Zhang *et al.* (2020) y Huang *et al.* (2014), han demostrado la importancia de abordar la cavitación en el diseño y la operación de las turbinas hidroeléctricas.

La optimización del diseño de las paletas del rodete y del distribuidor, el control adecuado de la presión y la velocidad del agua, y el monitoreo regular son medidas clave para mitigar y prevenir los problemas de la cavitación en los equipos hidráulicos.

La presente investigación surge a partir de preguntas como:

 ¿Cómo se desarrollará el diagnostico en uno de los dos grupos de la central hidroeléctrica Chaglla que podría presentar problemas de cavitación durante su operación?



- ¿Existe desgaste en los alabes de la turbina de la central hidroeléctrica Chaglla?
- ¿Se podrá validar las pruebas de la inspección por Líquidos Penetrantes en los alabes del rodete?

2.3 Justificación

Los problemas de cavitación aún son parte importante de análisis para la central hidroeléctrica Chaglla, a pesar de los estudios realizados, con el fin de optimizar el funcionamiento de la central, hasta la actualidad no hay un registro de estudios, exclusivamente de cavitación, que se hayan realizado en la central hidroeléctrica de Chaglla.

2.3.1 Justificación científica

La cavitación es un fenómeno complejo que afecta a una amplia gama de equipos hidráulicos, como las turbinas, bombas y hélices marinas. Comprender los mecanismos y efectos de la cavitación es de vital importancia para optimizar el diseño y mejorar el rendimiento de estos equipos. En este sentido, la justificación científica para llevar a cabo estudios sobre la cavitación es fundamental para avanzar en el campo de la ingeniería hidráulica.

Otra justificación científica para los estudios de cavitación es el avance de las técnicas de modelado y simulación numérica. Estas herramientas permiten a los investigadores estudiar el flujo de agua y los fenómenos asociados a la cavitación de manera más precisa y detallada. Investigaciones demostraron cómo las simulaciones numéricas pueden ser utilizadas para analizar el comportamiento de la cavitación en los equipos hidráulicos, lo que proporciona información valiosa para el diseño y la optimización de los mismos.

2.3.2 Justificación tecnológica

Los estudios sobre cavitación en equipos hidráulicos están respaldados por una sólida justificación tecnológica debido a su relevancia en el desarrollo y mejora de tecnologías relacionadas con el fluido.



Una justificación tecnológica clave para la investigación de la cavitación es la necesidad de optimizar el diseño de los equipos hidráulicos. La cavitación puede afectar significativamente el rendimiento y la eficiencia de las turbinas, bombas y otros dispositivos. Estos efectos perjudiciales limitan su capacidad para operar de manera óptima y eficiente. Investigaciones realizadas por Huang y Zhang (2014) destacaron la importancia de los estudios de cavitación para mejorar el diseño de las turbinas hidroeléctricas, con el objetivo de maximizar su rendimiento y minimizar los efectos de la cavitación.

Además del diseño, la justificación tecnológica también se basa en la necesidad de desarrollar estrategias de control y mitigación de la cavitación. La importancia de los estudios de cavitación para el desarrollo de tecnologías de control efectivas. Estos estudios han llevado al desarrollo de técnicas como el uso de recubrimientos protectores y dispositivos de supresión de cavitación, que ayudan a prevenir y reducir los efectos negativos de la cavitación en los equipos hidráulicos.

Otra justificación tecnológica para los estudios de cavitación es la necesidad de mejorar la vida útil y la fiabilidad de los equipos hidráulicos. La cavitación puede causar daños mecánicos en las superficies de los equipos, lo que resulta en desgaste y reducción de su vida útil. Investigaciones resaltaron la importancia de los estudios de cavitación para el desarrollo de materiales resistentes a la cavitación y métodos de revestimiento que aumenten la durabilidad de los equipos.

Además, la justificación tecnológica también se basa en el avance de las técnicas de monitoreo y diagnóstico. Investigaciones realizadas por Chen *et al.* (2015) señalaron la importancia de los estudios de cavitación para el desarrollo de técnicas de monitoreo en tiempo real que permitan detectar y evaluar la presencia de cavitación en los equipos hidráulicos. Esto facilita la toma de decisiones informadas sobre el mantenimiento y la operación de los equipos.

2.3.3 Justificación económica

Los estudios sobre cavitación en equipos hidráulicos también tienen una sólida justificación económica debido a su impacto en los costos operativos y de mantenimiento de estas tecnologías.



Una justificación económica clave para la investigación de la cavitación es la reducción de los costos de mantenimiento. La cavitación puede provocar daños significativos en los equipos hidráulicos, lo que requiere reparaciones y reemplazos costosos. Los estudios de cavitación pueden ayudar a identificar y comprender los mecanismos de daño, lo que permite el desarrollo de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo. Estas estrategias ayudan a reducir los costos asociados con las fallas y averías de los equipos debido a la cavitación.

Además de los costos de mantenimiento, la justificación económica también se basa en la optimización del rendimiento y la eficiencia de los equipos hidráulicos. La cavitación puede afectar negativamente el rendimiento y la eficiencia de las turbinas, bombas y otros dispositivos, lo que resulta en una menor producción de energía o una menor capacidad de bombeo. Los estudios de cavitación pueden ayudar a mejorar el diseño y la operación de los equipos para maximizar su rendimiento y eficiencia. Esto se traduce en un aumento de la producción o una reducción del consumo energético, lo que tiene un impacto económico positivo.

Otra justificación económica para los estudios de cavitación es la optimización del diseño de los equipos hidráulicos. Investigaciones realizadas por Zhang *et al.* (2020) destacaron cómo los estudios de cavitación pueden ayudar a identificar las áreas problemáticas en el diseño de los equipos y proponer soluciones mejoradas. Estos estudios permiten el desarrollo de diseños más eficientes y robustos, lo que a su vez reduce los costos de producción y mejora la competitividad en el mercado.

Además, la justificación económica se basa en la necesidad de cumplir con los estándares y regulaciones relacionadas con la eficiencia energética y la sostenibilidad. La cavitación puede generar pérdidas de energía y tener impactos ambientales negativos. Los estudios de cavitación pueden ayudar a desarrollar soluciones que cumplan con los requisitos regulatorios y reduzcan los costos asociados con multas y sanciones por incumplimiento.

En resumen, los estudios de cavitación en equipos hidráulicos están justificados económicamente debido a su impacto en los costos de mantenimiento, la optimización del rendimiento y la eficiencia, la mejora del diseño y el cumplimiento de regulaciones. Los estudios de Zhang *et al.* (2020) respaldan esta justificación económica.



2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Analizar el efecto de cavitación en una turbina hidráulica de tipo Francis en condiciones de operación de la C. H. Chaglla

2.4.2 Objetivos específicos

- Verificar y diagnosticar si en uno de los dos grupos de la central hidroeléctrica Chaglla presenta problemas de cavitación durante su operación.
- Encontrar el desgaste de los alabes de la turbina usada en la central hidroeléctrica Chaglla.
- Validar las pruebas de la inspección por Líquidos Penetrantes en los alabes del rodete.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

Los resultados obtenidos en las pruebas a la Turbina Francis son lo suficientemente confiables para identificar las variables para evitar riesgos humanos y daños materiales en condición durante la operación de la Turbina Francis

2.5.2 Hipótesis específicas

- En la verificación y diagnóstico de los dos grupos de la central hidroeléctrica Chaglla presentan problemas de cavitación durante su operación.
- Existe desgaste en los alabes de la turbina usada en la central hidroeléctrica Chaglla.
- Con las pruebas de la inspección por Líquidos Penetrantes en los alabes del rodete se identifica los daños de materiales en condición durante la operación de la Turbina Francis de eje vertical.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

La Central Hidroeléctrica de Chaglla, se ubica en la jurisdicción de los distritos de Chaglla y Chinchao, provincias de Pachitea y Huánuco, departamento de Huánuco; con ubicación Geográfica; Latitud Sur: 09°48′, Longitud Oeste: 75°56′, Altura 1500 msnm. Los componentes del proyecto se desarrollan sobre la margen izquierda del río Huallaga aproximadamente entre las cotas 1000 msnm y los 800 msnm, en el territorio de la comunidad campesina Pillao.





Figura 1. Lugar de estudio



El caudal de diseño de la central hidroeléctrica es 132.79 m3/s; considerando el embalse (afianzamiento) de que se realizará a partir del represamiento de las aguas del río Huallaga, mediante una presa de 199 m de altura.

Es una central hidráulica con embalse, con un túnel de aducción de 14.4 Km, cuenta con dos turbinas Tipo Francis, una para cada Generador, con una potencia de 235 MW. c/u. cuenta, además, con una pequeña central hidroeléctrica (PCH) la cual posee una Turbina Tipo Francis de 6,3 MW.

3.2 Población

Para esta investigación se tuvo como muestra poblacional dos turbinas tipo Francis la primera; UG-1 con 30817 horas de operación, la toma de datos se desarrolló a partir del 01 al 21 de julio del 2022 y UG-2 con 30676 horas de operación, registradas a partir del 08 al 28 de agosto del 2022.



Tabla 1

Datos técnicos de la C.H. de Chaglla.

1. Datos de la Central						
1.1	1.1Código de la central14970					
1.2	Código del grupo			CHAGLLA G2		
1.3	Fecha de ingreso de operación comercial			24/09/2016		
				2. Gene	rador	
2.1			Gener	ador tipo		SAV 620/230/24
2.2			Tipo de c	construcció	n	IM 8015
2.3			Tipo de	protección		IP 44
2.4			Tipo de e	enfriamient	0	IC W37A81
2.5			Factor c	le potencia		0.90
2.6			Frecuence	cia nominal	l	60Hz
2.7			Número	os de fases		3
2.8		S	Sentido de rota	ción visto	arriaba	Sentido Horario
2.9			Numer	o de polos		24
2.10			Velocid	ad nominal		300 rpm
2.11		Ve	locidad máxin	na de emba	lamiento	497,3 rpm
2.12			Tipo de	excitación		Estática
				3.13.1.1	Nominal	13.8 KV
		2.13.1	Generación	3.13.1.2	Mínima	14.49 KV
				3.13.1.3	Máxima	14.49 KV
2.13	Tensión	Tensión 2.13.2 Excitación	Excitación	3.13.2.1	Mínima excitación VDC	165 V
				3.13.2.2	Máxima excitación VDC	329 V
		2.13.3	Servicios	3.13.3.1	Mínima	414 V
			auxiliares	3.13.3.2	Máxima	460 V
			uumuton	3. Turl	bina	
4.1			7	Гіро		Francis
		4.2.1		No	minal	230.70 MW
		4.2.2		Efe	ectiva	235.310 MW
4.2	Potencia	4.2.3		Nomina	al aparente	253.26 MW
		4.2.4	Máxima			230.9 MW
		4.2.5		Mi	ínima	140.00 MW
		4.2.6		De sinc	ronización	6.00 MW
		4.3.1		Nominal d	e sincronismo	300 RPM
		4.3.2		Re	chazo	447 RPM
4.3	Velocidad	4.3.3		Di	sparo	497,3 RPM
		4.3.4		Toma	de carga	55.00 MW/min
		4.3.5	Reducción de carga			55.00 MW/min
4.4	Altura de salto neto			327,17 M		
4.5	5 Caudal nominal			76,58 M3/S		
4.6	5 Sobre presión máxima H + HDL			473,1 MCA		
4.7	7 Frecuencia			60 Hz		
4.8	8 Nivel eje del distribuidor				817	



3.3 Muestra

Al determinarse valores relativos de fenómenos y la muestra es la totalidad de mediciones que se tomarán para UG-1 en 30,817.57 hrs desde setiembre 2016 (puesta en servicio) al julio 2022 y UG-2 en 30,676.58 hrs setiembre 2016 (puesta en servicio) al agosto 2022; con toma de datos en Hidráulica (Componentes de Turbina para Rotor y Estator).

De hecho, asumiendo condiciones de flujo estacionario uniforme en la dirección acimutal, tan solo es necesario considerar un canal hidráulico rotor-estator. Sin embargo, dado que existen fuertes interacciones entre los componentes, especialmente entre los álabes directrices (estator) y el rodete (rotor). Para esta muestra en los ´últimos años se han hecho muchos intentos para considerar estas interacciones, realizando un promedio sobre la dirección circunferencial, lo cual permite tener en cuenta un solo canal rotor-estator y utilizar una simulación estacionaria.

Adicionalmente, los efectos dinámicos y las vibraciones originan una gran cantidad de problemas. Las fuerzas dinámicas, por un lado, no pueden obtenerse a partir de cálculos estacionarios, y, por el otro, su cuantificación experimental es complicada y requiere de un alto esfuerzo y de tecnología. Por consiguiente, la alternativa obvia es obtener dichas fuerzas a través de la simulación numérica. Sin embargo, para el cálculo de esos efectos dinámicos, es esencial realizar una simulación no estacionaria del flujo, que incluya la interacción rotor-estator. Debido a la no uniformidad del flujo en la carcasa espiral, y a la desigual inclinación de los álabes directrices y el rodete, es deseable considerar la turbina completa, con todos los canales hidráulicos del rotor y el estator.



Figura 1. Representación de flujo dentro del Rotor y Estator. Fuente: (Neira & Roque, 2020).



Se pueden distinguir dos grupos principales de problemas asociados al flujo no estacionario:

- Flujos no estacionarios forzados externamente. Estos pueden surgir debido a condiciones de contorno no estacionarias o a cambios de la geometría con el tiempo. Como ejemplos se pueden citar el cierre de una válvula, el cambio de dominio fluido en una bomba de pistón, o la interacción rotor-estator, donde la geometría de la región fluida cambia con la rotación del rodete.
- Flujos no estacionarios autoexcitados. Por ejemplo, flujo turbulento, desprendimiento de vórtices, dinámica vortical (torcha en el tubo de descarga). El .carácter no estacionario aparece sin que ocurran cambios en las condiciones de contorno del flujo o la geometría. También pueden aparecer combinaciones de ambos grupos, por ejemplo, vibraciones inducidas por el flujo y cambio de la geometría inducido por el desprendimiento de vórtices.




Figura 2. (a) y (b) Geometría y partes de una turbina Francis Fuente: (Lain, 2011).





Figura 3. Dominios de análisis y condiciones de frontera para cavitación. Nota: A. Carcasa espiral. B. Alabes fijos y directrices. C. Rodete. D. Tubo de aspiración. 1. Entrada de los álabes fijos. 2. Interfaz rotor-estator. 3. Interfaz fluidofluido. 4. Paredes sólidas. 5. Salida del tubo de aspiración. Fuente: (Lain, 2011).



3.3.1 Interacción rotor-estator

El efecto hidráulico responsable de la interacción es, primeramente, una interacción de flujo potencial entre la distribución no uniforme a la salida de los álabes directrices y los álabes del rotor que se cruzan en esa zona de flujo. Dado que el flujo en el espacio entre el rotor y el estator no es uniforme en la dirección acimutal, ambas, la velocidad (magnitud y dirección) y la presión estática, varían en dicha dirección. Este hecho genera tres efectos no estacionarios:

- a. Conforme los canales del rodete se mueven, están sujetos a una presión estática variable, lo cual induce una diferencia de presión entre ellos, que genera una carga no estacionaria sobre el álabe.
- b. Debido al movimiento, el ángulo de incidencia del flujo sobre los ´alabes varía, lo que también conlleva una carga no estacionaria.
- c. Además, la magnitud de la velocidad del fluido experimentada por los ´alabes varía en la dirección de circunferencia, y crea una carga no estacionaria adicional sobre él.

Por todos estos efectos, se consideró para las dos turbinas en forma completa, con todos los canales hidráulicos del rotor y el estator. Típicamente una turbina Francis tiene entre 20 y 24 canales directrices y entre 9 y 13 canales en el rodete; para nuestro caso es de 13 álabes o canales en el rotor y 20 álabes o canales de directrices en el estator.

3.4 Método de investigación

La presente tesis utiliza los siguientes métodos: cuantitativa, experimental, Prospectiva-Transversal.

- Experimental, ya que se observan fenómenos que sean manipulados.
- Transversal, ya que toma los datos en un tiempo dado.

Dentro del método de prueba mediante Líquidos Penetrantes, esto se trata de un medio efectivo para detectar discontinuidades abiertas a la superficie, en materiales sólidos y no porosos. Siendo ejecutado en cinco etapas esenciales:



- 1. Limpieza y preparación previa de la superficie.
- 2. Aplicación de la tinta.
- 3. Penetración.
- 4. Eliminación del exceso de la tinta.
- 5. Revelado.
- 6. Interpretación/Evaluación

En términos generales, esta prueba consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie a examinar, el cual penetra en las discontinuidades debido al fenómeno de la capilaridad. Después de cierto tiempo, se remueve el exceso de la tinta y se aplica un revelador, el cual absorbe el líquido que ha penetrado en la discontinuidad y sobre la capa del revelador se dibuja literalmente el contorno de la fisura. Esta técnica revela la discontinuidad en una extensión tal que la inspección depende menos del elemento humano para su visualización. Para este método de ensayo se utilizan penetrantes generalmente de color rojo oscuro o fluorescente para aprovechar el contraste adecuado con el revelador, que comúnmente es de color blanco. Para el tipo de penetrante rojo necesario el auxilio de la luz natural o luz artificial, mientras que para los líquidos fluorescentes, se requiere de una lámpara de luz ultravioleta, mejor conocida como luz negra [8]. Sus ventajas son; puede ser utilizado en cualquier tipo de material no poroso incluyendo los ferromagnéticos; son altamente sensibles a las discontinuidades abiertas a la superficie; comprende un ensayo rápido, fácil de aplicar y relativamente barato; el equipo requerido es extremadamente simple y de bajo costo; se requiere de pocas horas de capacitación de los inspectores. Sus limitaciones son; identifica discontinuidades únicamente en la superficie de la pieza, de geometría poco compleja y con una superficie que no sea rugosa; las discontinuidades reveladas pueden tener una indicación de profundidad y tamaño aproximados, dependiendo de varios factores tales como el grado de dureza del material, combinado con el ancho de la indicación; requiere de una buena limpieza previa a la inspección y finalmente, no se proporciona el registro permanente de la prueba no destructiva.

3.4.1 Materiales

Lámparas estroboscópicas



- Alargos telescópicos, gramiles
- Lupas, endoscopios rígidos ó flexibles
- Endoscopios
- Termografía
- Procedimientos de Macroscopía y Microscopía.
- El equipamiento para realizar inspecciones visuales es muy variado. Estos van desde los diversos tipos de reglas, escalímetros, flexómetros, micrómetros, pies de rey y calibres hasta boroscópios flexibles.
- Líquidos Penetrantes (Tintas)

3.4.2 Descripción de variables

• Variables dependientes

X=Desgaste de los álabes por efecto de la cavitación

• Variables independientes

X1=Presión por implosión de burbujas

X2=Temperatura

X3=Caudal

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1 Descripción para el objetivo específico 1

Para verificar y diagnosticar si en uno de los dos grupos de la central hidroeléctrica Chaglla presenta problemas de cavitación durante su operación. Se desarrollaron actividades que están dentro del programa de mantenimiento de la empresa y de acuerdo con el manual del fabricante; teniendo en cuenta los trabajos para la reparación de fisuras que pudiesen generar en el rodete y estator de la turbina de acuerdo con el histórico que se ha venido llevando.



Con el objetivo de realizar el diagnostico, seguimiento y control de las actividades se realizó el Gantt para el mantenimiento mayor de las 30,817.57 horas como ejemplo del UG-I, el cual determinó el avance y conclusión de las actividades programadas y ejecutadas lo cual se describen y ordenan de la siguiente manera:

- Parada de maquina
- Bloqueo etiquetado válvula esférica y servicios auxiliares.
- Montaje de compuertas ataguías y vaciado de succión.
- Montaje de plataforma de mantenimiento y plataforma para inspección del rodete.
- Inspección del rodete Francis. Reparación por cavitaciones borde de cintura y pist de corrosión.
- Inspección del cono de succión. Reparación de cavitaciones borde de escotillas.
- Inspección cámara espiral alabes directrices. Reparación de cavitaciones en placa de desgaste inferior y superior.
- Inspección componentes cojinete combinado. Sistema de inyección, mantenimiento del skid filtro dúplex, bombas de lubricación y filtrado de aceite.
- Cojinete guía de turbina. Medición de holguras, inspección placa de desgaste y pista del sello del eje.
- Distribuidor inferior. Inspección y cambio de los sellos PLX bujes inferiores.
- Distribuidor superior. cambio de sellos PLX bujes superiores, medición de holguras entre rodete y laberinto superior verificación y alineamiento del distribuidor.
- Válvula esférica inspección del anillo de operación ensayos con líquidos penetrantes, colocación de belzona protección y recubrimiento.
- Mantenimiento de bombas del skid sello del Eje.



- UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO Repositorio Institucional
 - Mantenimiento de la unidad hidráulica del regulador de velocidad.
 - Inspección sistema de frenos. Pista y componentes.
 - Desmontaje de cuba interna cojinete combinado para colocación de sello en deflector.
 - Verificación de pretensionamiento tirantes de las tapas inferior y superior.

3.5.1.1 Parada de máquina.

Las labores de parada de máquina se inician día 30-06-2022 a las 13:00. La Unidad Generadora UG-1 inicia su mantenimiento mayor con 30,817.57 horas de operación.

3.5.1.2 Bloqueo y etiquetado

Se realizó el bloqueo y etiquetado de los equipos que involucran en el mantenimiento.

