



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“REPOTENCIACIÓN DEL BANCO DE LA TURBINA TURGO Y  
EL GENERADOR EN EL LABORATORIO DE  
TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE  
MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

**RICHARD ROBERTO RUIZ CÓRDOVA**

**ANDRÉS GEOVANNY VILLACRÉS VALLE**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“REPOTENCIACIÓN DEL BANCO DE LA TURBINA TURGO Y  
EL GENERADOR EN EL LABORATORIO DE  
TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE  
MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES: RICHARD ROBERTO RUIZ CÓRDOVA**

**ANDRÉS GEOVANNY VILLACRÉS VALLE**

**DIRECTOR: Ing. FÉLIX ANTONIO GARCÍA MORA**

Riobamba – Ecuador

2022


**©2022, Richard Roberto Ruiz Córdova & Andrés Geovanny Villacrés Valle**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca los Derechos de Autores.

Nosotros, Richard Roberto Ruiz Córdova y Andrés Geovanny Villacrés Valle declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

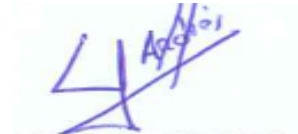
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 21 de diciembre de 2022



---

Richard Roberto Ruiz Córdova  
C.I. 0202089595



---

Andrés Geovanny Villacrés Valle  
C.I.0605202043

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, “**REPOTENCIACIÓN DEL BANCO DE LA TURBINA TURGO Y EL GENERADOR EN EL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH**”, realizado por los señores: **RICHARD ROBERTO RUIZ CÓRDOVA Y ANDRÉS GEOVANNY VILLACRÉS VALLE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2022-12-21
Ing. Félix Antonio García Mora <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 _____	2022-12-21
Ing. Edwin Ángel Jácome Domínguez <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	 _____	2022-12-21

## **DEDICATORIA**

Este logro lo dedico en especial a mis padres que han sido el pilar fundamental para continuar en la carrera y gracias a su apoyo incondicional puedo seguir siempre adelante con cada propósito que me propongan.

Richard

Este proyecto de titulación está dedicado primeramente a Dios, por la vida que me ha otorgado y en especial a la fuente de mi fortaleza a mi madre Digna Emérita Valle Erazo y mi padre Alcides Rigoberto Villacrés Erazo, a mis hermanos quienes fueron mi motivación en toda la trayectoria académica con el objetivo de verme profesional quienes han sido muy esenciales para planificar objetivos con dirección al éxito y tener en un futuro muchos triunfos.

Andrés

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecido con Dios por tener a toda mi familia con vida, así como también a mis padres quienes están pendiente de todas las cosas y me apoyan siempre con su amor incondicional para que yo pueda salir siempre adelante, también agradezco a mis hermanos quienes me apoyan de manera incondicional y como no agradecer a la ESPOCH en especial a la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial que ha sido como mi segundo hogar, lugar donde pase la mayor parte de mi tiempo.

Richard

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería en Mantenimiento Industrial por darme la oportunidad de obtener una profesión y estar capacitado para servir a la sociedad y en especial a todos los docentes y amigos que me apoyaron de una u otra manera para finalizar con éxito una etapa muy importante de mi vida.

Andrés

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación y actualidad.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1. Turbinas hidráulicas.....	5
2.2. Clasificación de las turbinas hidráulicas.....	5
2.2.1. <i>Turbinas de acción</i> .....	5
2.2.2. <i>Turbina de reacción</i> .....	5
2.2.3. <i>Turbina Turgo</i> .....	6
2.2.4. <i>Partes principales de la turbina Turgo</i> .....	6
2.2.5. <i>Rodete</i> .....	6
2.2.6. <i>Distribuidor</i> .....	7
2.2.7. <i>Álabes</i> .....	7
2.2.8. <i>Carcasa</i> .....	8
2.2.9. <i>Inyectores</i> .....	8
2.2.10. <i>Principio de funcionamiento de la turbina Turgo</i> .....	8



<b>2.3.</b>	<b>Generador</b> .....	9
<b>2.3.1.</b>	<i>Características del generador</i> .....	9
<b>2.3.2.</b>	<i>Componentes del generador</i> .....	10
<b>2.3.3.</b>	<i>Principio de funcionamiento del generador</i> .....	10
<b>2.3.4.</b>	<i>Aplicaciones</i> .....	10
<b>2.4.</b>	<b>Instrumentación</b> .....	11
<b>2.4.1.</b>	<i>Medidores de presión</i> .....	11
<b>2.4.2.</b>	<i>Medidores de voltaje</i> .....	12
<b>2.4.3.</b>	<i>Manómetros de presión</i> .....	12
<b>2.4.4.</b>	<i>Sensores</i> .....	12
<b>2.4.5.</b>	<i>Caudalímetro</i> .....	13
<b>2.4.6.</b>	<i>Bomba centrífuga</i> .....	13
<b>2.4.7.</b>	<i>Principio de funcionamiento</i> .....	13
<b>2.5.</b>	<b>Corrosión</b> .....	14
<b>2.5.1.</b>	<i>Corrosión por picadura</i> .....	14
<b>2.6.</b>	<b>Sistema SCADA</b> .....	15
<b>2.6.1.</b>	<i>Principales compones del sistema Scada</i> .....	15
<b>2.7.</b>	<b>LabVIEW</b> .....	15
<b>2.8.</b>	<b>Pernos de anclaje</b> .....	15
<b>2.8.1.</b>	<i>Tipos de perno de anclaje</i> .....	16
<b>2.8.2.</b>	<i>Principales fórmulas para la selección del perno de anclaje</i> .....	17
<b>2.8.3.</b>	<i>Volumen de un rectángulo</i> .....	17
<b>2.8.4.</b>	<i>Densidad</i> .....	18
<b>2.8.5.</b>	<i>Fuerza cortante</i> .....	18
<b>2.8.6.</b>	<i>Peso específico</i> .....	18
<b>2.9.</b>	<b>Medidores de Espesores</b> .....	19
<b>2.9.1.</b>	<i>Medidor 72DL PLUS</i> .....	19
<b>2.9.2.</b>	<i>Medidor 38DL PLUS</i> .....	20
<b>2.10.</b>	<b>Baroscopio</b> .....	20
<b>2.11.</b>	<b>Ensayo de líquidos penetrantes</b> .....	20
<b>2.11.1.</b>	<i>Procedimiento para la aplicación del kit de tintas penetrantes</i> .....	21