• Bloqueo principal válvula esférica UG-1.

• Bloqueo de servicios auxiliares. regulador de velocidad, sello del eje y sistema de enfriamiento, skid cojinete combinado, sistema de frenos.

3.5.1.3 Cierre y bloqueo de la válvula esférica UG-1.

Finalizado el grafset de parada de la unidad y habiendo obtenido y liberado los permisos de trabajo respectivos se procedió con el cierre de la válvula esférica de la UG-1 y se inició el procedimiento de loto que implica el bloqueo de los 13 pines para bloqueo del anillo de aguas arriba, los 2 bulones principales de la válvula, cierre de las válvulas manuales de los cilindros y el cierre y bloqueo de las válvulas mecánicas del by pass, todo ello verificado en la IHM del tablero de control local de la válvula.

3.5.1.4 Montaje de las compuertas ataguías y drenaje de la succión.

Ecualizada la presión y drenada la tubería forzada se procedió a la colocación de las compuertas ataguías en la succión de la unidad UG-1 para después proceder con el vaciado de succión de esta unidad.





Figura 4. (a) y (b) Cierre de válvula esférica y bloqueo general

a. Vaciado de cámara espiral

Se realiza el vaciado de cámara espiral con apertura de la válvula baipás de la turbina y se prosigue de acuerdo con el manual y procedimiento establecido del vaciado parcial y final del cono de succión.

b. Vaciado del cono de succión.

Se realiza el vaciado del cono de succión colocando la compuerta en salida de succión y se procede dar apertura de la válvula de succión y poza de vaciado luego ingresan en operación las bombas centrifugas de modo automático del sistema de vaciado vertiendo el agua a la poza de restitución y monitoreando el control del vaciado parcial y final de succión controlados por el tablero general de medición de vaciado y drenaje.

c. Apertura Manhole cono de succión y cámara aspiral

Comprobado el vaciado de la cámara espiral y el cono de la succión se inició la apertura de las entradas (manhole) cono de succión y cámara espiral

- Se procedió con la instalación de luminarias y el bloqueo de las bombas que están involucradas en la maniobra para iniciar la inspección de la cámara espiral y el cono de succión.
- Seguidamente se continuaron las actividades programadas con la apertura del distribuidor para poder montar desde la cámara espiral un sistema de líneas de vida para el armado de la plataforma de mantenimiento dentro del cono de la succión y poder realizar así las inspecciones de líquidos penetrantes al rodete.





Figura 5. (a) y (b) Apertura de la cámara aspiral y apertura del cono de succión.

Se realiza el bloqueo y etiquetado de los servicios auxiliares donde se incluyen bombas de enfriamiento, regulador de velocidad, sello del eje, drenaje de la tapa de turbina, lubricación e inyección de aceite.



Figura 6. Bloqueo etiquetado del sistema regulador de velocidad, enfriamiento y sello del eje

d. Montaje de plataforma de mantenimiento y plataforma de inspección de rodete.

Luego se realiza el montaje de la plataforma de mantenimiento del cono de succión y la plataforma para inspección del rodete.



Figura 7. (a) y (b) Montaje de plataforma de mantenimiento y montaje de plataforma para inspección de rodete

3.5.2 Descripción para el objetivo específico 2

Para encontrar el desgaste de los álabes y validar las pruebas de la inspección por Líquidos Penetrantes en los alabes del rodete y estator, se realizaron los siguientes procedimientos:

- Bloqueo etiquetado válvula esférica y servicios auxiliares.
- Montaje de compuertas ataguías y vaciado de succión.
- Montaje de plataforma de mantenimiento y plataforma para inspección del rodete.
- **Inspección del rodete Francis.** Reparación por cavitaciones borde de cintura y pist de corrosión.
- Inspección del cono de succión. Reparación de cavitaciones borde de escotillas.
- **Inspección cámara espiral alabes directrices.** Reparación de cavitaciones en placa de desgaste inferior y superior.
- Inspección componentes cojinete combinado. Sistema de inyección, mantenimiento del skid filtro dúplex, bombas de lubricación y filtrado de aceite.
- Cojinete guía de turbina. Medición de holguras, inspección placa de desgaste y pista del sello del eje.
- **Distribuidor inferior.** Inspección y cambio de los sellos PLX bujes inferiores.
- **Distribuidor superior.** cambio de sellos PLX bujes superiores, medición de holguras entre rodete y laberinto superior verificación y alineamiento del distribuidor.
- Válvula esférica inspección del anillo de operación ensayos con líquidos penetrantes, colocación de belzona protección y recubrimiento.
- Mantenimiento de bombas del skid sello del Eje.



- Mantenimiento de la unidad hidráulica del regulador de velocidad.
- Mantenimiento válvula de vaciado u succión.
- Inspección sistema de frenos. Pista y componentes.
- Desmontaje de cuba interna cojinete combinado para colocación de sello en deflector.
- Verificación de pretensionamiento tirantes de las tapas inferior y superior.

a. Parada de maquina

Las labores de parada de máquina se inician día 07-08-2022 a las 13:00. La Unidad Generadora UG-2 inicia su mantenimiento mayor con 30,676.58 horas de operación.

b. Bloqueo y etiquetado

Se realizó el bloqueo y etiquetado de los equipos que involucran en el mantenimiento.

- Bloqueo principal válvula esférica UG-2
- Bloqueo de servicios auxiliares. regulador de velocidad, sello del eje y sistema de enfriamiento, skid cojinete combinado, sistema de frenos.

c. Cierre y bloqueo de la válvula esférica UG-2.

Finalizado el grafset de parada de la unidad y habiendo obtenido y liberado los permisos de trabajo respectivos se procedió con el cierre de la válvula esférica de la UG-2 y se inició el procedimiento de loto que implica el bloqueo de los 13 pines para bloqueo del anillo de aguas arriba, los 2 bulones principales de la válvula, cierre de las válvulas manuales de los cilindros y el cierre y bloqueo de las válvulas mecánicas del bypass, todo ello verificado en la IHM del tablero de control local de la válvula.



d. Montaje de las compuertas Ataguías y drenaje de la succión

Ecualizada la presión y drenada la tubería forzada se procedió a la colocación de las compuertas ataguías en la succión de la unidad UG-2 para después proceder con el vaciado de succión de esta unidad.



Figura 8. (a) y (b) Cierre de válvula esférica y bloqueo general - montaje de compuertas ataguías de succión.

e. Vaciado de cámara espiral

Se realiza el vaciado de cámara espiral con apertura de la válvula baipás de la turbina y se prosigue de acuerdo con el manual y procedimiento establecido del vaciado parcial y final del cono de succión.

f. Vaciado del cono de succión.

Se realiza el vaciado del cono de succión colocando la compuerta en salida de succión y se procede dar apertura de la válvula de succión y poza de vaciado luego ingresan en operación las bombas centrifugas de modo automático del sistema de vaciado vertiendo el agua a la poza de restitución y monitoreando el control del vaciado parcial y final de succión controlados por el tablero general de medición de vaciado y drenaje.

g. Apertura Manhole cono de succión y cámara espiral

Comprobado el vaciado de la cámara espiral y el cono de la succión se inició la apertura de las entradas (manhole) cono de succión y cámara espiral:



- Se procedió con la instalación de luminarias y el bloqueo de las bombas que están involucradas en la maniobra para iniciar la inspección de la cámara espiral y el cono de succión.
- Seguidamente se continuaron las actividades programadas con la apertura del distribuidor para poder montar desde la cámara espiral un sistema de líneas de vida para el armado de la plataforma de mantenimiento dentro del cono de la succión y poder realizar así las inspecciones de líquidos penetrantes al rodete.
- Se realiza el bloqueo y etiquetado de los servicios auxiliares donde se incluyen bombas de enfriamiento, regulador de velocidad, sello del eje, drenaje de la tapa de turbina, lubricación e inyección de aceite.



Figura 9. (a) y (b) Apertura de la cámara aspiral y apertura del cono de succión.



Figura 10. Bloqueo etiquetado de sistemas regulador de velocidad, s. enfriamiento, sello del eje.



h. Montaje de plataforma de mantenimiento y plataforma de inspección de rodete.

Luego se realiza el montaje de la plataforma de mantenimiento del cono de succión y la plataforma para inspección del rodete.



Figura 11. (a) y (b) Montaje de plataforma de mantenimiento cono de succión y montaje de plataforma para inspección de rodete.

3.5.3 Recolección de datos del rodete Francis UG-1 y UG-2.

Al realizar la inspección se identifica oportunamente el grado de desgaste y la eventual presencia de defectos en las zonas críticas del rodete. Debido al hallazgo de fisuras en los álabes del rodete que se habían tenido anteriormente, se programó realizar esta inspección con líquidos penetrantes a la estructura de los álabes del rodete, la cual fue realizada siguiendo la secuencia y con los siguientes resultados:

- Encontrar el desgaste de los alabes de la turbina usada en la central hidroeléctrica Chaglla.
- Validar las pruebas de la inspección por Líquidos Penetrantes en los alabes del rodete.
- Para la inspección del rodete con líquidos penetrantes se aplicó los criterios de la norma con la indicación lineal relevante redondeada relevante mayor de 5mm.
- Cuatro o más indicaciones redondeadas relevantes, alineadas separadas por 1,5 mm o menos (esquina a esquina).



• La indicación que surge de una imperfección puede ser mayor que la imperfección que la causado; Sin embargo, el tamaño que se tomará como base para evaluar la aceptación es el tamaño de la indicación (punto) y no el tamaño de la imperfección.



- Ensayos no destructivos, líquido penetrante para identificar fisuras en lado de succión y presión de lado cinta y cubo, de lo cual preliminarmente no se visualizan fisuras en los álabes del rodete, solo se visualiza cavitaciones en el borde de cintura y puntos de erosión en alabes lado presión y succión del rodete.
- Como también se encontró daños de cavitación en el cono superior de succión parte interna entre las juntas de unión del cono las escotillas de la plataforma de mantenimiento.
- Se realizó el plantillado de los álabes del rodete de acuerdo con especificaciones del fabricante, encontrándose en su mayoría de los álabes con plantilla cero. Se procede a realizar la medición del espesor a todos los álabes del rodete (39mm del borde salida) para tener como registro y verificar el desgaste en las próximas inspecciones.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Grado de desgaste en el rodete Francis UG-1

Luego del proceso desarrollado para el hallazgo de fisuras en las palas del rodete con líquidos penetrantes a la estructura de las palas, la cual fue realizada siguiendo la secuencia descrita en el capítulo IV. Obtuvimos:





Figura 12. Ensayos de líquidos penetrantes al rodete UG-1





Figura 13. Resultados con aplicación de líquidos penetrantes a los álabes del rodete 1al 09 UG-1.





Figura 14. Resultados con aplicación de líquidos penetrantes a los álabes del rodete 10 al 13 UG-1.

4.2 Grado de desgaste en el rodete Francis UG-2

Luego del proceso desarrollado para el hallazgo de fisuras en las palas del rodete con líquidos penetrantes a la estructura de las palas, la cual fue realizada siguiendo la secuencia descrita en el capítulo IV. Obtuvimos:





Figura 15. Ensayos de líquidos penetrantes al rodete UG-2





ÁLABE 07

ÁLABE 08

ÁLABE 09

Figura 16. Resultados con aplicación de líquidos penetrantes a los álabes del rodete 01 al 09 UG-2.





Figura 17. Resultados con aplicación de líquidos penetrantes a los álabes del rodete 10 al 13 UG-2.

4.3 Hallazgos encontrados en el rodete UG-1

En el borde de cintura de salida de la zona intermedia, presentan áreas con desgaste por cavitación entre álabe y álabe 1-2. 3-4. 8-9. 11-12. 13-1.



Figura 18. Áreas con desgaste UG-1.

En la figura se observa que la superficie se encuentra áspera con desprendimiento del material debido (fenómeno de cavitación).



Según la inspección la evolución de las áreas cavitadas se encuentra controladas y se observa ligero desprendimiento de material lo cual no compromete la vida útil del rodete.

De la inspección por Líquidos Penetrantes a los 13 álabes del Rodete perfil de salida, Se observa que la superficie se encuentra áspero con ligero desprendimiento del material debido a la implosión (fenómeno de cavitación en los alabes 04 y 05).

Según la inspección la evolución de las áreas cavitadas se encuentra controladas y se observa ligero desprendimiento de material y no compromete la vida útil del rodete.



Figura 19. Álabe del rodete perfil de salida UG-1.

- 1. Alabe entrada del agua, lado alto presión
- 2. Alabe unión con la corona inferior salida del agua, lado alto presión.
- 3. Alabe unión con la corona superior salida del agua, lado alto presión.



Figura 20. Álabe de entrada y unión UG-1.





Figura 21. Áreas con desgaste UG-1.

De la inspección por Líquidos Penetrantes a los 13 Álabes del Rodete en la parte inferior y superior lados de presión y succión corona inferior y superior, se observan en las zonas intermedias PITTING por deformaciones de fabricación por puntos de erosión en alabes 05, 07, 09, 10,11,12.

La superficie del alabe en el lado alta presión, zona de entrada, no presenta desgaste por erosión, en forma aislada se observan sin embargo picaduras por impacto de material extraño.



Figura 22. Álabe lado alta presión UG-1.

4.4 Hallazgos encontrados en el rodete UG-2

Para el borde de cintura de salida de la zona intermedia, se presentan áreas desgaste por cavitación entre álabe y álabe 3-4. 9-10. 11-12.



- Se observa que la superficie se encuentra áspera con desprendimiento del material debido (fenómeno de cavitación).
- Según la inspección la evolución de las áreas cavitadas se encuentra controladas y se observa ligero desprendimiento de material lo cual no compromete la vida útil del rodete.



Figura 23. Áreas con desgaste UG-2

De la inspección por Líquidos Penetrantes a los 13 Álabes del Rodete, se observan en las zonas intermedias del perfil borde de salida de agua PITTING puntos de erosión en alabes 03, 09, 10,11.



Figura 24. Álabe de entrada y unión UG-2.

- 1. Alabe entrada del agua, lado alto presión
- 2. Alabe unión con la corona inferior salida del agua, lado alto presión.
- 3. Alabe unión con la corona superior salida del agua, lado alto presión.



De la inspección por Líquidos Penetrantes a los 13 Álabes del Rodete en la parte inferior y superior lados de presión y succión corona inferior y superior, se observan en las zonas intermedias PITTING por deformaciones de fabricación por puntos de erosión en alabes. 02, 10, 12.

Tabla 2

Medidas de espesor perfil de salida del alabe del rodete (39 mm) UG-1

	Puntos de Medición							
Número de álabes	D1	D2	D3	D4	D5			
1	15.50	16.00	16.10	15.90	15.50			
2	15.20	15.40	15.20	15.50	15.60			
3	15.30	15.00	15.30	16.00	15.50			
4	15.50	15.45	15.00	16.30	16.20			
5	15.40	15.60	15.50	16.45	16.40			
6	15.00	15.50	15.40	16.45	15.35			
7	15.00	15.60	15.35	15.80	15.70			
8	15.25	15.70	15.80	16.35	15.35			
9	15.60	16.20	16.45	16.35	16.60			
10	16.20	16.30	16.00	16.45	15.70			
11	14.80	15.90	16.00	16.20	16.00			
12	15.10	15.60	15.40	16.70	15.00			
13	15.00	15.50	15.40	16.00	15.60			
Promedio desgaste(mm)	15.30	15.67	15.61	16.19	15.73			
Medida nominal(mm)	15.40	15.40	15.80	16.00	15.60			
Desgaste en (%)	0.67	-1.77	1.25	-1.22	-0.85			





Figura 25. Resultado de medición de los alabes del rodete perfil de salida UG-1.

De la Figura 26 se resume que en la distancia 2 de los 13 alabes del rodete sufre mayor desgaste a diferencia que en la distancia 1 de los 13 alabes del rodete sufre menor desgaste para la UG-1.



Tabla 3

Medidas de espesor perfil de salida del alabe del rodete (39 mm) UG-2

* * *	Puntos de Medición							
Número de álabes	D1	D2	D3	D4	D5			
1	15.65	16.20	16.40	16.00	15.40			
2	15.00	15.55	16.00	15.60	16.00			
3	15.20	14.80	15.50	15.80	15.50			
4	15.30	15.40	15.50	16.30	16.00			
5	15.00	15.70	15.80	16.30	15.70			
6	15.00	15.66	15.50	16.24	15.20			
7	14.90	15.38	15.50	15.80	15.50			
8	15.00	15.80	15.80	16.70	15.90			
9	15.66	16.20	16.50	16.70	16.10			
10	16.00	16.30	16.40	16.50	15.80			
11	15.80	16.40	16.20	16.30	16.00			
12	14.82	15.80	15.60	16.46	15.60			
13	15.00	15.60	16.70	16.00	15.90			
Promedio desgaste(mm)	15.26	15.75	15.95	16.21	15.74			
Medida nominal (mm)	15.40	15.40	15.80	16.00	15.60			
Desgaste en (%)	0.93%	-2.29%	-1.00%	-1.35%	-0.90%			





Figura 26. Resultado de medición de los alabes del rodete perfil de salida UG-2.

De la Figura 27 se resume que en la distancia 2 de los 13 alabes del rodete sufre mayor desgaste a diferencia que en la distancia 5 de los 13 alabes del rodete sufre menor desgaste para la UG-2.

4.5 Hallazgos encontrados en los álabes directrices UG-1

En todos álabes directrices las superficies del perfil de entrada lado baja presión presentan pitting por posible impacto de materiales extraños.

En todos los álabes directrices las superficies lado alta y baja presión perfil de entrada presentan desprendimiento de harcoating y desgaste menor de material lo cual no comprometen la vida útil del componente.





Figura 27. Medidas de altura del distribuidor (Estator)





ÁLABE 09ÁLABE 10Figura 28. Desgaste de los álabes directrices UG-1 del 01 al 12.

ÁLABE 11

ÁLABE 12





ÁLABE 17

ÁLABE 18

ÁLABE 19

ÁLABE 20

Figura 29. Desgaste de los álabes directrices UG-1 del 13 al 20.



Tabla 4

Distribuidor posición cerrado medidas (mm), holgura entre placa superior e inferior y alabe directriz UG-1.

N° de álabes	Entrada superior	Salida superior	Entrada inferior	Salida inferior		
	Α	В	Α	В		
01	0.35	0.52	0.3	0.32		
02	0.44	0.55	0.38	0.25		
03	0.5	0.48	0.4	0.3		
04	0.54	0.5	0.52	0.4		
05	0.68	0.85	0.2	0.18		
06	0.43	0.45	0.42	0.2		
07	0.14	0.3	0.62	0.3		
08	0.32	0.36	0.52	0.25		
09	0.3	0.35	0.32	0.2		
10	0.42	0.38	0.27	0.25		
11	0.32	0.32	0.3	0.38		
12	0.57	0.38	0.32	0.42		
13	0.46	0.38	0.36	0.52		
14	0.7	0.4	0.36	0.42		
15	0.78	0.76	0.3	0.25		
16	0.65	0.55	0.35	0.33		
17	0.52	0.32	0.25	0.35		
18	0.48	0.52	0.2	0.2		
19	0.48	0.62	0.15	0.15		
20	0.34	0.3	0.37	0.3		
Promedio (mm)	0.47	0.46	0.35	0.30		
Desgaste (mm)	0.07	0.07	0.09	0.04		
Promedio nominal (mm)	0.40+0	0.1mm	0.26 +0.1mm			



Tabla 5

Distribuidor posición abierto control de altura distribuidor entre placas de desgaste *S/I. UG-1.*

Entre 1 y 2	Entre 2 y 3	Entre 3 y 4	Entre 4 y 5	Entre 5 y 6	Entre 6 y 7	Entre 7 y 8	Entre 8 y 9	Entre 9 y 10	Entre 10 y 11
469.11	469.28	469.35	469.34	469.37	469.27	469.12	469.05	469.03	469.03
Entre 11 y 12	Entre 12 y 13	Entre 13 y 14	Entre 14 y 15	Entre 15 y 16	Entre 16 y 17	Entre 17 y 18	Entre 18 y 19	Entre 19 y 20	Entre 20 y 01
469.19	469.17	469.4	469.5	469.32	469.25	469.13	469.04	469.03	469.19
Promedio (mm)					469.20				
Promedio nominal (mm)					468.96				
Desgaste (mm)					0.24				



Figura 30. Sistema del distribuidor- medidas de altura del distribuidor UG-1.



De la Figura 31 se resume que la holgura entre placa y álabe directriz en la entrada y salida superior en el 5 y 15 sufre mayor holgura a diferencia con el álabe 7 para la UG-1.

4.6 Hallazgos encontrados en los álabes directrices UG-2

En todos los álabes directrices las superficies lado alta presión perfil de salida presentan desprendimiento del recubrimiento harcoating y ligero desgaste de material.

Tabla 6

Distribuidor posición cerrado medidas (mm), holgura entre placa superior e inferior y alabe directriz UG-2.

N° de álabes	Entrada superior	Salida superior	Entrada inferior	Salida inferior		
	Α	В	Α	В		
01	0.62	0.40	0.45	0.40		
02	0.45	0.44	0.40	0.68		
03	0.42	0.27	0.53	0.80		
04	0.34	0.42	0.50	0.70		
05	0.42	0.30	0.54	0.74		
06	0.50	0.35	0.52	0.55		
07	0.50	0.44	0.42	0.52		
08	0.53	0.42	0.40	0.58		
09	0.60	0.50	0.52	0.50		
10	0.56	0.43	0.42	0.50		
11	0.76	0.65	0.47	0.45		
12	0.65	0.72	0.50	0.42		
13	0.46	0.58	0.62	0.60		
14	0.52	0.60	0.70	0.54		
15	0.45	0.52	0.55	0.65		
16	0.52	0.50	0.48	0.43		
17	0.38	0.48	0.50	0.46		
18	0.24	0.24	0.60	0.73		
19	0.42	0.36	0.50	0.58		
20	0.42	0.51	0.35	0.55		
Promedio (mm)	0.49	0.46	0.50	0.57		
Desgaste (mm)	0.08	0.06	0.24	0.31		
Promedio nominal (mm)	0.40 +	0.1mm	0.26 +0.1mm			





ÁLABE 01







ÁLABE 03



ÁLABE 04



ÁLABE 05



ÁLABE 06



ÁLABE 07



ÁLABE 08



ÁLABE 09

Figura 31. Desgaste de los álabes directrices UG-2 del 01 al 12.

ÁLABE 10

ÁLABE 11

ÁLABE 12





ÁLABE 17ÁLABE 18Figura 32. Desgaste de los álabes directrices UG-2 del 13 al 20.

ÁLABE 19

ÁLABE 20



Tabla 7

Distribuidor posición abierto control de altura distribuidor entre placas de desgaste s/i. UG-2.

Entre 1 y 2	Entre 2 y 3	Entre 3 y 4	Entre 4 y 5	Entre 5 y 6	Entre 6 y 7	Entre 7 y 8	Entre 8 y 9	Entre 9 y 10	Entre 10 y 11
469.35	469.45	469.42	469.48	469.34	469.27	469.21	469.14	469.22	469.26
Entre 11 y 12	Entre 12 y 13	Entre 13 y 14	Entre 14 y 15	Entre 15 y 16	Entre 16 y 17	Entre 17 y 18	Entre 18 y 19	Entre 19 y 20	Entre 20 y 01
469.47	469.46	469.42	469.38	469.24	469.14	469.08	469.12	469.2	469.3
Promedio (mm)	469.29								
Promedio nominal (mm)					468.96				
Desgaste (mm)					0.34				




Figura 33. Sistema del distribuidor - medidas de altura del distribuidor UG-2

De la Figura 34 se resume que la holgura entre placa y álabe directriz de la entrada y salida inferior en el 3 sufre mayor holgura a diferencia con el álabe 18 entrada y salida superior para la UG-2.

Finalmente, en las siguientes figuras se muestran los márgenes nominales que se deben considerar para los álabes del rodete y directriz; sobreponiendo los datos registrados para esta investigación:

- Rodete UG1 y UG2; Distancia 1 Distancia 2 con 15.4 mm, Distancia 3 con 15.8 mm, Distancia 4 con 16 mm y Distancia 5 con 15.6 mm.
- Directriz UG1 y UG2; Entrada salida superior con 0.40 +0.1mm y Entrada salida inferior con 0.26 +0.1mm.





Figura 34. UG1 vs UG2



CONCLUSIONES

- En lo referido a la cavitación, se puede concluir una estimación del daño producido por la implosión de burbujas en las superficies de la turbina, especialmente en el rodete, en el borde de cintura de salida de la zona intermedia en la UG-1, presentan áreas con desgaste por cavitación entre álabe y álabe 1-2. 3-4. 8-9. 11-12. 13-1. Según la inspección la evolución de las áreas cavitadas se encuentra controladas y se observa ligero desprendimiento de material lo cual no compromete la vida útil del rodete. Así mismo para los alabes del rodete en la UG-2, se presentan áreas desgaste por cavitación entre álabe y álabe 3-4. 9-10. 11-12; también se encuentra controladas y se observa ligero desprendimiento de material lo cual no compromete la vida útil del rodete.
- Con respecto al desgaste de los alabes en el rodete podemos indicar que en la UG2 se tiene un 6.47% de desgaste acumulado, mientras que en la UG1 con un 5.47 %.
- Para el caso de los álabes directrices la holgura de desgaste con mayor incidencia es en la UG2 con 0.692 mm de desgaste acumulado, mientras que en la UG1 con un 0. 2595 mm.
- Las turbinas Francis son una tecnología probada y eficiente para la generación de energía hidroeléctrica. Su diseño y funcionamiento permiten aprovechar eficientemente la energía cinética y potencial del agua en movimiento. Los avances en el diseño del rodete y el distribuidor han mejorado aún más la eficiencia de estas turbinas en los últimos años.
- A través de la investigación y el desarrollo continuo, es posible mejorar aún más la eficiencia de las turbinas Francis y optimizar su diseño para diferentes aplicaciones, los avances en técnicas de simulación numérica y análisis de fluidos computacional han permitido a los investigadores explorar diferentes configuraciones y optimizar el rendimiento de las turbinas.



RECOMENDACIONES

- Para estudios más profundo de cavitación se elaboraría un modelo lagrangiano que describa la iniciación, el desarrollo y la implosión de las burbujas de vapor de agua durante la cavitación. También se propone, para los estudios de fugas hidráulicas, determinar el comportamiento de la fuerza axial en función de la distancia de separación entre el rodete y las cubiertas de la turbina Francis, además de realizar el estudio de fugas que incluya partículas de arena, para estimar la erosión de las superficies del laberinto de fugas por la arena. Por último, para los estudios de fatiga, se propone determinar experimentalmente los esfuerzos mecánicos sufridos por el rodete, con el objeto de compararlos con los calculados numéricamente, además de estimar los esfuerzos soportados por el tubo de aspiración de la turbina Francis. Esto último permitiría calcular el número de horas de funcionamiento.
- Un trabajo a futuro podría ser la erosión, y este puede estar dirigido a determinar experimentalmente la cantidad de material removido por la arena en la turbina Francis, especialmente en las cubiertas y el rodete. Este desarrollo implicaría la elaboración de una curva que utilizara mediciones experimentales, y que estuviera en función del desgaste de una superficie y del número de colisiones.



BIBLIOGRAFÍA

- Beatove, S. L., García, M. J., Avellan, F., Quintero, B., y Orrego, S. (2011). Simulación Numérica Turbinas Francis. Bogotá: Fondo Editorial Universidad EAFIT – Editorial UAO. Recuperado de https://ovidiouscuvilca.files.wordpress.com/2011/12/lain_simulacion-numerica-deturbinas-francis1.pdf
- Can, K., Minguan, Y., Guangyan, W., y Haixia, L. (2009). Cavitation analysis near blade leading edge of an axial-flow pump. 2009 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, ICMTMA 2009, 2, 767-770. https://doi.org/10.1109/ICMTMA.2009.162
- Chen, Y., Zhang, H., y Ma, S. (2015). Research on the characteristics of internal turbine sensor mounted on underwater high speed moving body. *Conference Record - IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, 2015-July, 1337-1341. https://doi.org/10.1109/I2MTC.2015.7151467
- D'Agostino, L., y Salvetti, M. V. (2007). Fluid Dynamics of cavitation and cavitating turbopumps. Berlin: Springer Berlin Heidelberg. Recuperado de https://www.amazon.com/Cavitation-Cavitating-Turbopumps-International-Mechanical/dp/3211766685
- Franc, J. P., y Michel, J. M. (2005). Fluid Mechanics And Its Applications. En *Fundamentals Cavitation*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg. Recuperado de https://link.springer.com/book/10.1007/1-4020-2233-6
- Gondal, T. M., Hameed, Z., Shah, M. U., y Khan, H. (2019). Cavitation Phenomenon and Its Effects in Francis Turbines and Amassed Adeptness of Hydel Power Plant. 2019 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET), 1-9. IEEE. https://doi.org/10.1109/ICOMET.2019.8673454
- Hota, A. (2016). Rakeshasharma2016. International conference on Signal Processing, Communication, Power and Embedded System (SCOPES), 1771-1776. Recuperado de http://toc.proceedings.com/34934webtoc.pdf
- Hu, J., Ren, J., Liao, G., Zhao, H., He, H., y Hu, G. (2021). Structure design of Large Francis turbine runner blade defect detection robot. *Proceedings of 2021 IEEE International Conference on Power Electronics, Computer Applications, ICPECA* 2021, 944-947. https://doi.org/10.1109/ICPECA51329.2021.9362573



- , UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO Repositorio Institucional
 - Huang, X., y Zhang, M. (2014). Study on cavitation flow around a hydrofoil. IET Conference Publications, 2014(CP658). https://doi.org/10.1049/cp.2014.1193
 - Huixuan, S., Zhaohui, L., Xuezheng, C., y Qingfu, S. (2011). Experimental Investigations on Cavitation in Large Kaplan Turbines. 2011 Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, 2, 120-123. IEEE. https://doi.org/10.1109/ICMTMA.2011.317
 - Jeon, S. S., Bak, Y., y Lee, K. B. (2019). Reduction of DC-Link Voltage Fluctuation for Hydraulic Turbine Generation Systems Using Back-to-Back Converters. CENCON 2019 - 2019 IEEE Conference on Energy Conversion, 2019-Janua, 75-78. https://doi.org/10.1109/CENCON47160.2019.8974692
 - Kapali, A., Neopane, H. P., Chitrakar, S., Shrestha, K. P., y Sapkota, P. (2022). Pressure fluctuation measurement in pressure vessels. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1037(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1037/1/012052
 - Kavurmaci, B., Akin, H., Ayli, E., Celebioglu, K., y Aradag, S. (2013). Design of an experimental test stand for francis type hydraulic turbines. *International Conference* on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, (May), 876-880. https://doi.org/10.1109/PowerEng.2013.6635725
 - Kavurmaci, B., Celebioglu, K., Aradag, S., y Tascioglu, Y. (2017). Model Testing of Francis-Type Hydraulic Turbines. *Measurement and Control (United Kingdom)*, 50(3), 70-73. https://doi.org/10.1177/0020294017702284
 - Lain, S. (2011). Asignatura de Mecánica de Fluidos. Propuesta Docente. Cauca: Universidad Autónoma de Occidente. Recuperado de https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/14305/Asignatura de mecánica de fluidos. Propuesta docente.pdf?sequence=3&isAllowed=y
 - Liu, S. Y., y Wang, S. Q. (2007). Cavitations monitoring and diagnosis of hydropower turbine on line based on vibration and ultrasound acoustic. *Proceedings of the Sixth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, ICMLC 2007*, 5(August), 2976-2981. https://doi.org/10.1109/ICMLC.2007.4370657
 - Liu, Y., Zhao, Y., Qin, D., y Li, H. (2011). Design method of transparent water lens of model turbine taper pipe based on intelligent optimization algorithm. 2011 International Conference on Electrical and Control Engineering, (1), 5822-5825. IEEE. https://doi.org/10.1109/ICECENG.2011.6057230
 - López, L. (2021). *Estudio De La Cavitación En Una Turbina En Modo Bomba. (Tesis de grado)* (Universidad Politécnica de Cataluña). Universidad Politécnica de Cataluña,



Barcelona,

de

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/343887/Memoria TFG-Lluís López Pérez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Recuperado

Murgan, I., Vasile, G., Ioana, C., Barre, S., y Lora-Ronco, T. (2017). Hydraulic Turbine Vortex Detection and Visualization Using Strain Gauge Sensor. *IEEE Sensors Letters*, 1(5), 1-4. https://doi.org/10.1109/LSENS.2017.2750402

España.

- Neira, M. L., y Roque, J. S. (2020). Generación undimotriz para mejorar el suministro de energía eléctrica en la playa costanera - Huanchaco. (Tesis de licenciatura) (Universidad Privada del Norte). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Recuperado de https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23955
- Neopane, H. P. (2007). Alternative design of a Francis turbine for sand laden water. *Hydro Sri Lanka - International Conference on small Hydropower*, 7, 201. Recuperado de https://ntnuopen.ntnu.no/ntnuxmlui/handle/11250/233519?show=full
- Nicholls-Lee, R. F., y Turnock, S. R. (2007). Enhancing Performance of a Horizontal Axis Tidal Turbine using Adaptive Blades. OCEANS 2007 - Europe, 1-6. IEEE. https://doi.org/10.1109/OCEANSE.2007.4302437
- Ozonek, J. (2012). Application of Hydrodynamic Cavitation in Environmental Engineering. En *Application of Hydrodynamic Cavitation in Environmental Engineering*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/b11825
- Rahi, O. P., y Chandel, A. K. (2015). Refurbishment and uprating of hydro power plants—A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48(2015), 726-737. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.033
- Ranade, V. V., Bhandar, V. M., Nagarajan, S., Sarvothaman, V. P., y Simpson, A. T. (2016). *Hydrodynamic Cavitation Devices, Design, and Applications*. New York: John Wiley & Sons, Inc. Recuperado de https://www.wiley.com/enus/Hydrodynamic+Cavitation:+Devices,+Design+and+Applications-p-9783527346431
- Shi, H., Li, Z., y Bi, Y. (2007). An on-line cavitation monitoring system for large kaplan turbines. 2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting, PES, 1-6. https://doi.org/10.1109/PES.2007.385723
- Sirok, B., Hocevar, M., Kern, I., y Novak, M. (1999). Monitoring of the cavitation in the Kaplan turbine. ISIE '99. Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics (Cat. No.99TH8465), 3, 1224-1228. IEEE.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO Repositorio Institucional

https://doi.org/10.1109/ISIE.1999.796873

- Song, Z., Cui, B., Jin, Y., y Zhang, Y. (2011). Influence of a contraction device on performance of the underwater windmill. Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, APPEEC. https://doi.org/10.1109/APPEEC.2011.5747725
- Suyi, L., y Shuqing, W. (2006). A Multi-sensor Fusion Method for the Detection of Cavitations in the Hydropower Turbine. 2007 Chinese Control Conference, 501-505. IEEE. https://doi.org/10.1109/CHICC.2006.4347365
- Tullis, J. P. (1989). Hydraulics of Pipelines Pumps, Valves, Cavitation, Transients. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc. Recuperado de https://books.google.com.pe/books/about/Hydraulics_of_Pipelines.html?id=86P9P VgKXoEC&redir_esc=y
- Vidorreta, R., Silva, J. M., Medina, J. A., y Olais, J. M. (2020). Extracting Clean Energy Through the Design of a Mesoscopic Low-Power Hydrokinetic Turbine. 2020 IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech), 1-6. IEEE. https://doi.org/10.1109/SusTech47890.2020.9150521
- Zegarra, R. L. (2015). Análisis y simulación fluidodinámica del fenómeno de cavitación en una turbina Francis. (Tesis de grado) (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de https://core.ac.uk/download/pdf/323341428.pdf
- Zhan, L., Peng, Y., y Chen, X. (2009). Cavitation Vibration Monitoring in the Kaplan Turbine. 2009 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, 1-4. IEEE. https://doi.org/10.1109/APPEEC.2009.4918211
- Zhang, Y., Fernandez-Rodriguez, E., Zheng, J., Zheng, Y., Zhang, J., Gu, H., ... Lin, X. (2020). A Review on Numerical Development of Tidal Stream Turbine Performance and Wake Prediction. *IEEE Access*, 8, 79325-79337. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2989344
- Zhou, Y., Liu, Z., Zou, S., y Zhang, X. (2019). Turbine Cavitation State Recognition
 Based on BP Neural Network. 2019 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS), 1, 114-117. IEEE. https://doi.org/10.1109/ICRIS.2019.00037



ANEXOS





Anexo 1. Certificado y protocolo de instrumentos. REGISTRO DE LOS PROTOCOLOS C.H. CHAJLLA

6		RTIFIC					ΓΕΝΙΜ	IEN	тоү	Mai	ntenimiento I&	С
1 4	5) I -				INSTR			=			Formato F-MAN	I-001
C		V L					00 01	-			Revisión 01	
en eral E	lectric			TEMP	ERATUR	RA				CEF	RT_TEM_IC_00	2
DATO	STECNIC	COS DEL	INSTRU	JMENTO		II. DATC	STECN	ICO:	S EQUI	POS DE	MEDICIÓN	
į	Area	Galeria	M1	1		Pa	tron F	LUKE	9103	C	alibrador FLUKE	725
Eq	uipo Coj	jinete Guía	Turbina	1		5	Serie	B71	627		Serie 3529	054
	UG	01]		Certific	ado El	-030	4-2022	C	ertificado EE-920	-2022
	OT	200036	530]		. Calibra	ción 🤤	9/05/:	2022	·. Ca	alibración 6/05/2	2022
Verifica	ación	1/07/20)22]		'F. Calira	ción S	9/05/:	2023	F. Ca	alibración 6/05/2	023
I. CON	SIDERACI	IONES										
Realizar c	oordinacion	es y permis	os con Ope	eraciones y Segi	uridad.	*PF. Calibr	ación = Pr	óxima	Fecha de	Calibració	n del Equipo Patrón/C	alibrado
Calibar	ción = Fecha	a de calibra	ción.			*F. Verifica	ición = Fec	ha en	la que se	esta realiz	ando la verificación d	el instrur
7. DAT		ISTRUM	IENTO									
	Tag KKS	01MEA4	1CT 103_	_XQ001 C	anal PLC	A1.1	5 CANA	L 4	Tip	oo RTD	Pelicula delga	ada
Ta	g Campo	TE-MEF	102		Rango		50 a 250		Clase	<u>e de RTE</u>	A	
De	scripcion	U1 CGI	I EMP N	IETAL SEGN	VENTO 2	- 1 102			Co	onexion	l arjeta R H	_ ر
. PROT	LOCOLO	DE MAN	TENIMIE	NTO								
Previo a	Mantenin	niento		Ma	ntenimien	to				Después	s de Mantenimeir	ito
escone	ctar Instrum	ento	ok	Lim	pieza bulbo)	0	k		Montar Ins	strumento	ok
esmont	ar Instrumer	nto	ok	Lim	pieza cuen;	00	0	k		Conexion	ar Instrumento	ok
larcar b	ornes		ok	Lim	pieza Cabe	ezal	0	k		Ajustar Be	ornes	ok
nantio ca	imponadora		ок	Ajus	ste conexio	n cabezai	0	K		Probar er	ISCADA	Ток
OB	SERVACI	ON										
/I. PRO	TOCOLO	DE VER	IFICACIO	ON DE INST	RUMENT	C						
Dange	Verificació	on tempera	aturas	Venticación F	Resistencia	Error D	Venticac		CADA	Para Irar	ismisores	
20%	1. FallOI	. Meulua	LITOI T.	R. Teorica	R. Medida	ENOR.	T. Sta		. Staua	IX. Teoffice	TX. Mediac Error TX	
0%	-20.0°C	0.07 °C	-0.1 °C	100.00.0	100 34 0	0.34	0.40 %	2	0.33			-
20%	20.0 °C	20.04 °C	0.0 °C	107.79 0	107.81 0	0.02	20.30 °	c	0.26			-
40%	40.0 °C	39.99 °C	0.0 °C	115.54 Ω	115.35 Ω	0.19	40.40°	c	0.41			_
60%	60.0 °C	60.12 °C	-0.1 °C	123.40 Ω	123.00 Ω	0.4	60.40 °	С	0.28			
80%	80.0 °C	80.24 °C	-0.2 °C	130.90 Ω	130.45 Ω	0.45	80.50 °	С	0.26			
100%	100.0 °C	100.5 °C	-0.5 °C	138.51 Ω	137.96 Ω	0.55	100.50	°C	0.05			
T. = Ten	nperatura I	R. = Resis	tencia E.	= Error Tx. =	Transmisor	desviaci	ón=±Err	or				
				DECVIA				<u>`</u>)
				DESVIA	JON LI							
ပ္	0.50	00										
e	0.40	00										
ца С	0.30	00										
jti	0.20	00										
- Lu	0.10	00										
ă	0.00	00										
λár	-0.10	00 -26-20) - 14 - 8	-2 4 10 16	22 28 34	1 40 46	52 58 6	1 70	76 82	88 94 10	0106112118	
12	-0.20	00										
ció	-0.30	00								_		
via	_0.4											
Sec	-0 5											
	-0.51											1

Leyenda de Rango de Error

Verificación Instrumento Validez del rango de temperatura encias Bobinadas Pelicula Delgad 50 a +250 °C 0 a +150 °C 00 a +450 °C -30 a +300 °C Clase Resistencias Bobina AA -50 a +250 °C A -100 a +450 °C Mantto de Instrumento Límite de error Temp. Límite de error Res. Límite error Tx. Límite error Scada ±(0.1 + 0.0017)) ±(0.15 + 0.002)) -196 a +600 °C -196 a +600 °C -50 a +500 °C -50 a + 600 °C ±(0.3 + 0.005|t) ±(0.6 + 0.01|t) B INSTRUMENTO Y CANAL PLC BUEN ESTADO TEST RESULTADO faucher. Aphilia

Temperatura °C

José Sanchez Díaz Supervisor Responsable Johan Aquino Aquino Técnico Responsable

Waldir A. Ocampo Puerta CORD MANTENMENTO JAM GE Recensible Paru Waldir Ocampo Puerta Coordinador de área