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL BANCO DE LA TURBINA TURGO</b> .....	22
<b>3.1.</b>	<b>Estado de los componentes de la turbina Turgo</b> .....	22

3.1.1.	<i>Desmontaje de los componentes</i> .....	24
3.1.2.	<i>Herramientas y equipos usados para el desmontaje y el mantenimiento de componentes</i> .....	25
3.1.3.	<i>Mantenimiento de los componentes</i> .....	25
3.2.	<b>Tanque de reservorio de agua</b> .....	26
3.2.1.	<i>Retiró del veredero triangular</i> .....	26
3.2.2.	<i>Condiciones del tanque de reservorio</i> .....	26
3.3.	<b>Pruebas de ensayos no destructivos</b> .....	27
3.3.1.	<i>Condición de la tubería</i> .....	27
3.4.	<b>Ensayo de tintas penetrantes</b> .....	28
3.4.1.	<i>Los pasos a seguir para la realización del ensayo son los siguientes</i> .....	29
3.5.	<b>Ensayo de medidor de espesores</b> .....	30
3.5.1.	<i>Resultado de las medidas de espesores</i> .....	31
3.6.	<b>Retiró de pintura del tanque reservorio de agua</b> .....	32
3.6.1.	<i>Aplicación del desoxidante</i> .....	32
3.6.2.	<i>Aplicación del removedor de pintura</i> .....	33
3.6.3.	<i>Aplicación del fondo primer</i> .....	33
3.7.	<b>Turbina Turgo y generador</b> .....	35
3.8.	<b>Bomba centrífuga</b> .....	35
3.9.	<b>Manómetros de presión</b> .....	36
3.10.	<b>Cálculo del perno de anclaje</b> .....	36
3.11.	<b>Sensores</b> .....	39
3.12.	<b>Tarjeta de adquisición de datos</b> .....	39
3.13.	<b>Tablero de control</b> .....	40
3.14.	<b>Tubería</b> .....	40

#### **CAPÍTULO IV**

4.	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	42
4.1.	<b>Resultados del mejoramiento</b> .....	42
4.2.	<b>Montaje de los componentes y elementos</b> .....	44
4.3.	<b>Turbina Turgo y el generador</b> .....	44
4.4.	<b>Bomba centrífuga</b> .....	45
4.5.	<b>Panel de control</b> .....	45
4.6.	<b>Instrumentación</b> .....	46
4.7.	<b>Programación en LabVIEW</b> .....	46

<b>4.8.</b>	<b>Codificación</b> .....	47
<b>4.9.</b>	<b>Plan de mantenimiento</b> .....	47
<b>4.10.</b>	<b>Datos de funcionamiento</b> .....	48
<b>4.10.1.</b>	<i>Datos de la velocidad del fluido</i> .....	49
<b>4.10.2.</b>	<i>Datos del caudal</i> .....	49
<b>4.10.3.</b>	<i>Datos de la presión diferencial de la bomba</i> .....	49
<b>4.10.4.</b>	<i>Datos de la presión de entrada generador</i> .....	50
<b>4.10.5.</b>	<i>Datos de las revoluciones</i> .....	50
<b>4.10.6.</b>	<i>Temperatura del generador</i> .....	50
<b>4.10.7.</b>	<i>Datos del voltaje del generador</i> .....	50
<b>4.10.8.</b>	<i>Potencia del generador</i> .....	51
<b>4.10.9.</b>	<i>Potencia de la turbina</i> .....	51
<b>4.10.10.</b>	<i>Rendimiento mecánico</i> .....	52
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	53
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	54
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Tipos de pernos de anclaje .....	16
<b>Tabla 1-3:</b>	Estado de los componentes de la turbina Turgo y el generador .....	23
<b>Tabla 2-3:</b>	Resultados del medidor de espesores .....	31
<b>Tabla 1-4:</b>	Resultados del mejoramiento de elementos y componentes .....	42
<b>Tabla 2-4:</b>	Codificación según la norma ISO14224.....	47
<b>Tabla 3-4:</b>	Cronograma del plan de mantenimiento.....	47
<b>Tabla 4-4:</b>	Velocidad del fluido .....	49
<b>Tabla 5-4:</b>	Caudal.....	49
<b>Tabla 6-4:</b>	Presión diferencial de la bomba .....	49
<b>Tabla 7-4:</b>	Presión del generador .....	50
<b>Tabla 8-4:</b>	Revoluciones del generador .....	50
<b>Tabla 9-4:</b>	Tabla de la temperatura .....	50
<b>Tabla 10-4:</b>	Tabla del voltaje del generador .....	51
<b>Tabla 11-4:</b>	Potencia del generador .....	51
<b>Tabla 12-4:</b>	Potencia de la turbina .....	51
<b>Tabla 13-4:</b>	De rendimiento mecánico.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Turbina Turgo.....	6
<b>Figura 2-2:</b>	Rodetes de una turbina Turgo .....	6
<b>Figura 3-2:</b>	Distribuidor de una turbina Turgo.....	7
<b>Figura 4-2:</b>	Álabes de una turbina Turgo .....	7
<b>Figura 5-2:</b>	Carcasa de una turbina Turg.....	8
<b>Figura 6-2:</b>	Inyector de una turbina Turgo .....	8
<b>Figura 7-2:</b>	Generador accionado por una turbina.....	9
<b>Figura 8-2:</b>	Generador de corriente continua .....	10
<b>Figura 9-2:</b>	Esquema de planta de control de nivel .....	11
<b>Figura 10-2:</b>	Regulador de presión de gas.....	11
<b>Figura 11-2:</b>	Válvula reguladora de presión.....	12
<b>Figura 12-2:</b>	Sensor de temperatura y humedad relativa.....	13
<b>Figura 13-2:</b>	Bomba de eje libre.....	14
<b>Figura 14-2:</b>	Tubería de revestimiento corroídas .....	14
<b>Figura 15-2:</b>	Corrosión por pitting .....	15
<b>Figura 16-2:</b>	Partes de un anclaje .....	16
<b>Figura 17-2:</b>	Volumen de un cubo.....	18
<b>Figura 18-2:</b>	Medidor de Espesor 72DL PLUS .....	19
<b>Figura 19-2:</b>	Medidor de Espesor 38DL PLUS .....	20
<b>Figura 20-2:</b>	Ensayo de tintas penetrantes.....	21
<b>Figura 21-2:</b>	Aplicación del revelador .....	21
<b>Figura 1-3:</b>	Banco de la turbina Turgo y generador .....	22
<b>Figura 2-3:</b>	Desmontaje del banco de los componentes .....	25
<b>Figura 3-3:</b>	Retiró del vertedero triangular del tanque reservorio.....	26
<b>Figura 4-3:</b>	Cubrimiento de agujeros en el tanque reservorio .....	26
<b>Figura 5-3:</b>	Retiró del vertedero triangular .....	27
<b>Figura 6-3:</b>	Retiró del vertedero triangular .....	27
<b>Figura 7-3:</b>	Corrosión en las uniones de la tubería.....	28
<b>Figura 8-3:</b>	Corrosión en la perforación de la tubería .....	28
<b>Figura 9-3:</b>	Kit de tintas penetrantes .....	29
<b>Figura 10-3:</b>	Aplicación del revelador .....	30
<b>Figura 11-3:</b>	Equipo para medir espesores.....	30
<b>Figura 12-3:</b>	Pieza calibrada de 1mm.....	30