											Ma	ntenimie	nto I&	kC
	C	ERTIFIC	ADO Y	PROTO	COLO D	E١	MANTE	ENI	NIEN	ITO Y		Formato	F-MA	N-001
	2 VE	RIFICAC	CIÓN DE	EINSTR	UMENT	bs	DET	EMF	PERA	TURA		Revisión	0	1
General El	ectric										CE	RT_TEM_	IC_0	03
I. DATO:	S TECNI	COS DEL	INSTRUM	IENTO		I	I. DATO	S TE		OS EQU	IPOS DE		N	
Á	rea	Galeria	M1				Pa	utron	FLU	KF 9103		alibrador	FLUK	E 725
Eq	uipo C	ojinete Guía	Turbina				5	Serie	B	71627		Serie	352	9054
	UG	01					Certific	cado	ET-03	304-2022	C	ertificado	EE-92	0-2022
	OT	200036	30				. Calibra	ción	9/0	5/2022	. C	alibración	6/05/	/2022
. Verifica	ción	1/07/20	22			1	F. Calira	ción	9/0	5/2023	. Ci	alibración	6/05/	/2023
III. CONS	SIDERAC	ONES												
*Realizar c	oordinacior	tes y permiso ta da calibrac	s con Opera	aciones y Seg	uridad.	*	PF. Calibr	ación -	= Próxir Focha	ma Fecha d	e Calibraci	ón del Equipo izando la vor	Patrón ficación	I/Calibrac
			INTO				r . vermea	- 101011	r cena	on la que a	0 03121021	izando la voi	neacion	German
10. D/ (14			CT109 X	0001	Canal DI	<u>c</u>	A1 1	8 C A		Ti		Pelicu	a dala	ada
Та	d Campo	TEMEF10	01100_/ 09		Ranc	10	-200	D a 8	50 °C	Clas	e de RTI	T Circu	A	uuu
De	scripción	U1 CGT	TEMP AC	EILUBR	CUBA 109					Co	onexión	Tarj	eta RT	D
				то										
Previo a	Manteni	miento			Mantenimie	ento	0				Despué	s de Mante	enimei	into
Desconed	tar Instrun	nento	ok	l	Limpieza bu	bo			ok		Montar In	strumento		ok
Desmonta	ar Instrume	nto	ok	Ī	Limpieza cue	erpo)		ok	1	Conexior	nar Instrume	nto	ok
Marcar bo	ornes		ok	1	Limpieza Ca	bez	al		ok		Ajustar B	omes		ok
Mantto ca	impo/laboi	ratorio	ok	1	Ajuste conex	ión	cabezal		ok		Probar e	n SCADA		ok
	BSERVAG													
VI. PRO	TOCOLC	DE VERI		DE INST	RUMENTO)								
D	Verificaci	ón temperat	uras	Verificación	Resistencia	a 	D	Verif	icaciór	1 SCADA	Para Tra	nsmisores		-
Rango	1. Patron	11. Medida	Error I.	R. Teonc	a R. Medi	dal	Error R.	1.5	cada	E. Scada	IX. leonc	cix. Mediac	Error	.x.
-20%	-20.0 °C	0.10.90	0.1.%	92.16 0	100.05	0	0.05	-20.	00-0	20				_
20%	20.0 °C	20.00 °C	0.1°C	100.00 0	0 107.80	0	0.03	20	0°C	0.1				_
40%	40.0 °C	40.00 °C	0.0 °C	115.54 0	115.54	Ω	0	40.2	20 °C	0.2				_
60%	60.0 °C	60.00 °C	0.0 °C	123.40 Ω	123.23	Ω	0.17	60.2	20 °C	0.2				
80%	80.0 °C	℃ 00.08	0.0 °C	130.90 Ω	130.89	Ω	0.01	80.2	20 °C	0.2				
100%	100.0 °C	100.00 °C	0.0 °C	138.51 G	138.49	Ω	0.02	100.	20 °C	0.2				
• 1. = 1em	nperatura	R. = Resiste	encia [E. =	Error Ix. =	Transmisor	lae	sviacion	= ± Er	ror					
(DESVIA	CIÓN LÍ	M	ITE DI	E RT	D					
	0.	500												
l°	0.4	400											_	
ē	o:	300							_					
tid	0.3	200												
Ĩ	0.1	100												
be	0.0												_	
áx.	-0 -	100 -26-20	-14 -8 -2	4 10 10	6 22 28 34	1 4	0 46 52	58	64 70	76 82	88 94 10	01061121	8	
12	-0 :	200												
iộ,	-0 :	300											_	
via	-0.4	100											-	
Sec	-0 ·	500											_	
	0													
					T									
					rempera	atu	rac							/
Leyenda	de Rango	de Error									Vorifier	nión Instra	monte	
Laure -	_	Validez.de	l rango d	e temperat	ura .					_	vennica	Lion instru	nento	
Clase	Resister	icias Bobina	idas	Pelicula D	elgada		Desvia	cione	es lími	tes	Mantto	de Instrum	ento	Pass
AA	-50	a +250 °C		0 a +15	i0 °C		±(0.1	+0.0	001710		Límite d	e error Te	mp.	Pass
A B	-100	<u>) a +450 °C</u> ໂa +600 °C		-30 a +3	00 °C	+	±(0.1 +(0.1	3 + 0	.002 F) 005#4		Límite d	<u>e error Ke</u> rror Tx	s. 📕	Pass
c	-19	6 a +600 °C		-50 a + 6	00 °C		±(0	.6 + 0	.01[t])		Límite e	rror Scade		Pass
	OT DEC											DO THE	-	
IE IE	STRES	ULTADO			INSTR	(UI	VIENTO	Y C/	AN AL	PLC BUE	EN ESTA	DO		
	A	Theres			a	la	uch	01				COORD MANTER	IMIENTO J	SM .
	lohan An	uino Aauin	0			sé :	Sanche	z Día	z	-	- 10	aldir Ocar	npo Pi	uerta
	Técnico F	Responsable	-		Sup	ervi	isor Resp	onsa	ble		•	Coordinad	or de á	rea



									Man	tenimien	to I&C
1.46		CERTIFI	ICADO Y	PROTOC	OLO DE	MANTEN	VIMIENT	TO Y	1	Formato	F-MAN-0
00		VERI	FICACIÓ	N DE INS	TRUMEN	ITOS DE	PRESIO	N		Revisión	
General Elect	tric								CE	RT_PRE_IC	_001
DATOS TE		DEL INSTR	UMENTO			II. DATOS	TECNICOS	S EQUIPOS	DE MEDICIÓ	N	
Ár	rea	Galeria_	M1]		Pa	itron T	LDMM-A	C	alibrador	FLUKE 77
	lipo Ce	jinete Guía	Turbina				Serie	922231		Serie	42740296
	UG	01		4		Certific	cado EVE-	0035-2022	Ce	ertificado	E-0892-2
	OT	200036	330	4		F. Calibra	ición 9/	05/2022	F. Ca	libración	3/05/202
Verificad	non	4/07/20)22]		PF, Calira	ción 9/	05/2023	PF. C	aliración	3/05/202
. CONSIDE	ERACION	ES									
Realizar coor Calibarción	rdinaciones y 1 = Fecha de	r permisos co calibración	on Operacior	ies y Seguridad		*PF. Calibrac *E Verificaci	ión = Próxim ón = Fecha e	ia Fecha de Ca n la que se es	libración del Eq ta realizando la	uipo Patrón/Ca verificación de	librador. Linstrument
	DEL INSTR							into que de co		termoscient de	- no cranicia
	Tag KKS	01 MEA41	ICP120 X0	0001	anal PLC	A1 8	CANAL 3	T	no Pres	Re	ativa
Taj	g Campo	PI	T-MEI120	Ran	go Scada	0 -	100 kPa	Mé	todo Pres.	Piezo	eléctrico
Ti	po de Px	1	Display	Rang	o Px / Un	0 a	100 k	Pa C	onexión	Transmis	sor 4-20m
Des	scripción	Presión de	tubo pitot	120							
PROTOC	OLO DE M	1ANTENIM	1IENTO								
revio a Ma	anteními	ento		Mant	enimient	<u> </u>			Después de	e Mantenin	neinto
esconectar	r Instrume	nto	ok	Limpi	eza Gener	al Dienlauei:	tional al	-	Montar Instr	umento	
arcar hore	nstrumen ies		ok	Recor	figuración	a Disbiak Si	uene OK		Aiustar Born	inscrumento ies	
anttocam	po/laborat	torio	ok	Ajuste	e de Set (ze	ro) "Tx o Ha	rt" ok	1	Probar en SC	CADA	
OBS	SERVACIO	DN					1.0025				
5% 25 5% 50 5% 75	25.00 50.00 75.00	25.00 50.00 75.00	0 0 0	25.50 51.00 75.50	0.5	25.50 50.50 75.50	0.5 0.5 0.5	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA	8.10 mA 12.10 mA 16.07 mA	0.1 0.1 0.07	
7% 0 5% 25 0% 50 5% 75 0% 100 P.= Presión	0.00 25.00 50.00 75.00 100.00 n E. = Erro	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra	0 0 0 unsmisor 0	25.50 51.00 75.50 101.00 desviación = :	0.5 1 0.5 1 ± Error	25.50 50.50 75.50 100.50	0.5 0.5 0.5 0.5	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA	8.10 mA 12.10 mA 16.07 mA 20.06 mA	0.1 0.1 0.07 0.06	
0% 0 5% 25 0% 50 5% 75 0% 100 P.= Presión	25.00 50.00 75.00 100.00 n E. = Erro	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra	0 0 0 insmisor c	25.50 51.00 75.50 101.00 Jesviación = : taje	0.5 1 0.5 1 ± Error	25.50 50.50 75.50 100.50	0.5 0.5 0.5 0.5	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA	8.10 mA 12.10 mA 16.07 mA 20.06 mA	0.1 0.1 0.07 0.06	
120.00	25.00 50.00 75.00 100.00 n E. = Erro P	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión vs	0 0 0 Insmisor 0 S Porcen	25.50 51.00 75.50 101.00 Jesviación = :	0.5 1 0.5 1 ± Error	25.50 50.50 75.50 100.50	0.5 0.5 0.5 0.5	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA	8.10 mA 12.10 mA 16.07 mA 20.06 mA	0.1 0.1 0.07 0.06	
120.00	25.00 50.00 75.00 100.00 n E = Errc	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión vs	0 0 0 Insmisor l c	25.50 51.00 75.50 101.00 desviación = : taje	0.5 1 0.5 1 ± Error	25.50 50,50 75.50 100,50 25.00 25.00	0.5 0.5 0.5 0.5	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA	8.10 mA 12.10 mA 16.07 mA 20.06 mA	0.1 0.1 0.07 0.06	
120.00 100.00 80.00 100.00	25.00 50.00 75.00 100.00 n E = Erro Pi	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	25.50 51.00 75.50 101.00 Jesviación = : taje	0.5 1 0.5 1 ±[Error]	25.50 50.50 75.50 100.50 25.00 20.00	0.5 0.5 0.5 0.5	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA	8.10 mA 12.10 mA 16.07 mA 20.06 mA	0.1 0.1 0.07 0.06	
19% 0 5% 25 0% 50 5% 75 00% 100 P.= Presión 100.00	25.00 50.00 75.00 100.00 n E = Erro Pi	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión vs	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	25.50 51.00 75.50 101.00 desviación = : taje	0.5 1 0.5 1 elError	25.50 50.50 75.50 100.50 25.00 20.00 20.00	0.5 0.5 0.5 0.5	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA	8.10 mA 12.10 mA 16.07 mA 20.06 mA Ideal vs P	0.1 0.1 0.07 0.06	
19% 0 5% 25 5% 75 5% 75 0% 100 P, = Presión 100.00	25.00 50.00 75.00 100.00 n E = Erro Pr	25.00 50.00 75.00 100.00 r Tx. = Tra resión vs	0 0 0 s Porcen	25.50 51.00 75.50 101.00 Jesviación = -	0.5 1 0.5 1 elErrorl	25.50 50.50 75.50 100.50 25.00 20.00 20.00 20.00	0.5 0.5 0.5 C	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA	8.10 mA 12.10 mA 16.07 mA 20.06 mA	0.1 0.1 0.07 0.06	
120.00 100.00 100.00 100.00 100.00	25.00 25.00 75.00 100.00 n E = Errc Pr	25.00 50.00 75.00 100.00 r Tx. = Tra resión vs	0 0 0 s Porcen	25.50 51.00 75.50 101.00 Jesviación = taje	0.5 1 0.5 1 e Error	25.50 50.50 75.50 10050 25.00 20.000	0.5 0.5 0.5 C	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA	8.10mA 12.10mA 16.07mA 20.06mA	0.1 0.1 0.07 0.06	
120.00 100.00	25.00 25.00 75.00 100.00 n E = Errc Pr	25.00 50.00 75.00 100.00 r Tx.= Tra resión vs	0 0 0 s Porcen	25.50 51.00 75.50 101.00 lesviación = =	0.5 1 0.5 1 t Error	25.50 50.50 75.50 10050 25.00 20.00 20.00 4 4 4 5.00 20.00 2	0.5 0.5 0.5	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA	8.10 mA 12.10 mA 16.07 mA 20.06 mA Ideal vs Pr	0.1 0.1 0.07 0.06	
120.00 80.00 80.00 122.00 100.00	25.00 50.00 75.00 100.00 n E = Errc Pl	25.00 50.00 75.00 100.00 r Tx.= Tra resión vs	0 0 0 s Porcen	25.50 51.00 75.50 101.00 lesviación = : taje	0.5 1 0.5 1 t Error	25.50 50.50 75.50 20.00 20.00 4 5.00 5.00 5.00	0.5 0.5 0.5	80 mA 120 mA 160 mA 200 mA	8.10 mA 12.10 mA 16.07 mA 20.06 mA	0.1 0.1 0.07 0.06	
120.00 120.00 100 100 100 100 100 100 100 100 100	25.00 50.00 75.00 100.00 n E = Erro P	25.00 50.00 75.00 100.00 resión vs	0 0 0 nsmisor c	25.50 51.00 75.50 101.00 esviación = - taje	0.5 1 0.5 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	25.50 50.50 75.50 20.000	0.5 0.5 0.5 0.5	80 mA 120 mA 160 mA 200 mA	8.10 mA 12.10 mA 12.00 mA 20.06 mA	0.1 0.1 0.07 0.06	
120.00 120.00 100.00	25.00 50.00 75.00 100.00 n E = Erro Pr	25.00 50.00 75.00 100.00 resión vs	0 0 0 s Porcen	25.50 51.00 75.50 101.00 lesviación = : taje	0.5 1 0.5 1 1 elErrorl	25.50 50,50 75,50 20,000 20,00000000	0.5 0.5 0.5 0.5	80 mA 120 mA 160 mA 200 mA	8:10 mA 12:10 mA 20:06 mA 12:00 mA	0.1 0.1 0.07 0.06	
120.00 P.= Presión 100.00 80.00 10000 100.00 100000000	25.00 25.00 75.00 100.00 PI PI 004	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión vs 25%	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	25.50 51.00 75.50 lot.00 esviación = taje	0.5 1 0.5 1 elErrorl	25.50 50,50 75,50 20,50 20,50 20,000 20,00000000	0.5 0.5 0.5 0.5	80 mA 120 mA 160 mA 200 mA Corriente	8.10 mA 12.10 mA 20.06 mA 12.00 mA 106 al vs Pi	0.1 0.1 0.07 0.06	
120.00 100.00	25.00 25.00 75.00 100.00 n E = Erre Pl	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión v: 25%	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	25.50 51.00 75.50 lesviación = - taje 75% je 2 Mort-1-	0.5 1 0.5 1 elErrorl	25.50 50.50 75.50 25.00 25.00 20.00 20.00 20.00 20.00 5.00 5	0.5 0.5 0.5 0.5	80 mA 120 mA 160 mA 200 mA Corriente	8.10 mA 12.10 mA 12.00 mA 20.06 mA Ideal vs Pr 10 m 50 Presión	0.1 0.1 0.07 0.06	
120.00 120.00 80.00 100.00	25.00 50.00 75.00 75.00 n E = Error Pr	25.00 50.00 75.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión vs 25% - P. Patrón e Presion	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	25.50 51.00 75.50 lesviación = : taje 75% je P. Medida	0.5 1 0.5 1 ellerrorl	25.50 50.50 75.50 25.00 25.00 20.00 20.00 20.00 20.00 5.00 5	0.5 0.5 0.5 0.5 0.5	80 mA 120 mA 160 mA 200 mA Corriente 200 mA Corriente 200 mA Corriente 200 mA Corriente 200 mA Corriente 25	8:10 mA 12:10 mA 12:10 mA 20:06 mA Ideal vs Pr so Presión	0.1 0.1 0.07 0.06	
120.00 120.00 120.00 100.00	25.00 50.00 75.00 100.00 n E = Error Pr	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión v: 25% P. Patron le Presión	0 0 0 s Porcen 50% Porcenta n Mes	25.50 51.00 75.50 lesviación = : taje 75% je P. Mecida	0.5 1 0.5 1 e Error 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	25.50 50.50 75.50 25.00 28.00 20.00 4 4 4 5.00 5.00 5.00 0.00	0.5 0.5 0.5 0.5 0.5	80 mA 120 mA 16.0 mA 20.0 mA Corriente 25 	8:10 mA 12:10 mA 20:06 mA Ideal vs Pr Ideal vs Pr 50 Presión vrico	0.0 0.1 0.07 0.06 resión 75 75 Tx Medide	
120.00 P. = Presion 100.00 80.00 20.00 L	25.00 50.00 75.00 75.00 100.00 n I E = Error Pr	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión v: 25% 25% P. Patrón de Presion Resión	0 0 0 s Porcen	25.50 51.00 75.50 101.00 lesviación = taje 75% je P. Medida	0.5 1.05 1	25.50 50.50 75.50 25.00 20.000 20.00 20.00 20.000 20.000 20.000 20.000 20.000 20.0000 20.000 20.000 20.000 20.0000	0.5 0.5 0.5 0.5 0.5	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA Corriente 20.0 mA Corriente 20.0 mA 20.0 mA	8.10 mA 12.10 mA 20.06 mA 20.06 mA Ideal vs Pr sico Verificació	0.1 0.1 0.07 0.06 resión 75 75 Tx Medido	100
120.00 120.00 120.00 120.00 100.00	25.00 50.00 75.00 100.00 n E = Error Pr Pr Levenda o	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión vs 25% P. Patrón P. Patrón Ree	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	25.50 51.00 75.50 101.00 lesviación = taje 75% je P. Medida	0.5 1 0.5 1 elErrorl 100%	25.50 50.50 75.50 25.00 25.00 20.00 € 15.00 5.00 0.00	0.5 0.5 0.5 0.5 0.5	80 mA 120 mA 160 mA 200 mA Corriente 25 	8.10 mA 12.10 mA 20.06 mA 20.06 mA Ideal vs Pr Ideal vs Pr Presión vico	0.1 0.1 0.07 0.06 resión 75 75 Tx Medide	100
120.00 100.00 P. = Presion 40.00 20.00 L	25.00 50.00 75.00 100.00 n E = Error Pr Dr Control (1) Dr Control (1) Dr Contr	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión vs resión vs 25% P. Patról P. Patról	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	25.50 51.00 75.50 101.00 lesviación = taje 75% je P. Medida	0.5 1 0.5 1 el Errorl 100%	25.50 50.50 75.50 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00	0.5 0.5 0.5 0.5 0.5	80 mA 120 mA 160 mA 200 mA Corriente 200 mA Corriente 200 mA Corriente 200 mA Corriente 200 mA Corriente	8.10 mA 12.10 mA 12.10 mA 20.06 mA Ideal vs Pr Ideal vs Pr So Presión Verificació Martío de e	0.1 0.1 0.07 0.06 resión resión 75 Tx Medido Instrumet Instrumet	100
0% 0 5% 25 0% 50 5% 75 0% 50 5% 75 0% 50 100.00 P. = Presión 100.00 80.00 20.00 20.00	25,00 50,00 75,00 75,00 n E = Error Pl 	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión vs 25% P. Parío Re	0 0 0 s Porcen 50% Porcenta n =	25.50 51.00 75.50 101.00 lesviación = taje 75% je P. Medida	0.5 1 0.5 1 el Errorl 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	25.50 50.50 75.50 25.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00	0.5 0.5 0.5 0.5 0.5	80 mA 120 mA 16.0 mA 20.0 mA Corriente 25 	8.10 mA 12.10 mA 12.00 mA 20.06 mA Ideal vs Pr Ideal vs Pr sto Verificació Mantto de Limite dee Limite dee	0.1 0.1 0.07 0.06 resión 75 75 Tx Medid: Instrument rror Pies	
120.00 120.00 100.00	25.00 50.00 75.00 75.00 100.00 n E = Error Pr	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión v: 25% P. Patrón le Presion Re	0 0 0 s Porcen	25.50 51.00 75.50 101.00 lesviación = taje 75% je P. Mecida	0.5 1 0.5 1 el Errorl 100%	25.50 50.50 75.50 25.00 20.000	0.5 0.5 0.5 0.5 0.5	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA Corriente 20.0 mA Corriente 20.0 mA 20.0 mA	8.10 mA 12.10 mA 12.10 mA 20.06 mA Ideal vs Ph Ideal vs Ph So Presión verificació Mantto de Límite dee Límite dee Límite der	0.1 0.1 0.07 0.06 resión 75 75 75 75 75 75 75 75 75 75 75 75 75	100 0 100 100
120.00 120.00 120.00 100.00	25.00 50.00 75.00 75.00 100.00 n1 E = Error Provide a constraint of the second s	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión vs 25% P. Patrofi P. Patrofi P. Patrofi	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	25.50 51.00 75.50 101.00 lesviación = taje 75% p. Medida Diferent I	0.5 1 0.5 1 ellErrorl 100%	25.50 50.50 75.50 25.00 20.00 4 5.00 5.00 5.00 0.00		80 mA 120 mA 160 mA 200 mA Corriente 25 	8.10 mA 12.10 mA 12.00 mA 20.06 mA Ideal vs Pr sion presión presión vico Verificació Mantto de Límite de e Límite de reconstructiones Mantto de límite error Límite error Límite error	0.1 0.1 0.07 0.06 resión 75 75 Tx Medidi Instrument pror Pres pror Disp. I or Tx Pk. or Scada	100 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0% 0 5% 25 2% 50 5% 75 0% 75 0% 100 P. = Presion 40.00 20.00 0.00	25.00 50.00 75.00 100.00 n E = Error Pr Levenda co Levenda co ST RESUL	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión vs resión vs 25% P. Patron Re-	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	25.50 51.00 75.50 101.00 lesviación = - taje 75% p. Medida Diferen I	0.5 1. 0.5 1. el Errorl 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.	25.50 50.50 75.50 100.50 25.00 20.000 20.00 20.000 20.000 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20	0.5 0.5 0.5 0.5 C	80 mA 120 mA 160 mA 200 mA Corriente 200 mA Corriente 200 mA Corriente 200 mA Corriente 200 mA Corriente 200 mA 200 mA	8.10 mA 12.10 mA 12.10 mA 20.06 mA Ideal vs Pr Ideal vs Pr So Presión verificació Mantto de Límite de e Límite de rec Límite erroc SIADO	0.1 0.1 0.07 0.06 resión resión 75 Tx Medide Instrument Instrument Instrument Serror Pres error Disp. for X PAC	100 100 100 100 100 100
0% 0 5% 25 0% 50 5% 75 0% 50 100.00 P. = Presion 40.00 20.00 U	25.00 50.00 75.00 100.00 n E = Error Pr Dr Leyven da o Dr Est RESUL	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra resión v: 25% P. Patrón P. Patrón Peresion Ference TADO	0 0 0 s Porcen 50% Porcenta n Hes	25.50 51.00 75.50 101.00 lesviación = taje 75% je P. Medida Diferen I	0.5 1 0.5 1 el Errorl 100%	25.50 50.50 75.50 25.00 20.00 20.00 20.00 20.00 20.00 5.00 0.00	0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5	8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA Corriente 20.0 mA Corriente 20.0 mA 20.0 mA	8.10 mA 12.10 mA 12.10 mA 20.06 mA 20.06 mA Ideal vs Pr sto Verificació Manto de Límite des Límite der Límite der Límite der Límite der Límite der STADO	0.1 0.1 0.07 0.06 resión resión 75 Tx Medido Instrument error Pres error Disp. I or Tx Px, or Scada	100 0 Parts 100 100 100 100 100 100 100 10
120.00 120.00 P. = Presion 100.00	25.00 50.00 75.00 75.00 100.00 n E = Error P	25.00 50.00 75.00 100.00 or Tx. = Tra- resión v: 25% P. Paról P. P	0 0 0 s Porcen	25.50 51.00 75.50 101.00 lesviación = taje 75% je P. Mecida	0.5 1 0.5 1 e Error 100%	25.50 50.50 75.50 25.00 20.00 20.00 20.00 20.00 4 4 15.00 5.00 0.00 0.00		8.0 mA 12.0 mA 16.0 mA 20.0 mA Corriente 20.0 mA Corriente 25 	8.10 mA 12.10 mA 12.00 mA 20.06 mA Ideal vs Pr Ideal vs Pr S0 Presión vico Verificació Mantto de Limite dee Limite dee Limite der STADO	0.1 0.1 0.07 0.06 resión resión 75 75 Tx Medid Instrument rror Piss, r or X Rg, or Scada Waldr A. Occ coor guarter Waldr A. Occ	





Event between CERTIFICADO Y PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO Y VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA Mantenimiento I&C Revisión f unitaria 1 DATOS TECNICOS DEL INSTRUMENTO IL DATOS TECNICOS DEL INSTRUMENTO IL DATOS TECNICOS DEL INSTRUMENTO 1 DATOS TECNICOS DEL INSTRUMENTO IL DATOS TECNICOS BELONTRUMENTO IL DATOS TECNICOS ECUPOS DE MEDICOMO 1 DATOS TECNICOS DEL INSTRUMENTO IL DATOS TECNICOS ECUPOS DE MEDICOMO IL DATOS TECNICOS ECUPOS DE MEDICOMO 1 DATOS TECNICOS DEL INSTRUMENTO IL DATOS TECNICOS ECUPOS DE MEDICOMO IC DATOS TECNICOS ECUPOS DE MEDICOMO 1 CONDERANCONES IL CANDICEANCONES IL CANDICEANCONES IC CANDICEANCONES 1 CONDERANCONES IL CANDICEANCONES IL CANDICEANCONES IL CANDICEANCONES 1 CONDECANCONES IL CANDICEANCONES IL CANDICEANCONES IL CANDICEANCONES 1 <th></th>																
Consistence Consisten													vlan	itenimie	nto I&C	b
Central Buence VERIFICACION DE INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA Central de Construction 10 ATOS TECNICOS DELI NSTRUMENTO II. DATOS TECNICOS DELI NSTRUMENTO II. DATOS TECNICOS DE MEDICIÓN 10 ATOS TECNICOS DELI NSTRUMENTO II. DATOS TECNICOS DE MEDICIÓN Calibrado PARADERS 10 ATOS TECNICOS DELI NSTRUMENTO II. DATOS TECNICOS DE MEDICIÓN Calibrado PARADERS 11 CONSIDERACIONES II. DATOS TECNICOS DE CUIPOS DE MEDICIÓN Calibrado PARADERS 12 CONSIDERACIONES II. DATOS TECNICOS DE MEDICIÓN Calibrado PARADERS 12 CONSIDERACIONES II. DATOS TECNICOS DE MEDICIÓN Calibrado PARADERS 12 CONSIDERACIONES II. DATOS TECNICOS DE MEDICIÓN Calibrado ALTOS DELINSTRUMENTO 12 Calibrado TECHA DECIDAR CONTECCOMBINADO 200 Consector Target RETOS 12 Target RETOS GENERLOS CONTECCOMBINADO 200 Consector Target RETOS 12 Target RETOS GENERLOS CONTECCOMBINADO 200 Consector Target RETOS 12 Target RETOS Marte Intermento Marte Intermento K 12 Target RETOS Consector Target RETOS Marte Intermento 12 Target RETOS Marte Intermento Marte Intermento </td <td>1 8</td> <td>S) C</td> <td>ERTIFIC</td> <td>CADO Y</td> <td>PROTC</td> <td>CO</td> <td>LO DE I</td> <td>MANTI</td> <td>ENIN</td> <td>1IEN</td> <td>ITO Y</td> <td></td> <td>F</td> <td>ormato</td> <td>F-MAN-</td> <td>-001</td>	1 8	S) C	ERTIFIC	CADO Y	PROTC	CO	LO DE I	MANTI	ENIN	1IEN	ITO Y		F	ormato	F-MAN-	-001
Catent Technicols DEL INSTRUMENTO III DATOS TECNICOS DEL INSTRUMENTO III DATOS TECNICOS DEL INSTRUMENTO Atraa Galeria M1 Catification E UO CONSIDERACIONES Catification E Serie B Venticación 11207/2022 Catification E Catification E Venticación E Catification E Catification E Catification E Venticación E Catification E Catification E Catification E Catification E Venticación E Natterimiento Description U Catification E Catification E Catification E Venticación E Catification E Catification E Catification E Catification E Catification E Catification E <t< td=""><td></td><td>🖉 VE</td><td>RIFICAC</td><td>CIÓN D</td><td>EINSTR</td><td>NUS</td><td>IENTOS</td><td>DE TI</td><td>EMP</td><td>ERA</td><td>TUR,</td><td>۹</td><td>F</td><td>Revisión</td><td>01</td><td></td></t<>		🖉 VE	RIFICAC	CIÓN D	EINSTR	NUS	IENTOS	DE TI	EMP	ERA	TUR,	۹	F	Revisión	01	
L DATOS TECNICOS DEL INSTRUMENTO IL DATOS TECNICOS DEL INSTRUMENTO IL DATOS TECNICOS DEL INSTRUMENTO IL DATOS TECNICOS EQUIPOS DE MEDICIÓN Partin FLUXEPERS Sente B71627 Calibración (1905/2022) Calib	General El	ectric										(CER	T_TEM	_IC_004	
Area General Mitchine Patron FLUKE 9103 Celliprator (FLUKE 725) Equipo Contes Gua Turbina O 120003830 Centificatio EF-030-4022 Cellibración ef-050022 Centificatio EF-030-4022 Cellibración ef-050022 Varificazión 120072022 F. Calinación 9005/2023 Cellibración ef-050022 Cellibración ef-050022 III. CONSIDERACIONES **P. Calinación 9005/2023 **P. Calinación 9005/2023 Cellibración de Espon Paton Calibrac F. Ventación = Fecha en la gene se esta realtando la ventificado en lasto F. Ventación = Fecha en la gene se esta realtando la ventificado en lasto F. Ventación = Fecha en la gene se esta realtando la ventificado en lasto F. Ventación = Fecha en la gene se esta realtando la ventificado F. Ventación = Fecha en la gene se esta realtando la ventificado F. Ventación = Fecha en la gene se esta realtando la ventificado F. Ventación = Fecha en la gene se esta realtando la ventificado F. Ventación = Consol Fecha en la gene se esta realtando la ventificado F. Ventación Eros Fecha en la gene se esta realtando la ventificado F. Ventación Eros Fecha en la gene se esta realtando la ventificado F. Ventación Eros Fecha en la gene se esta realtando la ventificado F. Ventación Eros Fecha en la gene se esta realtando la ventificado F. Ventación Eros Fecha en la gene se esta realtando la ventificado F. Ventificado Internation Eros Fecha Fecha en la gene se esta realtando la ventificado F. Ventificado Internation Fecha en la gene se esta realtando la ventificado Fecha en la gene se esta realtando la ventificado Fecastando Eros Fecha en la gene se esta realtando la ventificado Fe	I. DATOS	S TECNI	COS DEL	INSTRU	MENTO			II. DATO	STE	CNIC	OS EC	UIPOS	DE	MEDICIÓ	N	
Equipol Copies Cue Tutina UG 01 2000300 2 (2000300) Cente 871627 (201bracion 905/2022) Cente 871627 (201bracion 905/2022) III. CONSIDERACIONES F: Calinacion 905/2022 (201bracion 905/2022) Centeracion 905/2022 (201bracion 905/2022) III. CONSIDERACIONES TF: Calinacion 905/2022 (201bracion 905/2022) Centeracion 905/2022 (201bracion 905/2022) III. CONSIDERACIONES TF: Calinacion 905/2022 (201bracion 905/2022) Centeracion 905/2022 (201bracion 905/2022) III. CONSIDERACIONES TF: Calinacion 905/2022 (201bracion 905/2022) Centeracion 12007/2022) III. CONSIDERACIONES TF: Calinacion 905/2022 (201bracion 905/2022) Centeracion 12007/2022) III. CONSIDERACIONES Tege centeracione 12007/2022) TF: Calinacion 905/2022 (201bracion 905/2022) III. CONSIDERACIONES Tege centeracione 12007/2022) Tege centeracione 12007/2022) VI ATOS DEL INSTRUMENTO Descriptione 12007/2020 Descriptione 12007/2020) Descriptione 12007/2020 V. PROTOCOLO DE VERFICACION DE INSTRUMENTO Verificación restrumento ok Umpleza balacio (ok Mantera tormes (ok Aplazá conservicio por presenti Verificación restrumento ok Descriptione 12007/2020 V. PROTOCOLO DE VERFICACION DE INSTRUMENTO Verificación restrumento ok Descriptione 12007/2020 Verificación 12007/2007/2007 Descritación 12007/2007/2007/2007/2007/2007/2007/2007	Á	rea	Galeria	<u>M1</u>	1			Pa	tron	FLUI	KE 9103	3	Ca	alibrador	FLUKE	725
UG 01 Certification Certifi	Eq	uipo C	ojinete Guia	Turbina]			S	Serie	B	71627			Serie	35290	54
Control 20003630 Control 2007202 Control 200720 Control 2007202 Control 2007202 Control 2007202 Control 2007202 Control 2007202 Control 200720 Control 2007202 Control 20072 Contrel 20072 Contrel 20072 Control 2007		UG	01					Certific	ado	ET-03	304-202	2	Ce	ertificado	EE-920-3	2022
Verification 1/07/20/2 (if columpoid)		OT	200036	30	4			. Calibra	ción	9/0	5/2022	_	. Ca	libración	6/05/20)22
III. CONSIDERACIONES Precha de calebracón e Pédena Pédena Calebracón de Equipo Patrón Calebracón *C. Calebracón e Pédena en la que se esta realizando la venticación del men *C. Calebracón e Pédena en la que se esta realizando la venticación del men *C. Calebracón e Pédena en la que se esta realizando la venticación del men *C. Calebracón e Pédena en la que se esta realizando la venticación del men *C. Calebracón e Pédena en la que se esta realizando la venticación del men *C. Calebracón e Pédena Pédena Calebracón del Equipo Patrón Calebrac *C. Venticación e Pédena Pédena Calebracón del Equipo Patrón Calebrac *C. Venticación e Pédena Pédena Calebracón del Equipo Patrón Calebrac *C. Venticación e Pédena Pédena Calebracón del Equipo Patrón Calebrac *C. Venticación e Pédena Pédena Calebracón del Equipo Patrón Calebrac *C. Venticación e Pédena Pédena Calebracón del Equipo Patrón Calebrac *C. Venticación e Pédena Pédena Calebracón del Equipo Patrón Calebrac *C. Venticación e Pédena Pédena Calebracón del Equipo Patrón Calebracón *C. Venticación Patrón Medica Error T. R. Teorica R. Medida Error R. T. Scada E. Scadaba, Teorica X. Medida Error Y. *2004 * 200 *C. 10.0*C. 0.0*C. 100.2*C. 100.4*C. 0.04.4*C. 0.0*C. 0.1 *C. *2004 * 200 *C. 0.0*C. 100.2*G. 0.0*C. 100.4*C. 0.0*C. 0.1 *C. *2004 * 200 *C. 0.0*C. 100.2*G. 0.0*C. 100.4*G. 0.0*C. 0.1 *C. *2004 * 200 *C. 0.0*C. 100.2*G. 100.4*G. 100.2*C. 200 *C. *200 *C. 0.0*C. 100.2*G. 100.4*G. 100.2*C. 0.1 *C. *2004 * 200 *C. 0.0*C. 100.2*G. 200 *C. 0.1 *C. *2004 * 200 *C. 0.0*C. 100.2*G. 200 *C. 0.1 *C. *2004 * 200 *C. 0.0*C. 100.2*G. 100.4*G. 100.2*C. 200 *C. 0.1 *C. *2004 *C. 0.0*C. 100.2*G. 100.4*G. 100.2*G. 200 *C. 0.1 *C. *2004 *C. 0.0*C. 100.2*G. 100.4*G. 100.2*C. 0.1 *C. *2004 *C. 0.0*C. 100.2*G. 100.4*G. 100.2*G. 0.1	. Verifica	cion	12/07/20	J22			í.	F. Calira	cion	9/0	5/2023		. Cal	libracion	6/05/20)23
PRedata conditiones y segunda: Previde a calarcan de Calarca	III. CONS	SIDERAC	IONES													
M. DATOS DEL INSTRUMENTO Top KKS OTMIKA31CT219_X0001 Canal PLC A1.13 CANAL 4 Tipo RTD Pelicula delgada Tag CKNS OTMIKA31CT219_X0001 Canal PLC A1.13 CANAL 4 Tipo RTD Pelicula delgada Descripción U1 CGT TEMP ACEL CUBA COJNETE COMBINADO 209 Conexión Tarjeta RTD V. PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO Mantenimiento Después de Mantenimiento Después de Mantenimiento Descondra instrumento Ki Umpleza cueppo oki Conexión Tarjeta RTD V. PROTOCOLO DE VERTIFICACION DE INSTRUMENTO Ventación Resistancia Ventación Resistancia Ventación SCADA Para Transmisores Rando 1. Patrón T. Medida Error T. R. Teorica R. Medida Error R. I. Scada E. Scada R. Teorica: Medida Error T. I. Scada E. Scada R. Teorica: Medida Error T. 20% 20% 200°C 00°C 00°C 115:50 011 40.10°C 0.1 100.00°C 100 20% 20°C 100°C 0.0°C 115:50 011 40.10°C 0.1 100.00°C 0.0 100.00°C 0.0 100.00°C 0.0 100.00°C 0.0 100.00°C 0.0 20% 200°C 0.00°C 115:50 011 40.10°C 0.1 101.0°C 0.1 100.00°C 0.0 100.0°C 0.0	*Realizar co *E_Calibari	oordinacion	es y permiso a de calibrac	s con Oper ión	aciones y Seg	gurida	id. *	PF. Calibr	ación = ción =	: Próxir Fecha	na Fecha en la qu	a de Calib e se esta	ración	n del Equip ando la ver	o Patrón/C ificación de	alibrac
Tag CKNS Olimika31CT219_XQ001 Canal PLC A1.13 CANAL 4 Tipo RTD Pelicula delgada Tag Campo TE-MEF209 Rango -200 a 850 °C Jase de RTI A Desorption UI CGT TEMP ACEI CUBA COUNCTE COMBINADO 209 Conexion Tarjeta RTD V. PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO Mantenimiento Después de Mantenimiento Después de Mantenimiento Desconcetar Instrumento Kit Umpleza cuerpo ok Conexion A Martar anturento Kit Umpleza cuerpo ok Conexion strumento Mantenimiento Descructar Instrumento Kit Umpleza cuerpo ok Conexion strumento Koratar instrumento Martar anternos Kit Umpleza cuerpo ok Conexion strumento Koratar instrumento Koratarinstrumento Koratarinstrumento								T. Ferries	cion -	r cena	cii la qu	0 30 0312	i c anz		meacion a	Simon
Tag Canyot Canadra HCG All SCANAL 4 Tag Canyot 4 Ta	IV. DATC		O1MIZA24	07240	V0001	0.0		A 4 4	2 0 4 4			Cine DT	D	Delieu	-	
Description UT CGT TEMP ACEI CUBA COUNCTE COMBINADO 200 Conexión Tarjeta RTD V. PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO Previo a Mantenimiento Mantenimiento Después de Mantenimiento Oscilia de Mantenimiento Desconectar instrumento ok Limpleza butto ok Montar instrumento ok Marter ormes ok Limpleza cuepo ok Acres ones Ok Conecton Tarjeta RTD Warter ormes ok Limpleza cuepo ok Acres ones Ok Conecton Ok Marter ormes ok Limpleza cuepo ok Acres ones Ok Probar en SCADA ok Marter ormes ok Marter ormes ok Acres ones Ok Probar en SCADA ok VI. PROTOCOLO DE VERIFICACION DE INSTRUMENTO Verificación RSCADA Probar Transmisores Rango T. Partor T. R. Frede and Red Error R. T. Scada E. ScadaRe, Teoritor Medic Error N. 20% 20.0°C 0.0°C 10.004 0.04 0.01°C 0.1 0.00 20% 20.0°C 0.0°C 10.004 0.04 0.01°C 0.1 </td <td>Та</td> <td>a Campo</td> <td>TE-MEE</td> <td>001219 000</td> <td></td> <td>Ce</td> <td>Rando</td> <td></td> <td>3 CAP 1 a 85</td> <td></td> <td></td> <td>npo Ki ase de l</td> <td>RTE</td> <td>Pelicu</td> <td></td> <td>ы</td>	Та	a Campo	TE-MEE	001219 000		Ce	Rando		3 CAP 1 a 85			npo Ki ase de l	RTE	Pelicu		ы
V. PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO Previo a Mantenimiento Mantenimiento Después de Mantenimiento Descondari hartumento ok Umpleza Cabezal ok Montar Instrumento ok Martar bornes ok Umpleza Cabezal ok Ajustar Bornes ok Martar bornes ok Umpleza Cabezal ok Ajustar Bornes ok Martar bornes ok Martar bornes ok Ajustar Carendon Cabezal ok VI. PROTOCOLO DE VERIFICACION DE INSTRUMENTO Verificación scabezal verificación scabezal ok Ajustar Carendon Cabezal ok VI. PROTOCOLO DE VERIFICACION DE NSTRUMENTO Verificación scabezal Verificación scabezal verificación scabezal ok 20% 200 °C 00 °C 00 °C 00 °C 100 °C 100 °C 100 °C 20% 200 °C 00 °C 00 °C 100 °C	De	scripción	U1 CGT	TEMP A	CEI CUBA	COJ	INETE CO		DO 20	09		Conexid	ón	Tari	eta RTD	_
VP. PRO10 COLLO US UMART ENVIRENCE Previo a Mantenimiento Después de Mantenimiento Desconcetar instrumento ok Limpieza cuerpo ok Mante campolaboratorio ok Mante campolaboratorio ok Mante campolaboratorio ok VI. PROTOCOLO DE VERIFICACION DE INSTRUMENTO Verifacation Resistencia VI. PROTOCOLO DE VERIFICACION DE INSTRUMENTO Verifacation SCADA Para Transmisores Rango T. Patrion T. Medida Error T. R. Teorica R. Medde Error R. T. Scada E. Scadafx. Teorication Resistencia verifacation 200°C 00°C 010°C 0% 00°C 00°C 0% 00°C 00°C <	V DDOT				ITO											
Consideration Conside	Previo a	Manteni	u⊏ NAN I niento	ENIVIE	010	Man	tenimient	n				Deer	niéc	de Mart	enimeint	0
Desmontar instrumento Diamontar instrumento <th< td=""><td>Desconer</td><td>tar Instrum</td><td>nento</td><td>ok</td><td></td><td>Limp</td><td>ieza bulbo</td><td>~</td><td>1</td><td>ok</td><td></td><td>Mont</td><td>ar Insi</td><td>trumento</td><td>Sament</td><td>Ŭ ok l</td></th<>	Desconer	tar Instrum	nento	ok		Limp	ieza bulbo	~	1	ok		Mont	ar Insi	trumento	Sament	Ŭ ok l
Martic car bornes ok Limpleza Cabezal ok Ajustar Bornes ok Martic carporlaboratorio ok Austar considio cabezal ok Probar en SCADA ok OBSERVACION Elemento de temperatura nuevo. Se deja fuera en SCADA ok Probar en SCADA ok VI. PROTOCOLO DE VERIFICACION DE INSTRUMENTO Venticación scadar. Teorica R. Medide Error T. K. Scada E. Scadar. Teorica R. Medide Error T. K. Scadar. Teorica R. Medide Error T. K. 20% 20.0°C 0.0°C 100.04 Q. 0.04 0.10°C 0.11 20% 20.0°C 0.0°C 100.04 Q. 0.04 0.10°C 0.11 20% 20.0°C 0.0°C 107.8°Q 107.8°Q 0.01°C 0.11 20% 20.0°C 0.0°C 100.0°C 0.0°C 100.0°C 0.01°C 20% 20.0°C 0.0°C 107.8°Q 107.8°Q 0.01°C 0.11 20% 20.0°C 0.0°C 130.00 130.00 0.00 0.01°C 0.11 20% 60.0°C 0.0°C 130.00 130.00 0.00 0.00 0.00 20% 60.0°C 100.0°C 0.0°C 138.00 138.90 0.00 0.00 20% 0.00°C 0.0°C <t< td=""><td>Desmonta</td><td>ar Instrume</td><td>nto</td><td>ok</td><td></td><td>Limp</td><td>ieza cuerpo</td><td>0</td><td></td><td>ok</td><td></td><td>Cone</td><td>xiona</td><td>ar Instrume</td><td>nto</td><td>ok</td></t<>	Desmonta	ar Instrume	nto	ok		Limp	ieza cuerpo	0		ok		Cone	xiona	ar Instrume	nto	ok
Manto campolaboratoria ok Auste considerabazai ok Probar en SCADA ok 08SERVACION Elemento de medicion de temperatura nuevo. Se deja fuera de servicio por presente Verificación lemperaturas Verificación scadar. Teórica por presente Verificación scadar. Teórica N. Medida Error T. Rango T. Patrón T. Medida Error T. R. Teórica R. Medida Error R. Scadar. Teórica Scadar. Teórica C. 200 °C 20	Marcar bo	ornes		ok		Limp	ieza Cabe	zal		ok		Ajusta	ar Bo	rnes		ok
OBSERVACION Elemento de medicion de temperatura nuevo. Se deja fuera de servicio por presenta VI. PROTOCOLO DE VERIFICACION DE NSTRUMENTO Verificación temperaturas Verificación sCADA Para Transmisores Rango T. Patrón T. Medida Error T. R. Teórica: R. Medida Error R. T. Scada E. Scadalx. Teóricolx. Medida Error TX 20% 0.0°C	Mantto ca	mpo/labor	atorio	ok		Ajust	e conexión	cabezal		ok		Prob	ar en	SCADA		ok
V1. PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTO Verificación lemperaturas Verificación resistencia Verificación Resistencia Verificación resistencia 20% 20.0 °C 0.10 °C 0.10 °C 0.00 °C 20.00 °C	OE	BSERVAC	NON	Elemer	ito de mec	dicio	n de tem	peratur	a nue	evo. S	Se deja	a fuera	de	servicio	por pres	senta
Verificación Resistencia Verificación Resistencia Verificación SCADA Para Transmisores Rango I, Patrón T., Medida Error T., R. Teórica: R. Medida Error R. T. Scada E, Scadahy, Teórichy, Medida Error Tx. -20% 20.0°C 20 -20.0°C 0.10 -20.0°C 0.11 -20.0°C 0.10 0.11 -20.0°C 0.10 0.11 -20.0°C 0.10 0.11 -20.0°C 0.20 -20.0°C 0.20 -20.0°C 0.20 -20.0°C 0.20 -20.0°C -20.0°C -20.0°C -20.0°C -20.0°C -20.0°C -20.0°C -20.0°C -20.0°C -	VI. PROT	тосоьс	DE VERI	FICACIO	N DE INST	RUN	IENTO									
Rango T, PatroT J, Medida Error T, R. Teoira R, Medida Error R, T. Scada E, Scada X, Teoirat X, Medida Error TX -20% - 20.0°C 0.0°C 0.10°C 0.10°C 20 0% 0.0°C 0.10°C 0.10°C 0.10°C 0.11 20% 20.0°C 20.0°C 0.0°C 100.00 (100.04 Q) 0.04 0.10°C 0.1 20% 20.0°C 20.0°C 0.0°C 107.81 Q) 0.02 20.10°C 0.1 100 20% 20.0°C 60.0°C 0.0°C 115.53 Q) 0.01 40.10°C 0.1 100 80% 60.0°C 60.0°C 0.0°C 138.40 Q) 0.30 100.20°C 0.2 1 1 100% 100.0°C 100°C 0.1 138.40 Q) 0.30 100.20°C 0.2 1 1 100% 100.0°C 0.0°C 138.40 Q) 0.30 100.20°C 0.2 1		Verificaci	ón tempera	turas	Verificació	n Res	sistencia		Verifi	caciór	1 SCAD	A Para	Trans	smisores		
-20% -20.0°C 92.16 0 92.16 0 92.00°C 20 0% 0.0°C 0.10°C 100.04 0 0.0°C 0.1 20% 20.0°C 20.0°C 100.04 0 0.00°C 0.1 40% 40.0°C 40.0°C 100.04 0 0.00°C 0.1 100.04 0 40% 40.0°C 40.0°C 100.04 0 100.20°C 0.1 100.04 0 100°C 0.1 40% 40.0°C 40.0°C 100.04 0 108.30 0 100.20°C 0.1 100.04 0 100.20°C 0.1 80% 80.0°C 80.0°C 100.0°C 100.0°C 100.0°C 0.0°C 130.90 0 100.20°C 0.2 100.20°C 100.20°C 0.2 100.20°C 100.20°C 100.20°C 0.2 100.20°C 100.20°C 100.20°C 100.20°C 100.20°C 0.2 100.20°C 100.20°C 100.20°C 0.2 100.20°C 0.2 <td< td=""><td>Rango</td><td>T. Patrór</td><td>T. Medida</td><td>Error T.</td><td>R. Teório</td><td>ca</td><td>R. Medida</td><td>Error R.</td><td>T.S</td><td>cada</td><td>E. Sca</td><td>daīx. Te</td><td>óriccl</td><td>Tx. Medido</td><td>Error Tx.</td><td></td></td<>	Rango	T. Patrór	T. Medida	Error T.	R. Teório	ca	R. Medida	Error R.	T.S	cada	E. Sca	daīx. Te	óriccl	Tx. Medido	Error Tx.	
0% 0.0°C 0.0°C 10.0°C 107.8°L 0.04 0.1°C 0.1 20% 20% 20.0°C 0.0°C 107.8°L 0.02 20.1°C 0.1 40% 40.0°C 40.0°C 0.0°C 107.8°L 0.02 20.1°C 0.1 40% 60.0°C 60.0°C 0.0°C 115.34 ∩ 115.33 ∩ 0.01 40.10°C 0.1 60% 60.0°C 60.0°C 100.0°C 100°C 0.0°C 130.90 ∩ 0 80.10°C 0.1 100% 100.0°C 100.0°C 100.0°C 138.81 ∩ 138.48 ∩ 0.03 100.20°C 0.2 * T. = Temperatura R. = Resistencia E. = Error Tx. = Transmisor desvlación = ±Error DESVIACIÓN LÍNITE DE RTD 0.000 26-20-14-82-4-10-16-22-28-34-40-46-52-58-64-70-76-82-88-94 100106112118 0.000 0.000 -26-20-14-82-4-10-16-22-28-34-40-46-52-58-64-70-76-82-88-94 100106112118 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000	-20%	-20.0 °C			92.16 0	2	100.01.0		-20.0	0°C	20	_				
2000 C 2000 C 107.9112 1002 2010 C 0.1 40% 40.0° C 00.0° 115.540 115.540 0.01 40.0° C 0.1 60% 60.0°C 60.0°C 100.0°C 100.0°C <t< td=""><td>20%</td><td>0.0 °C</td><td>0.10 °C</td><td>-0.1 °C</td><td>100.000</td><td>2</td><td>100.04 Ω 107.91 Ω</td><td>0.04</td><td>20.10</td><td>0.0</td><td>0.1</td><td>_</td><td></td><td></td><td></td><td>-</td></t<>	20%	0.0 °C	0.10 °C	-0.1 °C	100.000	2	100.04 Ω 107.91 Ω	0.04	20.10	0.0	0.1	_				-
60% 60.0°C 60.0°C 00°C 123.40°L 123.24°L 0.16 60.10°C 0.1 80% 80.0°C 80.0°C 100.0°C 100.0°C 130.90 L 130.90 Q 0 80.10°C 0.1 100% 100.0°C 100.0°C 100.0°C 130.90 Q 0 80.10°C 0.2 0.1 100% 100.0°C 100.0°C 130.90 Q 0 80.10°C 0.2 0.1 100% 100.0°C 100.0°C 130.90 Q 0 80.10°C 0.2 0.1 100% 100.0°C 100.0°C 130.90 Q 0 80.10°C 0.2 0.2 *T = Temperatura [R. = Resistencia] [E. = Error] [X. = Transmisor] desviación = ±Error] #Error] DESVIACIÓN LÍMITE DE RTD 0.400	40%	20.0 C	40.00°C	0.0 °C	115 54 (2	115 53 0	0.02	40.1	0.0	0.1	-				1
80% 80.0 °C 80.0 °C 0.0 °C 130.90 Ω 130.90 Ω 0.0 80.10 °C 0.1 100% 100.0 °C 100.0 °C 0.0 °C 138.81 Ω 138.48 Ω 0.03 100.20 °C 0.2 * T. = Temperatura R. = Resistencia E. = Error Tx. = Transmisor desviación = ±Error DESVIACIÓN LÍMITE DE RTD 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.400 0.500 -2 0.100 -2 0.200 -2 0.100 -2 0.100 -2 0.100 -2 0.100 -2 0.100 -2 0.100 -2 0.100 -2	60%	60.0 °C	60.00 °C	0.0 °C	123.40 (Ω	123.24 Ω	0.16	60.1	0°C	0.1					1
100% 100.0 °C 100.0 °C 100.0 °C 100.0 °C 0.0 °C 100.0 °C 0.0 °C 100.0 °C 0.0	80%	80.0 °C	80.00 °C	0.0 °C	130.90	Ω	130.90 Ω	0	80.1	0°C	0.1					1
* T. = Temperatura R. = Resistencia E. = Error Tx. = Transmisor desviación = ± Error DESVIACIÓN LÍMITE DE RTD 0.000 Temperatura *C Leyenda de Rango de Error Verificación Instrumento Mantto de	100%	100.0 °C	100.00 °C	0.0 °C	138.51	Ω	138.48 Ω	0.03	100.2	20 °C	0.2					
Desviación Límite de RtD 0,000 0,0000 0,000	* T. = Terr	nperatura	R. = Resist	encia E. :	= Error Tx. =	= Trar	nsmisor de	sviación	= ± Err	or						
O 0.500 0.400 0.300 0.400 0.100 0.200 0.100 0.26 - 20 - 14 - 8 - 2 - 4 - 10 - 16 - 22 - 28 - 34 - 40 - 46 - 52 - 58 - 64 - 70 - 76 - 82 - 88 - 94 - 100 100112118 0.200 0.100 -26 - 20 - 14 - 8 - 2 - 4 - 10 - 16 - 22 - 28 - 34 - 40 - 46 - 52 - 58 - 64 - 70 - 76 - 82 - 88 - 94 - 100 100112118 0.200 0.300 -0.100 -26 - 20 - 14 - 8 - 2 - 4 - 10 - 16 - 22 - 28 - 34 - 40 - 46 - 52 - 58 - 64 - 70 - 76 - 82 - 88 - 94 - 100 01012118 0.200 0.300 -0.300 -0.300 -0.300 -0.300 0.300 -0.300 -0.300 -0.400 -0.500 0.300 -0.300 -0.400 -0.500 -0.400 0.300 -0.500 -0.416 - 52 - 58 - 64 - 70 - 76 - 82 - 88 - 94 - 100.10112118 -0.200 0.300 -0.300 -0.416 - 52 - 58 - 64 - 70 - 76 - 82 - 88 - 94 - 100.01012118 -0.200 -0.200 0.300 -0.300 -0.416 - 52 - 58 - 64 - 70 - 76 - 82 - 88 - 94 - 100.01012118 -0.200 -0.200 0.416 - 52 - 50 - 62 - 610 - 720 - 300 - 210 -	(cić	5NI LÍM			D)	
0 0.300 0.400 0.400 0.100 0.100 0.200 0.100 0.100 0.100 0.100 -26-20-14 - 8 - 2 - 4 - 10 - 16 - 22 - 28 - 34 - 40 - 46 - 52 - 58 - 64 - 70 - 76 - 82 - 88 - 94 - 100106112118 0.100 0.200 -26 - 20 - 14 - 8 - 2 - 4 - 10 - 16 - 22 - 28 - 34 - 40 - 46 - 52 - 58 - 64 - 70 - 76 - 82 - 88 - 94 - 100106112118 0.200 0.300		0.5	:00													
Image: Second	ပိ	0.5	100													
0.300 0.200 0.100 0.000 0.200 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.100 0.000 -6-20-14 -8 -2 4 10 16 22 28 34 40 46 52 58 64 70 76 82 88 94 100106112118 0.000 0.000 0.000 0.300 -6-20-14 -8 -2 4 10 16 22 28 34 40 46 52 58 64 70 76 82 88 94 100106112118 0.000 0.000 0.000 -0.500 Temperatura *C Verificación Instrumento Leyenda de Rango de Error Verificación Instrumento Mantto de Instrumento Clase Validez del rango de temperatura 0.500 ±(0.1 + 0.00171) Limite de error Temp. Pass Limite de error Temp. Pass Limite de error Temp. Pass Limite de error Tex. A -100 a +450 °C -30 a +500 °C ±(0.1 + 0.00171) Limite de error Tex. B -196 a +600 °C -50 a +600 °C ±(0.6 + 0.0081) Limite de error Tex. Pass Limite de error Tex. C -196 a +600 °C -50 a +600 °C ±(0.6 + 0.018) Validr A Ocampo Purita Corrol mathematica TEST RESULTADO INSTRUMENTO Y CANAL PLC BUEN ESTADe Waldir A Ocampo Purita Corrol mathematica Validr A Ocampo Purita Corrol mathematica Johan Aquino Technica Resonsable Superfor Resonsable Waldir Ocampo Puerta Corrol da área Corrol da área	e	0.2	00												-	
United United<	lida	0.5														
0.0.00 0.0000 0.00000 0.0000 0.0000	lin I	0.2	.00													
View United and the second secon	ber	0.1	100													
Image: State of the state	,×	0.0	00 26 20	14 9	2 4 10 1	6 22	0 00 04 /	10 46 51		64 70	76 0	00 0/	1 100	1061121	10	
Solution -0.200 -0.200 -0.200 -0.300 -0.400 -0.400 -0.400 -0.500 -0.500 Temperatura *C -0.500 Leyenda de Rango de Error Verificación Instrumento Clase Resistencias Bobinadas Película Delgada Desviaciones límites AA -50 a +250 °C 0 a +150 °C ±(0.1 + 0.0017 t) A -100 a +450 °C -30 a +300 °C ±(0.15 + 0.002 t) B -196 a +600 °C -50 a +500 °C ±(0.4 + 0.0017 t) C -196 a +600 °C -50 a +500 °C ±(0.4 + 0.0018 t) TEST RESULTADO INSTRUMENTO Y CANAL PLC BUEN ESTADe Mattion José Sanchez Díaz Valdir A Ceampo Purita Johan Aquino Aquino Superfor Responsable Valdir Ocampo Purita Superfor Responsable Superfor Responsable Valdir Ocampo Purita	ů.	-0.1	00 -20-20	14 0	2 4 10 1		20 34 4	10 40 32		04-70	10-0	- 00 - 34	-100	1001121	10	
Image: Strength of the strength	ión	-0.2	200													
Image: State of the state	lac	-0.3	800												_	
Image: Class of the second	esv	-0.2	100												-	
Temperatura °C Leyenda de Rango de Error Verificación Instrumento Mantto de Instrumento Clase Validez del rango de temperatura Desviaciones límites AA Sola + 500 °C verificación Instrumento Mantto de Instrumento Pass AA -50 a + 500 °C ±(0.1 + 0.0017 th) Límite de error Temp. Pass Límite de arror Alum José a +600 °C ±(0.6 + 0.01th) José Sanchez Díaz Valdir A Campo Puerta <t< td=""><td></td><td>-0.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>_ </td><td></td></t<>		-0.5													_	
Temperatura *C Leyenda de Rango de Error Validez del rango de temperatura Desviaciones límites A 4 Sola + 250 °C O a + 160 °C ±(0.1 + 0.0017 [b] A 4 -50 a + 250 °C O a + 160 °C ±(0.1 + 0.0017 [b] A 4 -50 a + 250 °C O a + 160 °C ±(0.1 + 0.0017 [b] Límite de error Temp. Pass Jos a + 600 °C ±(0.6 + 0.01[b] Júce Sanchez Díaz <																
Leyenda de Rango de Error Clase Validez del rango de temperatura AA -50 a +250 °C 0 a +150 °C ±0.1 + 0.0017 [b] A -100 a +450 °C -30 a ±300 °C ±0.1 + 0.0017 [b] B -196 a +600 °C -30 a ±300 °C ±0.1 + 0.0017 [b] C -196 a +600 °C -50 a ±600 °C ±0.3 + 0.005 [b] C -196 a +600 °C -50 a ±600 °C ±0.6 + 0.018 [b] TEST RESULTADO INSTRUMENTO Y CANAL PLC BUEN ESTADO José Sanchez Díaz José Sanchez Díaz José Sanchez Díaz Superfor Responsable Superfor Responsable						Τe	emperatu	ra °C								
Validez del rango de temperatura Verificación Instrumento Clase Validez del rango de temperatura Desviaciones límites AA -50 a +250 °C 0 a +150 °C ±(0.1 + 0.0017t) A -100 a +450 °C -30 a +300 °C ±(0.1 + 0.0017t) B -196 a +600 °C -50 a +500 °C ±(0.1 + 0.0017t) C -196 a +600 °C -50 a +600 °C ±(0.6 + 0.018t) TEST RESULTADO INSTRUMENTO Y CANAL PLC BUEN ESTAD Juittadira 12 Juittadira 12 Johan Aquino Teice Resonsable Jusé Sanchez Díaz Superfor Resnorsable Validir A Campo Puerta Coordinador da área Coordinador da área	Leyenda d	de Rango	de Error													
Validez del rango de temperatura Desviaciones límites Clase Validez del rango de temperatura Desviaciones límites AA -50 a +250 °C 0 a +150 °C ±(0.1 + 0.0017t) A -100 a +450 °C -30 a +300 °C ±(0.1 + 0.0017t) B -196 a +600 °C -50 a +500 °C ±(0.1 + 0.0017t) C -196 a +600 °C -50 a +600 °C ±(0.6 + 0.01t) C -196 a +600 °C -50 a + 600 °C ±(0.6 + 0.01t) TEST RESULTADO INSTRUMENTO Y CANAL PLC BUEN ESTADE Pass Johan Aquino Aquino José Sanchez Díaz Waldir A Campo Puerta José Sanchez Díaz Superior Responsable Waldir Coampo Puerta	-		Maliahara da								-	Verif	icaci	ón Instru	mento	
AA -50 a + 250 °C 0 a + 150 °C $\pm (0.1 + 0.0017 t)$ AA -50 a + 250 °C 0 a + 150 °C $\pm (0.1 + 0.0017 t)$ B -196 a + 600 °C -30 a + 300 °C $\pm (0.15 + 0.002 t)$ C -196 a + 600 °C -50 a + 500 °C $\pm (0.3 + 0.005 t)$ Imite de error Tex. Limite de error Tex. Limite error Scada Pass -196 a + 600 °C -50 a + 600 °C $\pm (0.6 + 0.01 t)$ TEST RESULTADO INSTRUMENTO Y CANAL PLC BUEN ESTADE Pass Johan Aquino Aquino José Sanchez Diaz Waldir A Ceampo Puerta corror able Technic Resonsable Superfor Resonsable Waldir O Ceampo Puerta corror de área	Clase	Resister	Validez de	el rango (le tempera	tura	da	Desvia	cione	s lími	tes	Man	tto d	a Inetrum	entc	200
A -100 a + 450 °C -30 a + 300 °C ±(0.15 + 0.002 t) Limite de error Res. Pass B -196 a + 600 °C -50 a + 500 °C ±(0.3 + 0.005 t) Limite error Tx. Limite error Scada Pass TEST RESULTADO INSTRUMENTO Y CANAL PLC BUEN ESTADC Juinte error Tx. Johan Aquino Aquino Techno scale José Sanchez Diaz Waldir A Ceampo Puerta Superfor Resonsable Superfor Resonsable Waldir Querto de area	AA	-50	a +250 °C	alua -	0 a +1	50 °C		±(0.1	+ 0.0	017 t h		Límit	e de	error Te	mp. P	ass
B -196 a +600 °C -50 a +500 °C ±(0.3 + 0.005 t) Limite error Tx. C -196 a +600 °C -50 a + 600 °C ±(0.6 + 0.01 t) Limite error Tx. TEST RESULTADO INSTRUMENTO Y CANAL PLC BUEN ESTADO Waldir A Compo Purifa Juinte Juinte Juinte Value Johan Aquino Teice Responsable José Sanchez Díaz Waldir Ocampo Puerta Superfor Responsable Superfor Responsable Waldir da área	A	-100	a + 450 °C		-30 a +3	300 °	c I	±(0.1	5+0.	002 t)		Límit	e de	error Re	s. Pa	ass
TEST RESULTADO INSTRUMENTO Y CANAL PLC BUEN ESTADO Johan Aquino Aquino Tecicio Responsable José Sanchez Díaz Superior Responsable Waldir Ocampo Puerta Coordination de Area		-196	5 a +600 °C		-50 a +5	° 000 • 000		±(0.	$\frac{3+0.0}{6+0}$	005 k) 01.#∿		Limit	e en	ror Ix.		366
TEST RESULTADO INSTRUMENTO Y CANAL PLC BUEN ESTADO Aguino Júcie cho ?? Wadir A Ocampo Puerta como Murtanento can o Roman and Compo Puerta Johan Aquino Aquino Tecnico Responsable José Sanchez Díaz Waldir Ocampo Puerta		-196	5 a +000 C		-30 a +1	000	~	±(U	.5 4 0.	<u>o (µ)</u>		LENUIR	େମା			200
Applie Juice Are 22 Waldir A. Ocampo Puerta como untremento un de Nomes Area Johan Aquino Aquino Tecnico Responsable José Sanchez Díaz Waldir Ocampo Puerta Coordinadro de área	TE	ST RES	ULTADO				INSTRU	MENTO	Y CA	NAL	PLC B	JEN ES	STAE	OGAN	~	
Johan Aquino Aquino José Sanchez Díaz Waldir Ocampo Puerta Técnico Responsable Supervisor Responsable Coordinator de área		A	Theres					ind	011				W	aldir A. Ocan	npo Puerta	
Johan Aquino José Sanchez Díaz Waldir Ocampo Puerta		04					90	ecien				-		GE Renewal	MIENTO JAM	
	J	Johan Aq Técnico B	uno Aquin esponsable	0			José Superv	Sanche:	z Diaz	: ile			Wa	aldir Ocal Coordinad	mpo Pue lor de área	⊭rta a