<b>Figura 13-3:</b>	Mediciones de espesores .....	31
<b>Figura 14-3:</b>	Eliminación de pintura .....	32
<b>Figura 15-3:</b>	Aplicación del desoxidante .....	32
<b>Figura 16-3:</b>	Retiró de pintura sobrante .....	33
<b>Figura 17-3:</b>	Aplicación del fondo primer.....	33
<b>Figura 18-3:</b>	Recubrimiento de espuma flex .....	34
<b>Figura 19-3:</b>	Aplicación de resina y fibra de vidrio .....	34
<b>Figura 20-3:</b>	Retiró de pintura externa del tanque.....	35
<b>Figura 21-3:</b>	Retiró de pintura de la turbina Turgo y el generador .....	35
<b>Figura 22-3:</b>	Retiró de pintura de la bomba centrífuga .....	36
<b>Figura 23-3:</b>	Manómetros de presión .....	36
<b>Figura 24-3:</b>	Limpieza de sensores.....	39
<b>Figura 25-3:</b>	Limpieza de la tarjeta de adquisición de datos .....	40
<b>Figura 26-3:</b>	Desmontaje de los elementos del tablero .....	40
<b>Figura 27-3:</b>	Desmontaje de los elementos del tablero .....	41
<b>Figura 1-4:</b>	Montaje de componentes.....	44
<b>Figura 2-4:</b>	Montaje de componentes.....	45
<b>Figura 3-4:</b>	Montaje de componentes.....	45
<b>Figura 4-4:</b>	Montaje del panel de control .....	46
<b>Figura 5-4:</b>	Montaje del panel de control .....	46
<b>Figura 6-4:</b>	Visualización del banco en LabVIEW .....	47

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>Wt:</b>	Peso de la turbina.
<b>Wt:</b>	Peso del tanque.
<b>Wh:</b>	Peso del agua.
<b>W:</b>	Peso total.
<b><math>\tau_f</math>:</b>	Esfuerzo cortante según el fabricante.
<b><math>\tau_E</math>:</b>	Esfuerzo cortante.
<b>Fs:</b>	Factor de seguridad.
<b>v:</b>	Voltaje.
<b>vh:</b>	Volumen del agua.
<b>vtq:</b>	Volumen de acero.

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** ENSAYO CON EL VIDEOSCOPIO
- ANEXO B:** ENSAYO CON LAS TINTAS PENETRANTES
- ANEXO C:** FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA CENTRÍFUGA
- ANEXO D:** HOJA DE TARES DE MANTENIMIENTO
- ANEXO E:** DÍAGRAMA DE BLOQUES EN SOFTWARE LABVIEW
- ANEXO F:** REPORTE DE DATOS EN EXCEL
- ANEXO G:** EJECUCIÓN DE LA CUARTA TAREA
- ANEXO H:** GUÍA DE PRÁCTICAS
- ANEXO I:** CIRCUITO DE MANDO Y POTENCIA



## RESUMEN

El presente Trabajo de Integración Curricular tiene como objetivo la repotenciación del banco de la turbina Turgo y el generador en el Laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH. Para lo cual se realizó una inspección visual y prueba de funcionamiento donde se determinó la pérdida de la función del sistema, posteriormente se aplicó ensayos no destructivos para determinar el estado técnico, mediante tintas penetrantes y medición de espesores. A continuación, se procedió al desmontaje y despiece, así también se ejecutó varias tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, las cuales fueron repotenciación de la turbina, tuberías, instrumentos de medición y el tablero de control, donde se rediseño el mismo para optimizarlo mediante 2 tableros, tanto para la bomba y el sistema de control, también se intervino el tanque de agua con la aplicación de resina, fibra de vidrio y una capa de pintura para mitigar la corrosión, a su vez se procedió a adecuar el espacio físico con una nueva cementación y pernos de anclaje en una nueva ubicación, por último se procedió al montaje, anclaje del sistema y la actualización del Software mediante el sistema SCADA como herramienta de automatización y control, con una interfaz desarrollada en LAbVIEW, lo que permitió visualizar los parámetros de funcionamiento de la presión, caudal, temperatura, voltaje y rpm de los instrumentos de medición instalados en el sistema. Como resultados se obtuvo la restauración total del sistema, instalación de nuevos instrumentos de medición y actualización del software facilitando la recolección de información. En conclusión, se obtuvo la optimización de recursos y espacio físico acorde los lineamientos planteados y la obtención de un banco de pruebas optimo y didáctico para la plantilla estudiantil. Se recomienda la limpieza periódica del módulo y evitar el ingreso de objetos al sistema de bombeo.

**Palabras clave:** <REPOTENCIACIÓN>; <BANCO DE PRUEBAS>; <TURBOMÁQUINAS>; <SISTEMA SCADA>; <ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS>.

0251-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

This Curricular Integration Work aims to repower the Turgo turbine bench and the generator in the Hydraulic Turbomachinery Laboratory of Mechanics Faculty at ESPOCH. A visual inspection and functional test were carried out, where the loss of function of the system was determined. Later, non-destructive tests were applied to determine the technical state through penetrating inks and thickness measurement. Next, the disassembly and quartering were carried out, as well as several preventive and corrective maintenance tasks, which were repowering the turbine, pipes, measuring instruments, and the control panel, which was redesigned to optimize it through 2 boards. Both for the pump and the control system. The water tank was also intervened with the application of resin, fiberglass, and a layer of paint to mitigate corrosion. In turn, we proceeded to adapt the physical space with a new cementation and anchor bolts in a new location. Finally, we moved to the assembly, anchoring of the system, and updating of the Software through the SCADA system as an automation and control tool, with an interface developed in LabVIEW, which allowed visualizing the operating parameters of pressure, flow, temperature, voltage and rpm of the measuring instruments installed in the system. As a result, the total restoration of the design, installation of new measurement instruments, and software updating were obtained, facilitating information collection.

**Keywords:** <REPOWERING>; <TEST BENCH>; <TURBOMACHINES>; <SCADA SYSTEM>; <NON-DESTRUCTIVE TESTING>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

## INTRODUCCIÓN

La Facultad de Mecánica de la ESPOCH cuenta con laboratorios en donde los estudiantes pueden realizar sus prácticas y así reforzar los conocimientos adquiridos en clases con su docente es así que en el laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica se encuentran varios bancos entre ellos el banco de la turbina Turgo y el generador, el cual ha sido utilizado para reforzar los conocimientos de los estudiantes mediante prácticas siendo su finalidad la generación de energía eléctrica.

La turbina Turgo es un equipo de acción, la cual aprovecha la presión atmosférica del medio ambiente y su velocidad del caudal para generar energía cinética y energía potencial considerándose un sistema abierto, al realizar su montaje facilita la instalación que puede ser instalado vertical o horizontal en un sistema de generación de energía. Se caracteriza por ser una turbina de impulso ya que es una derivación de la Pelton con la ventaja que la presión del agua no cambia al momento que el agua tiene contacto con los álabes, además pueden manejar flujos de agua mucho mayor que la Pelton también se caracteriza por su bajo costo de fabricación y su gran desempeño siendo muy utilizadas en sectores donde no tienen acceso del servicio eléctrico.

El banco de pruebas de la turbina Turgo realiza la adquisición de datos a través del software LABVIEW tomando sus variables principales de un sistema de generación de energía eléctrica las cuales son: presión, temperatura, caudal, rpm. Con la toma de datos se calcula a través de ecuaciones de bombeo las siguientes variables la presión diferencial, velocidad, potencia mecánica, potencia eléctrica y el rendimiento mecánico del banco de pruebas de la turbina Turgo y el generador.

Con los resultados de las variables adquiridas podemos detectar el estado del sistema de la turbina Turgo y el generador permitiendo realizar mantenimientos correctivos, preventivos o basado en la condición para mejorar la disponibilidad del banco de pruebas.

Mediante herramientas de diagnóstico técnico se verifica el espesor del tanque, además se realiza mediciones para verificar la alineación, tomando en cuenta los resultados de los análisis se realiza un mantenimiento preventivo, un manual de operación, seguridad y una guía de prácticas del laboratorio del banco de pruebas de la turbina y el generador y de esta manera obtener un buen rendimiento mecánico, el banco se encuentra ubicada en el laboratorio de Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica.

# **CAPÍTULO I**

## **DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA**

En este capítulo se justificará el desarrollo del proyecto en los antecedentes, el planteamiento del problema, la actualidad y se plateará los objetivos a cumplir.

### **1.1. Antecedentes**

La Facultad de Mecánica desde su inicio, el 3 de abril de 1973, ha ido incorporando varios talleres y laboratorios, los cuales han sido necesarios y valiosos para la formación de los estudiantes que a diario utilizan los laboratorios, permitiendo así aplicar lo aprendido en las aulas. Para lo cual se ha venido trabajando conjuntamente con los estudiantes y docentes en la implementación de diferentes bancos para los laboratorios y de esta manera aportar a la formación académica de los estudiantes, sabemos que en el Ecuador existen poblaciones en donde el alcance de la red de servicio eléctrico todavía no es el adecuado, pero por su misma situación geográfica cuenta con grandes afluencia de agua para lo cual se han realizado pequeñas centrales hidroeléctricas con grandes caídas de agua que existen en esas áreas y son aprovechadas por todas las poblaciones mejorando así su modo de vida (Ambo y Chango,2017:pp.1-2).

Para poder aprovechar los recursos hídricos con los que cuenta nuestro país hoy en día existen la turbina hidráulica que puede ser de acción o reacción, básicamente la turbina tiene una entrada y una salida para poder aprovechar el flujo del agua haciendo mover los álabes que a su vez tiene una conexión con el generador el cual aprovecha para generar energía eléctrica.

La producción de electricidad por medio de turbinas hidráulicas, también llamada hidroeléctrica es muy bien vista a nivel mundial debido a que este tipo de producción eléctrica no es producto de CO2 ni gases invernaderos por lo que es considerada renovable (Pérez, 2019, pp.11) .

### **1.2. Formulación del problema**

En el laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH se encuentra el banco de la turbina Turgo y el generador el cual se encuentra fuera de funcionamiento debido a la falta de un correcto mantenimiento, además el banco ocupa mucho espacio en el laboratorio, también existe muchos accesorios en la tubería de agua lo que provoca que tenga

perdidas de energía en la alimentación del agua a la turbina haciendo que esta sea menos eficiente en su operación.

### **1.3. Justificación y actualidad**

En la actualidad en muchas partes del mundo se busca aprovechar los recursos naturales para la generación de energía eléctrica de una manera limpia y así evitar la contaminación del planeta por usar otros tipos de recursos que incluso son más costosos y que generan una gran contaminación para el medio ambiente, como es el caso del uso de los combustibles fósiles que al ser quemados generan gases que incluso destruyen la capa de ozono estos y otros problemas generados han conllevado a la búsqueda de otras alternativas de energías más limpias y amigables con el medio ambiente .

Es así que surge la necesidad por parte de la sociedad de desarrollar equipos que aprovechen los diversos recursos naturales existentes como el sol, agua, viento. Es ahí cuando intervienen la parte ingenieril que gracias a diversas aportaciones de grandes industrias han logrado ir desarrollando equipos muy eficientes que aprovechen estos recursos, como son las construcciones de grandes plantas eólicas para aprovechar el viento así como también el uso de paneles solares para aprovechar la energía del sol y en nuestro caso el desarrollo de las turbinas hidráulicas que hoy en día son empleadas no solo en nuestro país si no que en grandes estaciones hidroeléctricas del mundo y que gracias a su eficiencia ayudan aprovechar al máximo el recurso hídrico teniendo una energía limpia a costos bajos.

En los últimos años se han ejecutado obras en todo el sector eléctrico ecuatoriano que están encaminadas a garantizar el abastecimiento eléctrico, a través del desarrollo de recursos energéticos locales principalmente priorizando la participación de las energías renovables como las hidroeléctricas, con el fin de contribuir a la diversificación de la matriz energética y permitiéndonos disminuir así el consumo de combustibles fósiles.