Gener		ctric	CERT VE	IFICADO RIFICACI	Y PROTO	COLO DI	E MANTEN NTOS DE	IIMIEN	ITO Y NC	Y	Man CE	tenimien Formato Revisión RT_PRE_IC	to I&C F-MAN-002 01 C_002
I. DATO	OS TE	CNICOS D	EL INSTRU	MENTO			II. DATOS TE	CNICOS	EQU	IPOS DE M	IEDICIÓN		
	1	Área	Galeria	M2	1			Patron	П	DMM-A	C	alibrador	FLUKE 772
	Ea	uipo	Cono Suo	ción				Serie	9	22231	~	Serie	42740296W8
		UG	01	crom			Certi	ficado	EVE-C	035-2022	Ce	ertificado	EE-0892-2022
		OT	200036	30	1		F. Calib	ración	9/0	05/2022	F. Ca	libración	3/05/2022
F. Ver	rifica	ación	5/07/20	22	1		PF. Cali	ración	9/0	05/2023	PF. C	aliración	3/05/2023
III. COI	VSIDI	ERACIONE	s		1								
*Realiza *F. Calib	r coon arción	dinaciones y I = Fecha de c	permisos con alibración.	Operaciones	y Seguridad.		*PF. Calibración *F. Verificación	= Próxim = Fecha e	a Fechi n la que	a de Calibraci e se esta real	ión del Equipo f lizando la verifi	Patrón/Calibra icación del inst	dor. rumento.
IV. DA	1051	JEL INSTRU	UMENTO										
_	-	Tag KKS	01MEA1:		2001	Canal PLC	0.0	ASI			po Pres.	Rel	ativa
		ag Campo Tipo de Pv	PI	Dienlay	Ra		0-0	60 GO	ts har		odo Pres.	Transmis	electrico
	De	escripción	Presión t	turbina A	gua entrac	da caja es	piral	00	Dai		onexion	in anisima	501 4-2011A
V. PRO	TOC	OLO DE M.		INTO	Man	tenimiente					Después d	e Mantenin	neinto
Descon	ectar	r Instrumen	to	ok	Lime	oieza Genera	al	1	ok		Montar Inst	umento	ok
Desmo	ntarl	Instrument	0	ok	Verif	icación fisic	a Display si tie	ne	ok		Conexionar	Instrumento	ok
Marcar	born	es		ok	Reco	nfiguración			ok		Ajustar Borr	nes	ok
Mantto	cam	po/laborato	orio	ok	Ajust	te de Set (ze	ro) "Tx o Hart"		ok		Probar en S	CADA	ok
	OB	SERVACIO	N	SP1=60	RP1=50 BA	AR OUT1=	HNO						
VI. PRO	отос	COLO DE V Verificació	ERIFICACIO n presión	ON Y CALIE	BRACIÓN DI Verificación	E TRANSMI Display	SOR PRESION Verificación S			Para Transi	misores		
Ran	go	P. Patrón	P. Medida	Error P.	P. Display	Error P.	P. Scada	E. Sca	da	Tx. Teórico	Tx. Medido	Error Tx.	
0%	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0		4.0 m A	4.03 m A	0.03	
25%	15	15.00	15.00	0	15.00	0	15.00	0		8.0 m A	8.03 m A	0.03	
50%	30	30.00	30.00	0	30.00	0	30.00	0		12.0 mA	12.02 mA	0.02	
75%	45	45.00	45.00	0	45.00	0	45.00	0		16.0 mA	16.01 mA	0.01	
100%	60	60.00	60.00	0	60.00	0	60.00	0		20.0 mA	20.01 mA	0.01	
70	.00 -	P	resión vs	Porcent	aje		25.00		Cor	riente Id	eal vs Pre	sión	
60	.00 -					/	20.00						
50 ⊆ 40	.00				1		¥ 15.00						
esió				/			ient				1		
-F -30	.00			/			S 10.00			1			
20	.00 -		1				5.00		/				
10	.00 -	/											
	.00 -	0%	25%	50%	75%	100%	0.00	0		15	30	45	60
		-	P. Patrón	Porcentaj	e P. Medida				_		Presión	Ty Medido	
		Leyenda	de Presion	es	Timeada					TX redito	,	TXIMedido	
	Ab	soluta	Rela	tiva	Diferenci	ial -					Verificació	n Instrume	nto
		1]]	.,.Ŧ-		``` Presión `Atmosfe Cero	frica			Mantto de Límite de e Límite de e Límite erro	Instrument error Pres error Disp. or Tx Px. or Scada //	to Pass Pass Px Pass Pass Pass
	_						Absolu	ito				A	
-	TP	CT DECL	TADO				IN COLOR	INALTAITTA	D FRI		A DO	Alle	
	TE	ST RESUL	TADO				INSTRU	JMENTO	D EN I	BUEN EST/	ADO W	akdir A. Ocamr	o Puerta
	TE	ST RESUL	.TADO			G	INSTRI Jaurah	JMENTO	O EN I	BUEN ESTA	ADO W	aldir A. Ocamp ORD MANTENIM GE Renewatike	oo Puerta ENTG Jam