Es así que el sector eléctrico ha logrado aumentar significativamente su capacidad instalada teniendo así para el 2018 8.826,89 MW de potencia instalada proveniente el 59,84 % de fuentes renovables, y el 40,16 % correspondiente a fuentes no renovables. Ministerio de energía y recursos naturales no renovables (MERNNR, 2018).

Mediante la aportación de los estudiantes de la Carrera de Mantenimiento Industrial se realizó una gran aportación con su tesis en el año 2017 en donde se implementó un sistema Scada con

LabVIEW para la turbina Turgo con la finalidad de poder controlar sus diferentes parámetros como son las lecturas de presión, caudal, velocidad, temperatura.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. *Objetivo general***

Repotenciar el banco de la turbina Turgo y el generador en el laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

##### **1.4.2. *Objetivos específicos***

Determinar el estado técnico del banco de pruebas mediante herramientas de diagnóstico técnico.

Realizar actividades de mantenimiento preventivos y correctivos del módulo del banco de la turbina Turgo y el generador.

Reprogramar el sistema de adquisición de datos mediante el programa LabVIEW.

Elaborar el plan de mantenimiento y manual de operaciones del banco de pruebas de la turbina Turgo y el generador.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

El marco teórico es la recolección de información de varias fuentes para sustentación del proyecto a ejecutar.

#### **1.5. Turbinas hidráulicas**

Una turbina hidráulica es una turbomáquina motora que aprovecha la energía potencial y cinética de un fluido que pasa a través de ella para producir un movimiento de rotación que a su vez es transferido mediante un eje la misma que es aprovechada ya sea por un generador o bomba (Sandoval, 2019).

#### **1.6. Clasificación de las turbinas hidráulicas**

Las turbinas hidráulicas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- ♣ Turbinas de acción.
- ♣ Turbinas de reacción.

##### **1.6.1. Turbinas de acción**

Esta turbina se caracteriza por aprovechar la variación de la energía cinética del fluido manteniéndose de esta manera constante la presión estática del fluido a su paso por el rotor. Estas turbinas trabajan generalmente a la presión atmosférica, también se caracterizan por ser de admisión parcial y se les puede acoplar con el eje de manera horizontal o vertical. Son utilizadas en grandes saltos y caudales relativamente pequeños. En este grupo están las turbinas Pelton, Michell Banki y Turgo (Paraguay,2022, pp-8-9).

##### **1.6.2. Turbina de reacción**

Una turbina de reacción se caracteriza ya que el fluido sufre un cambio de presión considerable cuando atraviesa por el rodete tal como se muestra la siguiente (Macas y Maza,2018, pp.9).

### 1.6.3. *Turbina Turgo*

La turbina Turgo es una Turbina Hidráulica de impulso figura 1-2, la cual está diseñada para saltos de desnivel medio. Es una Turbomáquina motora de acción, a chorro libre. Fue creada por la compañía “Gilbert Gilkes & Gordon Ltd”, en el año 1919, a partir de la Turbina Pelton (Mohaded,2018, pp-99-100).



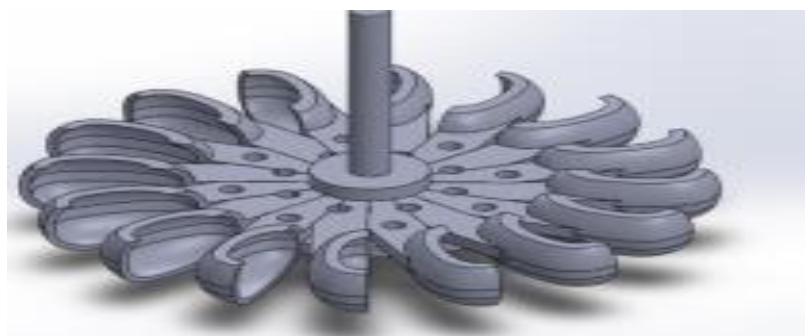
**Figura 1-0:** Turbina Turgo

Fuente: (Cabadñana, P; Oñate A .2016).

### 1.6.4. *Partes principales de la turbina Turgo*

#### 1.6.5. *Rodete*

El rodete o rotor de la turbina Turgo se parece a un rodete de una turbina Pelton, como si a este se le dividiera por las aristas de las cucharas. Para una misma potencia que tiene la turbina Pelton, el rodete de la turbina Turgo tiene la mitad del diámetro que el de un rodete de la turbina Pelton y dobla la velocidad específica. La Turbina Turgo puede manejar un mayor flujo de líquido que la turbina Pelton debido a que el líquido que sale no interfiere con las cucharas figura 2-2 (Mohaded,2018,pp-99-101) .



**Figura 2-0:** Rodetes de una turbina Turgo

Fuente: (Mohaded, M .2018).



### 1.6.6. *Distribuidor*

El distribuidor en la turbina Turgo básicamente es el que permitir la conducción del fluido. El distribuidor en algunos casos cumple el rol de carcasa figura 3-2.



**Figura 3-0:** Distribuidor de una turbina Turgo

Fuente: (Mohaded, M .2018).

### 1.6.7. *Álabes*

Son los que permiten realizar la rotación del eje. Los álabes de la turbina Turgo son muy similares a los de la turbina Pelton en forma de una cuchara, pero dividido por la mitad figura 4-2.



**Figura 4-0:** Álabes de una turbina Turgo

Fuente: (Irazusta, M.2018).

### 1.6.8. *Carcasa*

La función de la carcasa fundamentalmente es cubrir los rodets y los inyectores y también evitar la fuga de fluido hacia la exterior figura 5-2.

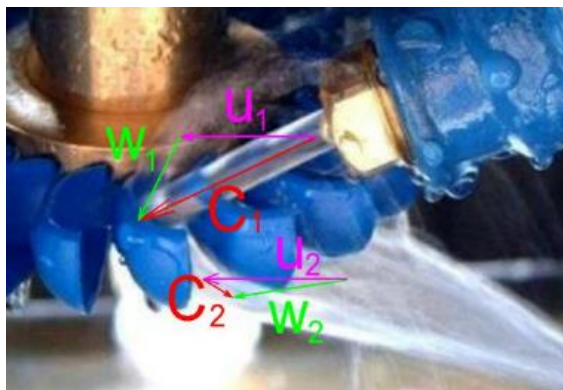


**Figura 5-0:** Carcasa de una turbina Turgo

Fuente: (Irazusta, M.2018).

### 1.6.9. *Inyectores*

La función del inyector es controlar el flujo del fluido que es posteriormente dirigida a los álabes mediante un chorro controlado figura 6-2.



**Figura 6-0:** Inyector de una turbina Turgo

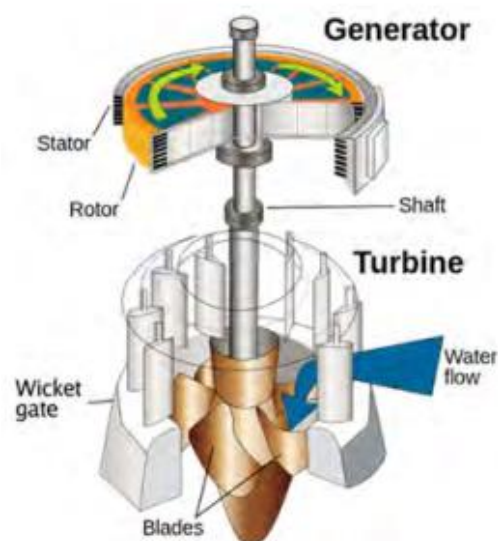
Fuente: (Mohaded, M .2018).

### 1.6.10. *Principio de funcionamiento de la turbina Turgo*

La turbina Turgo es una turbina de impulso, se caracteriza porque el agua no cambia su presión al momento que pasa a través de los álabes de la turbina. La energía potencial del fluido se convierte en energía cinética en la tobera de entrada o inyector. El chorro del fluido a alta velocidad se dirige contra los álabes de la turbina que lo desvían e invierten el flujo. El impulso resultante hace girar el rodete de la turbina, comunicando la energía al eje de la turbina. Finalmente, el fluido sale con muy poca energía. Los rodetes de una turbina Turgo pueden tener un rendimiento por encima del 90% (Ovando, 2018, pp- 7-12).

## 1.7. Generador

Los generadores son máquinas eléctricas que se encargan de transformar la energía mecánica en eléctrica, los equipos de generación son utilizados como unidad, así como también hay equipos que están diseñados para operar en conjunto o en paralelo con el objetivo de generar energía eléctrica suficiente figura 7-2 (Hidalgo,2022, pp-5-6).



**Figura 7-0:** Generador accionado por una turbina

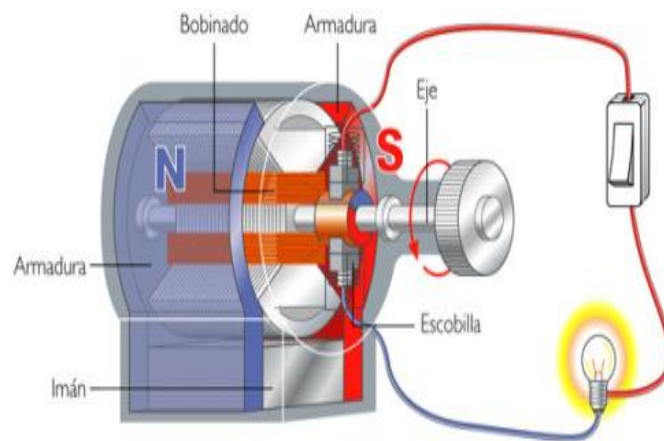
Fuente: (Mendoza,2017, pp.6).

### 1.7.1. Características del generador

Una de sus principales características es la generación de energía eléctrica alterna o continua mediante el aprovechamiento del movimiento de energías externas ya sea química o natural como es el caso de la turbina que aprovecha el flujo hídrico que atraviesa, haciendo girar los álabes y a su vez para dar movimiento al generador eléctrico.

### 1.7.2. Componentes del generador

El generador eléctrico está conformado de una parte fija que constituye el inducido conocido también como el estator y la parte giratoria conocida como el inductor o rotor también existe un espacio entre la parte cilíndrica interna del estator y rotor y se lo conoce como el entrehierro figura 8-2 (Alcantara,2020, pp.33).



**Figura 8-0:** Generador de corriente continua

**Fuente:** (Barrionuevo y Granda ,2011, pp.45)

### 1.7.3. Principio de funcionamiento del generador

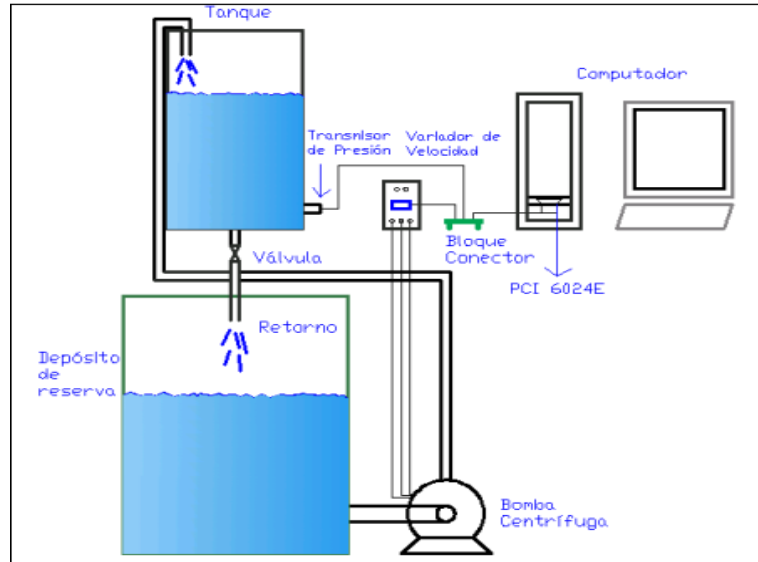
El principio de funcionamiento del generador sincrónico se basa en la ley de inducción de Faraday la cual nos habla sobre la inducción de voltajes en un conductor que atraviesa un campo magnético que es variable en el tiempo, la conversión electromagnética de energía se ejecuta cuando el cambio de flujo se asocia directamente con el movimiento mecánico ,en las máquinas rotatorias los voltajes que se producen en los devanados o bobinas se produce al hacer girar mecánicamente a través de un campo magnético variable en el tiempo (Tonato,2020,pp-6-76).

### 1.7.4. Aplicaciones

Los generadores eléctricos son muy utilizados en la industria, ya que son máquinas que transforma la energía mecánica en eléctrica siendo los encargados de producir electricidad que puede ser utilizada en varias aplicaciones, desde energizar una habitación hasta una industria.