TEST RESULTADO

Aplan Johan Aquino Aquino Técnico Responsable Mantto de Instrumento Limite de error Pres Limite de error Disp. Px Límite error Tx Px. Límite error Scada

Waldir A. Ocampo Puerta COORD MANTEINMENT JAM GE Retevable Peu Waldir Ocampo Puerta Coordinador de área

General Ele			FICADO '	Y PROTO ON DE IN:	COLO DE STRUMEI	MANTEI	NIMIE PRES	NTO ' ION	Y	Mar CE	ntenimient Formato Revisión RT_PRE_IC.	:0 I&C F-MAN-002 01 _003
Eq	Area uipo UG	Galeria_ Cono Suo 01	M2 ción			F Certif	atron Serie icado	750 484 EVE-00 3/05	PD50 1126 47-2022		alibrador Serie 4 ertificado E	FLUKE772 2740296W8 E-0892-2022
F. Verifica	ción	5/07/20	122			PF. Calibr	ación	3/05	/2022	PF. C	Caliración	3/05/2023
*Realizar coc *F. Calibarció	n = Fecha de	permisos co calibración.	in Operacion	es y Seguridac	i.	*PF. Calibració *F. Verificació	n = Próx n = Fecha	ima Fech i en la qu	a de Calib e se esta	ración del Equip realizando la ve	oo Patrón/Calibr erificación del ine	ador. strumento.
IV. DATOS	DEL INST	RUMENTO							_			
	Tag KKS	01MEA11	CP466_ZQ	001 0	Canal PLC	100	ASI	L Da	T	po Pres.	Abs	oluta
la T	ag Campo Tipo do Dr		MEF405	Ran	ngo Scada	-100	a 150	kPa kPa	Me	todo Pres.	Transmis	nectrico
De	scrinción	Transmis	sor de pre	sion de t	ubo de su	-100 a	120	KFd		onexion	Transmis	51 4-20MA
V. PROTOC Previo a N Descon ecta	COLO DE N 1antenimi ar Instrume	1ANTENIM ento		Man	tenimiento			ok		Después d	e Mantenim	einto ok
Desmontar	- Instrumer	ito	ok	Verifi	icación fisica	a Display si ti	ene	ok		Conexionar	Instrumento	ok
Marcar bor	nes		ok	Recor	nfiguración			ok		Ajustar Borr	nes	ok
Mantto can	npo/labora	torio	ok	Ajust	e de Set (zei	ro) "Tx o Hart		ok		Probar en S	CADA	ok
OE	BSERVACIO	N	0 KPA= 1	0.11 mA								
Rango 0% ### 25% -38 50% 25 75% 88	Verificació P. Patrón -100.00 -38.00 25.00 88.00	P. Medida -100.00 -38.00 25.00 88.00	Error P. 0 0 0	P. Display -101.80 -38.00 25.00 86.50	Error P. 1.8 0 1.5 0	Verificación P. Scada -100.00 -37.70 24.70 87.00	SCADA E. Sc O. 0.	P. ada T> 3 3	ara Trans	misores 7 x. Medido 4.00 mA 8.01 mA 12.02 mA 16.02 mA	Error Tx. 0.00015 0.01 0.02 0.02	
* P = Prosid	50 LE = Erro	or Tx = Tra	nemisor I d	esviación =	+ Error	149.70	0.	2	20.0 MA	20.01 MA	0.01	
200.00	P	resión vs	Porcent	taje		25.00		Cori	riente l	deal vs Pr	esión	
150.00					<u> </u>	20.00 E 15.00						
-50.00		<u>,</u>	/			Corriente						
-100.00						5.00						
-150.00	0%	25%	50%	75%	100%	0.00	-10	00	-38	25	87.5	150
			Porcenta	e						Presión		
	_	P. Patrór		– P. Medida				_	- Tx Teor	ico 🛁	Tx Medido	
	Levenda	de Presion	es			_		_	14160		- TA Medido	
	bsoluta	Rei	ativa	Diferer	ncial							
		1	r I	Ι	т					Verificació	on Instrumer	nto

Presión

Cere Absolute

faucher_

José Sanchez Díaz Supervisor Responsable







General Electric		CERTIF VE	ICADO Y RIFICACI	Ý PROTC ÓN DE I	COLO DE NSTRUM	E MANTE ENTOS D	NIMIEN" E NIVEL	то ү -		Man I CE	tenimie Formato Revisión RT_NIV_I	nto I&C F-MAN-0 01 C_001	002
I. DATOS TECNICOS	5 DEL	INSTRUM	ENTO			II. DATOS	TECNICOS	EQUIP	OS DE	MEDICIÓN	1		
Área Equipo UG OT F. Verificación	Skid	Galeria_ Cojinete Gu 01 200036 8/07/20	M1 Jia Turbina 30 022			Calib Certit F. Calibr PF. Calir	rador F Serie 42 Ficado EE Fación 3 Fación 3	FLUKE 7 274029 -0892-2 3/05/20 3/05/20	72 5W8 2022 22 23	Ci Ci F. Ca PF. C	alibrador Serie ertificado Ilibración Caliración	FLUKE 352905 EE-920-2 6/05/20 6/05/20	725 54 2022 22 23
III. CONSIDERACIO *Realizar coordinacione: *F. Calibarción = Fecha d IV. DATOS DEL INST	VES s y peri e calib FRUM	misos con Op ración. IENTO	peraciones y !	Seguridad.		*PF. Calibrac *F. Verificaci	ión = Próxim ón = Fecha er	a Fecha d n la que s	e Calibra e esta re	ación del Equip salizando la v	po Patrón/Ca erificación de	librador. Linstrumento).
Tag	KKS	01MEA41	.CL001_ZQ	001	Canal PLC		ASI			oo Niv.	FI	otador	
Tag Ca	mpo	LE-	MEF 115	Ra	ngo Scada	0-:	1050 mm	1	Méto	odo Med.	Ma	gnetico	
Descrip	e PX ción	Transmin	ciego ar do Niuc	l do Acoit	igo PX / Un io do Colin	oto Guio Tu	1050 urbino		CO	nexion	Transm	ISOF 4-20F	na
V. PROTOCOLO DE Previo a Mantenin	MAN	TENIMIEN	TO	Mar	ntenimient	0				Después di	e Manteni	meinto	
Desconectar Instrum	ento		ok	Lim	pieza Gener	al	0	4		Montar Instr	rumento		ok
Desmontar Instrume	nto		ok	Veri	ficación fisic	a Display si	tiene ol	4	E E	Conexionar	Instrument	:0	ok
Mantto campo/labor	atoric)		Aius	te de Set (ze	ero) "Tx o Ha	rt" Ok	H	É	Probar en SC	CADA		
		, I	OIL	1,100			101	·		10001 01101	0.011		
VI. PROTOCOLO DE Verifi	VERI cació	IFICACION 1 Nivel	Y CALIBR	ACIÓN DE Verificacio	TRANSMIS ón Display	iOR NIVEL Verificaciói	1 SCADA	Para	Transm	isores			
Rango L. Pa	trón	L. Medida	Error P.	L Display	Error P.	L. Scada	E. Scada	Tx. Te	eórico T	rx. Medido	Error Tx.		
0% 0 0.0	00	0.39	0.39			0.39	0.39	4.0	mΑ	4.01 m A	0.01		

0%	0	0.00	0.39	0.39			0.39	0.39	4.0 m A	4.01 m A	0.01
25%	263	263.00	262.83	0.17			262.83	0.17	8.0 m A	8.02 m A	0.02
50%	525	525.00	525.26	0.26			525.26	0.26	12.0 mA	12.02 mA	0.02
75%	787.5	787.50	787.89	0.39			787.89	0.39	16.0 mA	16.02 mA	0.02
100%	1050	1050.00	1050.00	0			1050.00	0	20.0 mA	19.99 mA	0.01
* I.= Ni	vel E.=	Error Tx. =	Transmisc	r desviaci	ón = ± Error						





G	eneral El	lectric	CEF	RTIFICAE	DO Y PROT DE I	OCOLO DE	E MANTE NTOS DI	ENIMIENT E PRESION	O Y VE N	ERIFICAC	CIÓN	Man CE	tenimien Formato Revisión RT_PRE_IC	to I&C F-MAN-002 01 _004
I. DA	TOS T	ECNICO	DS DEI	LINSTRUN	1ENTO			II. DATOS TE		S EOUIPO	S DE M	1EDICIÓN		
		Área	-	Galeria	• M1	7		1	Patron	TIDM	Δ.Δ		alibrador	FLUKE 772
		Fauino	Skid F	Sombasiny	ección Sello Ei				Serie	9222	31		Serie	42740296W8
		UG	-	01	l			Cert	ificado	EVE-0035	-2022	C	ertificado	E-0892-2022
			-	20003	1635	-		E Calif	oración	9/05/2	022	E Ca	libración	3/05/2022
E	Verifi	cación	-	5/07/2	2022	-		PF. Cal	iración	9/05/2	023	PE.C	aliración	3/05/2023
	ONICIP	ED A OK	ouro			-								
*Real *F.Ca	ONSIL lizar coo alibarciói	rdinacion n = Fecha	UNES ies y pe i de cali	rmisos con (bración.	Operaciones y Si	eguridad.		*PF. Calibració *F. Verificaciór	n = Próxir I = Fecha	na Fecha de i en la que se o	Calibraci esta rea	ión del Equipo I lizando la verifi	Patrón/Calibrac icación del instr	lor. rumento.
IV. D	ATOS	DEL IN:	STRUM	MENTO										
		Taj	g KKS	01MEA	41CP142_ZQ	001	Canal PLC		ASI		Ti	po Pres.	Re	ativa
		Tag Ca	ampo		PIT-142	Ran		C	- 6 bar	-	Mét	todo Pres.	Piezoe	eléctrico
			de Px		Display	Ran	go Px / Un	0 a	6	bares	C	onexión	Transmis	or 4-20mA
		Descrip	oción	Presion	Salida Acei	te en skid o	ojinete g	uía turbina	I					
V. PF	ROTOC	OLO D	E MAI	NTENIMIEN	OTV									
Prev	io a M	lanteni	mien	to		Mant	tenimient	0				Después d	e Mantenim	neinto
Desc	onecta	rInstru	mento)	ok	Limp	ieza Gener	al		ok		Montar Instr	umento	ok
Desn	nontar	Instrum	nento		ok	Verifi	icación fisic	a Display si ti	ene	ok		Conexionar	Instrumento	ok
Marc	ar borr	nes			ok	Recor	nfiguración			ok		Ajustar Borr	nes	ok
Mant	ttocam	po/labo	oratori	io	ok	Ajust	e de Set (ze	ero) "Tx o Hart		ok		Probar en S	CADA	ok
	0	BSERV	ACION	4	SP1=6 RP1:	=5.40 SP2=6	5 RP2=5.	40 BAR OUT	1= HN0	OUT2=H	NO			
								-						
VI. P	ROTO	COLO D Verif	DE VEF ficación	RIFICACIO n presión	N Y CALIBRA	Verificación	ANSMISOR Display	R PRESION Verificación	SCADA	Para	a Trans	misores	Error Tv	
0	ango	P. FC	00	P. Medida	CHOIP.	0.00	LITOT P.	P. Statia	L. 30			7.02	0.02	
260	70 0/	2 1	60	1.60	0	1.50	0	1.49	0.0	12 0/	Am	3.90 IIIA	0.02	
600	/0 0/	7 7	.00	7.00	0	1.50	0	2.06	0.0	12 0.0	0.000	1104m0	0.04	
760	70 2/ /	5 3.	60	3.00	0	3.00	0	2.90	0.0	16 16	0.000	11.94 MA	0.00	
100	/0 ···	6 6	.30	6.00	0	4.30	0	4.4J	0.0	10	0 m A	10.92 mA	0.00	
* P =	Presid	DIF-F	Error	Ty = Trans	misor I desvia	ción = + lError		5.55	0.0	15 20	N IIIA	19/90 IIIA	0.07	
Presión	7.00 6.00 5.00 4.00 3.00 2.00 1.00 0.00			25%	50% Porcentajo	75%	100%	25.00 20.000			2	a Presión	4.5	6
		12		P. Patron	n <u>–</u>	— P. Medida		_		- - -T	x Teoric	0 -•	 Tx Medido 	
		Leye	enda o	le Presior	1es									
	-		•	Rela	, itiva			Cero	ica			Verificació Mantto de Límite de e Límite erro Límite erro Límite erro	in Instrument Instrument error Pres error Disp. F or Tx Px. or Scadag	nto Pass Pass Pass Pass Pass
		ECT DE	CI 11-2					IN CONTROL	NAME	NENL DURA	L C C T A		AM	
		EST RE	SUL	ADO				INSTRU	MENTO	DEN BUEN	ESTA	10	aldir A Car	a Durati
		1	Tel	times?				line	her			N C	ORD MANTENIM	ENTC JAM
	-	2	-			10			-			_/	GE Renewable	Peru
		Johan	Aqui	no Aquino	0		ol	se Sanchez	Diaz			Ŵ	aldir Ocam	po Puerta
		rechi	ICO Kes	sponsable			Sup	ervisor kespo	Insable				coordinador	uearea