## 1.8. Instrumentación

La instrumentación es el conjunto de instrumentos mediante el cual se puede controlar diferentes parámetros en los procesos como es la presión, temperatura, caudal, nivel de líquido entre otros parámetros figura 9-2.



**Figura 9-0:** Esquema de planta de control de nivel

Fuente: (Leyes y Navarrete,2007, pp.39).

### 1.8.1. Medidores de presión

Los medidores de presión son instrumentos muy utilizados especialmente en la parte de la neumática para brindan información necesaria del proceso y así tener una gran fiabilidad y un buen funcionamiento óptimo en los sistemas hidráulicos figura 10-2.



**Figura 10-0:** Regulador de presión de gas

Fuente: (Vacacela,2011, pp.95).

### 1.8.2. *Medidores de voltaje*

El medidor de voltaje es un instrumento que nos permite medir la diferencia de potencial que existe entre dos puntos su símbolo que le caracteriza del voltaje es V.

### 1.8.3. *Manómetros de presión*

El manómetro es un instrumento que permite medir y hacer una comparación entre la presión atmosférica y el que está en el sistema en el que estamos realizando la medición figura 11-2.



**Figura 11-0:** Válvula reguladora de presión

Fuente: (Carriel y Villacís,2015, pp.79).

### 1.8.4. *Sensores*

Los sensores son aquellos que al detectar cambios ya sea una magnitud como presión, temperatura, velocidad entre otros parámetros envía otro tipo de señal capaz de ser interpretada figura 12-2.



**Figura 12-0:** Sensor de temperatura y humedad relativa

Fuente: (Fernández,2017, pp. 27).

#### **1.8.5. Caudalímetro**

El caudalímetro es un elemento de medición mediante el cual se puede medir caudal, sabemos que el caudal es la cantidad de fluido o volumen que circula en un determinado tiempo a través de un sistema.

#### **1.8.6. Bomba centrífuga**

Una bomba centrífuga o rotodinámica es encargada de transformar la energía mecánica en hidráulica siendo su principal objetivo mover un gran volumen de fluido. Hoy en día existe diferentes clases de bombas centrífugas siendo su característica principal la transformación de energía y esto depende del elemento móvil conocido como impulsor o rodete el mismo que gira en el interior de la carcasa (Dominguez,2020, pp-1-2).

#### **1.8.7. Principio de funcionamiento**

El principio de funcionamiento de una bomba centrífuga consiste en que el líquido entra de una manera axialmente por la tubería hasta el centro del rodete que trabaja mediante la acción de un motor, logrando de esta manera un cambio de dirección haciendo pasar a radial o axial y de esta manera provoca aceleración y trabajo figura 13-2.



**Figura 13-0:** Bomba de eje libre

Fuente: (Dominguez,2020, pp-1-2).

## 1.9. Corrosión

La corrosión de los metales y aleaciones se produce por una reacción electroquímica, un material al estar expuesto bajo agentes corrosivos como del ambiente como el agua, la humedad figura 14-2.



**Figura 14-0:** Tubería de revestimiento corroídas

Fuente: (Oritaza , 2018)

### 1.9.1. Corrosión por picadura

La corrosión por picadura es la afectación en lugares aleatorios del metal, propagándose hacia el interior, es frecuentemente encontrar en los metales que están en contacto con el fluido, la comulación de corrosión desgasta la superficie del metal la cual pierde las propiedades y tiende hacer más frágil provocando una rotura en el metal figura 15-2 (Chamorro, 2021, pp-19).





**Figura 15-0:** Corrosión por pitting

Fuente: (Paredes ,D ,de NCH LATAM, 2021)

## **1.10. Sistema SCADA**

El sistema SCADA nos permite examinar y tener un control de los diferentes parámetros dentro de un proceso, también nos permite tener el acceso a la información de los parámetros controlados mediante un informe ya sea en una hoja de Excel o en otro tipo de documentos.

### **1.10.1. Principales compones del sistema Scada**

El sistema Scada se compone básicamente de tres partes fundamentales que son:

- ◆ Unidades como la RTU, UTR y otras extensiones
- ◆ Estación Master, así como también computadora con HMI. (Interfaz hombre maquina)
- ◆ La parte de comunicación

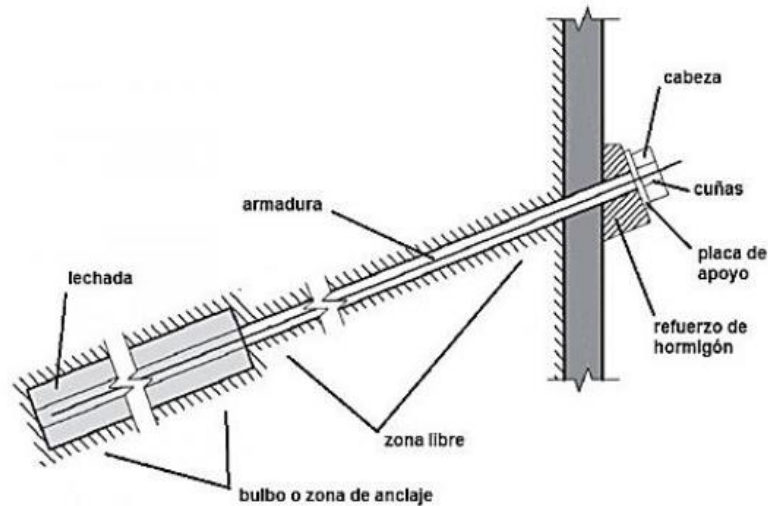
## **1.11. LabVIEW**

Es un entorno donde se puede programar los diferentes procedimientos de una empresa, mediante gráficas que permita al usuario visualizar los parámetros a controlar, haciendo que los procesos sean más fiables y eficientes a la vez.

## **1.12. Pernos de anclaje**

Los pernos de anclaje se los conoce como una barra de acero, que al anclar a un elemento endurecido transmite diferentes fuerzas aplicadas al sujetar la superficie, al reunir estas

características se lo denomina perno de anclaje. Este elemento también puede ser considerado como sostenimiento metálico temporal, y su trabajo se realiza por la resistencia mecánica al desplazamiento en toda su longitud figura 16-2 (LLANOS, 2021).



**Figura 16-0:** Partes de un anclaje

Fuente: (Gansino y Tapia, 2021, pp.3).