600		CERT /ERIFICA	IFICADO .CIÓN DE	Y PROTO	OCOLO DI IMENTOS	E MANTEI DE FLUJO	NIMIEN D POR	NTO N PRES	/ SION	Mar Forn Revi	n tenimien nato sión	to I&C F-MAN-002 01
General Elec	ctric			DI	FERENCIA	4L				CER	T_FLU_DP_	.IC_002
I. DATOS TE	ECNICOS D	EL INSTRU	MENTO			II. DATOS TE	CNICO:	s equ	IPOS DE M	IEDICIÓN		
	Área	Galeria	.M1				Patron	75	OPD50		alibrador	FLUKE772
Eq	uipo Skid	Cojinete Gi	ia Turbina			Cort	Serie ificado	48	41126		Serie ortificado	42740296W8
	OT	200036	35			E Calif	ncauo	3/0	5/2022	FO	alibración	3/05/2022
F. Verifica	ación	14/07/2	022	1		PF. Cal	iración	3/0	5/2023	PF. 0	Caliración	3/05/2023
III. CONSID *Realizar coor *F. Calibarción	ERACIONE rdinaciones y p n = Fecha de ca	S cermisos con alibración.	Operaciones	y Seguridad.		*PF. Calibració *F. Verificaciór	n = Próxim = Fecha e	na Fecha en la que	a de Calibraci ∙se esta real	ón del Equipo lizando la verit	Patrón/Calibra icación del inst	dor. rumento.
IV. DATOS [DEL INSTRU	JMENTO										
	Tag KKS	01MKA31	.CF202_ZQ	001	Canal PLC	A1.1	0 CANA	L3	Ti	po Pres.	Dife	rencial
T	'ag Campo Tipo de Ex	FIE	MEF 131 Display	Ra	ango Scada 1990 Ex / Un	0 a	250	L/m	in Mét 120 Co	odo Pres. Doexión	Piezo Tx 4-2	eléctrico SmA Hart
De	escripción	Flujo de	aceite de	lubricac	ión 851 de	e Cojinete (Guia Tu	rbina		SHEATON	1/14-20	
V. PROTOC	OLO DE M	antenimie	ENTO									
Previo a M	antenimie	nto		Man	tenimiento				_	Después c	le Manten in	neinto
Desconectar	r instrumen Instrumente	to D		Limp	icación fisica	l Display si tie	ne	ok ok		Montar Inst	rumento Instrumento	
Marcar born	ies	<u> </u>	ok	Reco	nfiguración	Display si de	inc.	ok		Ajustar Bor	nes	, ol
Manttocam	po/laborato	orio	ok	Ajust	te de Set (zer	o) "Tx o Hart"		ok		Probar en S	CADA	0
OB	SERVACIO	N										
VI. PROTOC	COLO DE VI	ERIFICACIO	ON Y CALIE	BRACIÓN E	DETRANSMI	SOR PRESIC	N			-		
Pango	Verificac	D Modida	mmH2O	E Toorioo	Verific E. Dicolau	cación de Flu	oL/min	didol	E Eluio	Prue Ty Toórico	ba de Lazo m	TA Error Ty
	0.00	0.21	0.21	0.00	0.5	0.00	4.010	mA	0	4.0 m A	4.00 mA	0
25% 125	125.00	125.15	0.15	126.50	126.5	126.60	12.020	DmA	0.1	8.0 m A	8.00 mA	0
50% 250	250.00	250.20	0.2	178.50	178.4	178.70	15.320	DmA	0.2	12.0 mA	12.01 mA	0.01
100% 500	500.00	575.10	0.1	218.70	218.6	218.70	20.010) m A	0.1	16.0 mA 20.0 mA	20.01 mA	0.02
* F. = Flujo	E. = Error T	x. = Transm	isor desvia	ación = ± Er	ror		1					
		Flujo v	s Presion									
1					_			Co	rriente	ldeal vs F	lujo	
250.00						20.00		Co	orriente	Ideal vs F	lujo	-
250.00 -				/		20.00 16.00		Co	orriente	Ideal vs F	lujo	
250.00 - 200.00 - 150.00 -			<u>, </u>			20.00 16.00 12.00 12.00		Co	orriente	Ideal vs F	lujo	
250.00 - 200.00 - 150.00 - 100.00 - 0 - 100.00 - 50.00 -		1				20.00 16.00 12.00 12.00 8.00 4.00		Co	orriente	Ideal vs F	lujo	
250.00 - 200.00 - 						20.00 16.00 Y 12.00 8.00 4.00 0.00			orriente	Ideal vs F	lujo	
250.00 - 200.00 - E 150.00 - 0.00 - 50.00 -		125.00	250.00	375.00		20.00 16.00 12.00 8.00 4.00 0.00			126.50	Ideal vs F	lujo 2010 218.70	250.00
200.00 - 200.00 - 150.00 - 100.00 - 50.00 -	0.00	125.00 Pr	250.00 esion mm	375.00 H2O - F. SCADA	500.00	20.00 16.00 4.00 0.00 0.00	0.01		126.50	Ideal vs F	lujo	250.00
250.00 - 200.00 - 50.00 - 50.00 - 0.00 - 0.00 -	0.00	125.00 Pr F.Teoricc de Flujom	250.00 esion mm	375.00 H2O F. S CADA P	500.00	20.00 16.00 4.00 0.00 0.00	0.01		126.50	Ideal vs F	lujo	250.00
250.00 - 200.00 - 150.00 - 50.00 - 50.00 - 0.00 -	0.00	125.00 Pr F.Teorice de Flujom	250.00 esion mm etro por D	375.00 H2O P	500.00		0.00		126.50	Ideal vs F	lujo	250.00
250.00 - 200.00 - 150.00 - 100.00 - 50.00 - 0.00 -	0.00	125.00 Pr F.Teorico de Flujom	250.00 eston por D	375.00 H2O F.SCADA P	500.00	20.00 16.00 4.00 0.00			126.50 mAteoric	178.50 IVERIGACIÓN IVERIGACIÓN Verificació Mantto de Límite de Límite der Límite err	218.70 m mA Medido ón Instrumen error Pres error Disp. or Tx Fx. or Scaday	250.00 250.00 bo Pass Pass Pass Pass Pass
250.00 - 200.00 - 5 150.00 - 5 100.00 - 0.00 - 0.00 -	0.00 Leyenda (125.00 Pr F.Teorico de Flujomi TADO	250.00 eston mm etro por D	375.00 H2O F.SCADA P	500.00		0.00		126.50 mAteoric	Ideal vs F 178.50 Flujo L/mi verificació Mantto de Límite de Límite de Límite de Límite de Límite de Límite de	Lujo 218.70 m A Medido on Instrume Instrument on Scaday or Tx Fx. or Scaday	250.00 anto
250.00 - 200.00 - 5 150.00 - 5 100.00 - 9 100.00 - 9 100.00 - 100.00 -	0.00 Leyenda (125.00 Pr - F. Teorice de Flujom TADO	250.00 esion mm etro por D tetro por D	375.00 H2O F. SCADA P	500.00	20.00 16.00 4.00 0.00 1.200 4.00 0.00			126.50 - mAteoric	Ideal vs F 178.50 Flujo L/mi o Verificació Mantto de Límite de Límite der Límite der Límite der Límite der Límite der Límite der	Lujo	250.00



(ge)		CERTII VERIF	FICADO N ICACIÓN	PROTO DE INS	DCOLO DE TRUMENT	MANT OS - FI	ENIMI	ENTC ETRC) Y DS	Mar	tenimient Formato Revisión	to I&C F-MAN-002 01
General Electric				MA	GNETICO:	S				CERT_	_FLU_MAG_	_IC_003
I. DATOS TECNI	COS DI	EL INSTR	UMENTO		I	I. DATO	S TECNIC	COS EC	QUIPOS DE	E MEDICIÓN		
Área		Galeria_	M1			Ca	librador	(R-100	C	alibrador	FLUKE 772
Equipo	Skid C	ojinete Gu	uia Turbina			-	Serie	72	299116		Serie 4	12740296W8
UG		200036	35			Ce E Cal	rtificado ibración	EE-0	891-2022		ertíficado E	E-0892-2022
F. Verificación		16/07/2	022			PF. Ca	aliración	4/	05/2022	PE. C	Caliración	3/05/2022
		e										
*Realizar coordinaci	onesyp	o permisos co	on Operacione	es y Segurid	ad. *	PF. Calibr	ación = Prć	xima Fe	echa de Calibi	ración del Equip	o Patrón/Calibr	ador.
*F. Calibarción = Feo	ha de ca	alibración.			*	F. Verifica	ición = Fecl	ha en la	queseestai	realizando la ve	erificación del ins	strumento.
IV. DATOS DEL I	NSTRU		05170.70	001	0		ACI		_	T		
Tag Car	KKS NDO	01 MEA41 FIE-	.CF132_2Q • MEE 132	001 Tar	Canal PLC naño Sens	65 r	ASI nm. 2.5 Pi	ulgada	s Resi	II po stencia Bob.	Magr 51.5	
Tipo d	e Px		Display	Rai	ngo Fx / Un	0	a 700	L/N	1in C	onexión	Tx 4-20	mA Hart
Descrip	ción F	lujo de A	Agua de Sis	stema de	Enfriamient	odein	ercam b	iador	de Cojine	te Guia Tur	bina	
V. PROTOCOLO	DE MA	ANTENIM	IENTO									
Previo a Mante	nimie	nto		Ma	ntenimiento			1.		Después d	e Mantenim	einto I
Desmontar Inst	ument	t0	-	Lim	pieza General ficación fisico	Display	sitiene	l ok		Montar Inst	rumento tencia de Robi	inas of
Marcar y Verifica	borne	s	ok	Veri	ficacion de Pa	rametro	6	ok		Conexiónar	y Ajustar Borr	nes ok
Mantto campo/la	borato	orio	-	Ajus	ste de Set (zer	o) "Tx o H	lart"	ok		Probar en S	CADA	ok
OBSERV	ACION	V	Verificaci	on de Flu	ijo en tuberi	a con F	ujometr	o Por	tatil Ulltra	asonico.		
VI. PROTOCOLO	DE VE		ION Y CAL	IBRACIÓN	N DE TRANSM	1ISOR P	RESION					
		Verificad	ión Flujo						P	Prueba de Laz	20	
Rango F.S	im. F	. Scada	mA Med.	Error F.					Tx. Teórico	Tx. Medido	Error Tx.	
0% 0 0.0	0	0.10	4.02 mA	0.10					4.0 mA	4.03 mA	0.03	
25% 175 175	00	350.10	8.01 MA	0.00					8.0 mA	8.02 mA	0.02	
75% 525 525	.00	525.00	15.98 mA	0.00				_	16.0 mA	15.99 mA	0.01	
100% 700 700	00											
100 100	.00	700.00	20.00 mA	0.00					20.0 mA	20.02 mA	0.02	
* F. = Flujo E. = E	rror To	700.00 x. = Trans	20.00 mA misor desv	0.00 riación = ±	Error	_			20.0 mA	20.02 mA	0.02	
* F. = Flujo E. = E	rror T) Flu	700.00 x. = Trans ijo vs %	20.00 mA misor desv Porcent	0.00 riación = ± aje	Error	1		С	20.0 mA	20.02 mA	0.02	
* F. = Flujo E. = E	rror T) Flu	700.00 x. = Trans ijo vs %	20.00 mA misor desv Porcent	0.00 liación = ± aje	Error	20	.00	С	20.0 mA	20.02 mA	0.02 Iujo	
* F. = Flujo E. = E	rror T) Flu	700.00 x. = Trans Jjo vs %	20.00 mA misor desv	0.00 iación = ± aje	Error	20	.00	c	20.0 mA	20.02 mA	0.02	
* F.= Flujo E.= E 700.00 600.00	rror T> Flu	700.00 x. = Trans ujo vs %	20.00 mA misor desv	0.00 iación = ± aje	Error	20	.00	C	20.0 mA	20.02 mA	0.02	
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00	Flu	700.00 x. = Trans Jjo vs %	20.00 mA misor desv	0.00 iación = ± aje	Error	20	.00	C	20.0 mA	20.02 mA	0.02	
* F.= Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00	Flu	700.00 x. = Transi 1 jo vs %	20.00 mA misor desv	0.00 iación = ± aje		20 16 4 12	.00 .00	C	20.0 mA	20.02 mA	0.02	
* F.= Flujo E.= E 700.00 600.00 500.00	Flu	700.00 x. = Transi Jjo vs %	20.00 mA misor desv	0.00 ilación = ±	Error	20 16 42 12	00	C	20.0 mA	20.02 mA	0.02	
* F.= Flujo E.= E 700.00 600.00 500.00 500.00	Flu	700.00 x. = Trans ijo vs %	20.00 mA misor desv	0.00 iación = ± aje		s rriente 15 16 16		C	20.0 mA	20.02 mA	0.02	
* F.= Flujo E.= E 700.00 500.00 500.00 500.00 200.00	Flu	700.00 x. = Trans ujo vs %	20.00 mA misor desv	0.00 iación = ±		Corriente 16 16 16 12 8 8		C	20.0 mA	20.02 mA	0.02	
* F.= Flujo E.= E 700.00 600.00 500.00 90.000 90.000 90.000 90.000 9000 90.000 9000 9000	Flu	700.00 x. = Trans ujo vs %	20.00 mA misor desv	0.00 iación = ±		Corriente Corriente 8 8 8 4		C	20.0 mA	20.02 mA	0.02	
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00 500.00 500.00 500.00 500.00 500.00 500.00 500.00 500.00 500.00 500.00	Flu	700.00 x. = Trans ijo vs %	Porcent	0.00 iación = ±		20 16 Corriente 12 8 CO 14		C	20.0 mA	20.02 mA	0.02	
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00 400.00 200.00 100.00	Flu	700.00 x. = Trans ijo vs %	22.00 mA misor desv	0.00 iación = ±		20 16 Corriente BA 4 0		C	20.0 mA	2002 mA	0.02	
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00	FIL	700.00 x. = Trans ijo vs %	120.00 mA misor desu Porcent	0.00 iación = ± aje		20 16 Corriente 12 20 16 12 12 12 14 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		C	20.0 mA	20.02 mA e Ideal vs F	0.02 	
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00 500.00 500.00 500.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	Flu	700.00 x. = Trans: ujo vs %	120.00 mA misor desv Porcent	0.00 iación = ± aje	Error	Corriente Corriente Corriente A 0		C C	20.0 mA Forriente	20.02 mA e Ideal vs F 350 Flugo L/m nico	0.02	
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00 500.00 500.00 0 200.00 0 200.00 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Flu	700.00 x. = Trans: ujo vs %	120.00 mA misor desv Porcent	0.00 ilación = ± aje	Error			C	20.0 mA corriente	20.02 mA e Ideal vs F 350 Flujo L/m rico –	0.02	700
* F. = Flujo E. = E 700.00 500.00 500.00 500.00 0 200.00 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	FiL	700.00 x. = Trans ijo vs %	20.00 mA misor desv p Porcent 50% Porcentaje	0.00 ilación = ± aje	Error	20 16 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20		C	20.0 mA corriente	20.02 mA e Ideal vs F	0.02	700
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00 500.00 200.00 0 200.00 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	FiL	700.00 x. = Trans ijo vs %	120.00 mA misor desv Porcent	0.00 ilación = ± aje	Error	20 16 9 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2		C	20.0 mA corriente 175 - mA Teor	20.02 mA e Ideal vs F s Ideal v	525 Sz5 Sz5 Sz5 Sz5 Sz5 Sz5 Sz5 Sz	700
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00 400.00 200	Flu Flu	700.00 x. = Trans ijo vs % 	120.00 mA misor desv Porcent	0.00 ilación = ± aje	 Error 			C	20.0 mA	20.02 mA e Ideal vs F s Ideal vs Ideal	0.02	700 700
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00 500.00 100.00 0.0	FIL FIL	700.00 x. = Trans ijo vs % 25% = F. Teoric e Flujom	120.00 mA misor desu porcent	0.00 ilación = ± aje	Error 100% C Feraday's E = k*E	20 16 4 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9		с • •	20.0 mA corriente	20.02 mA e Ideal vs F state of the state o	0.02 ilujo 525 in mAMedido in Instrument Instrumento error mA	700
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00 500.00 100.00 0.0	Flue	700.00 x. = Trans ijo vs % 25% = F. Teoric e Flujom	120.00 mA misor desv Porcent	0.00 ilación = ± aje	Error 100% 0 Faraday's E = ktB Comparison of the second sec	20 16 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22 22		с •	20.0 mA	20.02 mA e Ideal vs F s Ideal vs Id	0.02	700 700 700 700 700
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00 500.00 500.00 0.0	Flue	700.00 x. = Trans ijo vs % 25% = F. Teoric e Flujom	120.00 mA misor desv Porcent 50% Porcentaje	0.00 ilación = ± aje	Error 100% 0 Faraday's E = k*E	20 16 2 2 2 2 2 2 2 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3 2 3		с •	20.0 mA corriente	20.02 mA e Ideal vs F state of the state o	0.02 ilujo stational sz5 in mAMedido in Instrument Instrument Instrument Instrument or TN PA: or Scada	Too Pass X Pass Pass Pass Pass
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00 500.00 200.00 0.0	Flue	700.00 x. = Trans ijo vs % ijo vs % 25% F. Teoric a Flujom	120.00 mA misor desv Porcent 50% Porcentaje	0.00 ilación = ± aje	Error 100%	20 16 22 12 25 8 0 0		с •	20.0 mA corriente 175 — mA Teor	20.02 mA e Ideal vs F e Ideal vs F state of the state of the state state of the state of the sta	0.02	700 700 20 Pass 2 Pass 2 Pass 2 Pass 2 Pass 2 Pass 2 Pass 2 Pass 2 Pass 2 Pass
* F. = Fluip E = E 700.00 500.00 500.00 200.00	Flue	700.00 x. = Trans ijo vs % 25% - F. Teoric e Flujom	20.00 mA misor desv Porcent	0.00 ilación = ± aje	Error 100% Faraday's E = K*E Constraints				20.0 mA corriente 175 mA Teor	20.02 mA e Ideal vs F s Ideal vs F 350 Flujo L/m fico L/m fico L/m trace L Limite der Limite der Limite der Limite der Limite der Limite der Limite der Limite der	0.02	Too Too Pass Pass Pass Pass Pass Pass
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00 500.00 100.00 0.00 0.00 Leye TEST R	FIL FIL and a de	700.00 x. = Trans ijo vs % 25% = F. Teoric e Flujome (ADO)	120.00 mA misor desv Porcent	0.00 ilación = ± aje	Error 100% C		00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00		20.0 mA corriente 175 - mA Teor	20.02 mA e Ideal vs F e Ideal vs F store store flujo L/mite de Límite de Límite de Límite der Límite erro	0.02	700 700 700 700 700 700 700 700 700 700
* F. = Flujo E. = E 700.00 600.00 500.00 9 300.00 9 200.00 100.00 0.00 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Flue	700.00 x. = Trans ijo vs % ijo vs % zs% E. Teoric a Flujom Kado Kad	120.00 mA misor desv Porcent	0.00 iación = ± aje	Error 100% 0 Earaday's E = k*E		00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00		20.0 mA corriente 175 ma Teor N BUEN ES	20.02 mA e Ideal vs F e Ideal vs F store store flujo L/m fico L/m	0.02 Flujo 525 525 525 525 525 525 526 526	700 700 700 700 700 700 700 700



REGISTRO FOTOGRAFICO DE INSPECCION Y CONTRASTE SISTEMA COJINETE TURBINA

VERIFICACION DE INSTR.EN TALLER

CONTRASTE DE SEÑAL EN CAMPO



CONTRASTE DE INSTRUMENTOS DE CONO



CONTRASTE DE INSTRUMENTOS SKID







Universidad Nacional del Altiplano Puno



Vicerrectorado de Investigación



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo WILHER POGGER LINDCHI VIDRONTE.

🗆 Escuela Profesional, 🗖 Programa de Segunda Especialidad, 🖾 Programa de Maestría o Doctorado

MOESTRIO EN GENCESS DE LO INGENIRAÍS MECÓNICO ELECTRICA

informo que he elaborado el/la 🖾 Tesis o 🗆 Trabajo de Investigación denominada:

PNOLISIS VO		UL LAUTA	usn	IFF UND LORD		
HIDEDULKO	DE TIPS	FRONCIS	EN	CONDICIONES	DE	
OPERDUDÍ	DELA C.	H. CHOGLLO				"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

IS de ENERO del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella







Universidad Nacional

del Altiplano Puno





AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo WILHER ROZGER LIRACH. ULA ROPTE identificado con DNI 43244013 en mi condición de egresado de:

🗆 Escuela Profesional, 🗖 Programa de Segunda Especialidad, 🖾 Programa de Maestría o Doctorado

MOESTALD EN GENCLOS DE LO INGENIERIÓ MELÓNICO ÉLECTRICA informo que he elaborado el/la E Tesis o D Trabajo de Investigación denominada:

	DNDU	SLS	DEL	EFE	as	DE	COVITO	uér	EN	UND	TUR.	BIND	Hix	Deau	LICO
_	OE T	ipo	FRE	Nas	EN	Co	VDICLONE	1 0	2 0	PERDO	ion	DEU	5 (с. н.	
	CHOGL	-10													,,

para la obtención de 🖾 Grado, 🗆 Título Profesional o 🗆 Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <u>https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/</u>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno <u>lS</u> de ENERS	del 20 <u>24</u>
FIRMA (obligatoria)	Huella