### 1.12.1. Tipos de perno de anclaje

En la siguiente tabla se dará conocer los diferentes tipos de pernos de anclaje mayormente utilizados tabla 1-2.

**Tabla 1-0:** Tipos de pernos de anclaje

Tipos de pernos	Características
Anclaje de cuña para cementación	<p>Lista de cifras bajo IBC/IRC para concreto con grietas y sin fisuras, según la norma: ICC-ES ESR-3037</p> <p>Condiciones de carga sísmica y estática</p> <p>Estudios horizontales, verticales y sobre cabeza.</p> <p>Grosor mínimo de concreto de 3 1/4" y un espesor de concreto de densidad liviana sobre tablado de metal de 21/2" y 31.</p> <p>Se instala con herramientas de diagnóstico y tamaños de brocas comunes</p>
Anclaje de tornillo de servicio bruto	<p>Enumeración de cifras bajo IBC/IRC de acuerdo con ICC-ES AC193 para concreto con grietas y sin fisuras, según ICC-ES ESR-2713.</p> <p>Contextos de cargas estáticas y sísmicas para el anclaje.</p> <p>Delineación de roscas de sagacidad para transportar eficientemente la carga al material base al concreto de la cementación.</p> <p>Tamaños en fracciones estándar.</p> <p>Sumario de método térmico técnico que produce dureza en la punta para optimar el proceso de corte sin enredar la adaptabilidad.</p> <p>Las pruebas descubren se apuesta en concreto con un 50% menos de torsión que los anclajes de la capacidad.</p>

	La cabeza de arandela hexagonal no requiere un anillo adicional y sirve una apariencia limpia después de puesta. Amovible ideal para anclaje temporal
Acople varilla a presión	Engranajes de corte aserrados y la delineación de rosca patentado La causa de método térmico especializado crea dureza en la punta para mejorar el proceso de corte sin involucrar la ductilidad. No se requieren herramientas de diagnóstico, inserciones especiales. El acople de varilla Titen HD Compatible con varillas roscadas de 3/8 in y 1/2 in de diámetro
Acople de cuña	Se encuentra en la lista de cifras bajo IBC/IRC para unidades de mampostería de ceñido rellenas de mortero, según ICC-ES ESR-1396 El sujetador envolvente de una sola pieza El excesivo roscado está biselado Disponible en una amplia gama de diámetros y longitudes
Anclaje de auto penetración	Enumeración de códigos bajo IBC/IRC para concreto con fisuras y sin fisuras, como ICC-ES ESR-2705. Auto penetración Competente para condiciones de carga sísmica y estática La barra de acero dúctil El diseño personal del cono de solaz de baja fricción La ordenación no requiere de una barrena especial ni de operaciones de perforación sustitutas La superior está estampada con el signo "≠".
Anclaje roscado e hilos internamente (DÍAB)	Nuevo diseño permite una disposición más fácil se ajusta con una cantidad 40% mínimo de golpes de martillo Sistema de evidente de ajuste positivo Versión Drop-In de labio disponible para instalaciones al ras Herramientas de inserción manejables y de potencia disponibles Punta con tope de hondura fija para el anclaje.
Detención de manga	Para uso en todo tipo de materia prima de base maciza. Disponible en modo de cabeza avellanada, hexagonal, con acople de barra, plana o redonda, para una amplia gama de estudios.

Fuente: Gansino, 2021.

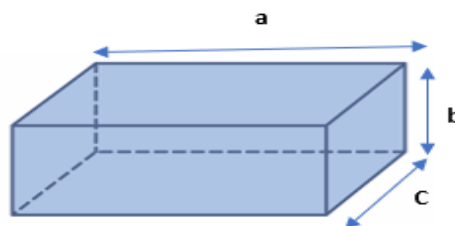
### 1.12.2. Principales fórmulas para la selección del perno de anclaje

#### 1.12.3. Volumen de un rectángulo

El volumen de un rectángulo es prácticamente el espacio que ocupa, para esto su fórmula es la multiplicación entre su largo ancho y altura figura 17-2.

**Donde:**

$$V=(a)(b)(C) \quad (1)$$



### **Figura 17-0: Volumen de un cubo**

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

#### **1.12.4. Densidad**

La densidad básicamente se le conoce que es la relación entre su peso y su volumen siendo sus unidades de medida en el sistema Internacional el kg/ m<sup>3</sup> y en el sistema inglés lb/in<sup>3</sup>.

$$d = \frac{m}{v} \quad (2)$$

**Donde:**

- ◆ d=Densidad.
- ◆ m= Masa.
- ◆ v=Volumen.

#### **1.12.5. Fuerza cortante**

Se define a la fuerza cortante como el resultado de todas aquellas fuerzas verticales que actúan en esa área sus unidades pueden ser kg/ cm<sup>2</sup>, lb/ in<sup>2</sup>, N/ m<sup>2</sup>=Pascal.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (3)$$

#### **1.12.6. Peso específico**

Se conoce al peso específico como la relación del peso entre su volumen en definitiva es la cantidad de peso existente por unidad de volumen, existe dos formas de calcular como se indica a continuación.

$$\rho = \frac{W}{V} \quad (4)$$

**Donde:**

- ◆ Pe= Es el peso específico.
- ◆ W= Peso.
- ◆ V= Volumen.

- ♦ Otra forma.

$$Pe = \rho * g \quad (5)$$

**Donde:**

- ♦  $Pe$ = Es el peso específico.
- ♦  $\rho$ = Densidad de la sustancia.
- ♦  $g$ =La gravedad.
- ♦  $W$ = Peso.
- ♦  $V$ = Volumen.

### 1.13. Medidores de Espesores

Un medidor de espesores es un instrumento para medir de forma ágil y rápida el espesor de un material, su mayor uso en el sector industrial, ingeniería y fabricación con el objetivo de cumplir las especificaciones de espesor de los materiales de acuerdo a los estándares y normativas.

Otro uso del medidor de espesores es que puede ser utilizado como una herramienta de control de calidad para medir la uniformidad del material en especial en el sector industrial y automotor. A continuación, se detallan algunos medidores de espesores que se puede encontrar en el mercado.

#### 1.13.1. Medidor 72DL PLUS

El modelo ofrece mediciones precisas de alta velocidad y frecuencia en materiales finos como pintura, plástico, metales y revestimientos con una variedad de capas, de uso portátil y de fácil uso figura 18-2 (Cabello, 2020, pp-46-483).



**Figura 18-0:** Medidor de Espesor 72DL PLUS

Fuente: (WALTHAM,2022).

### 1.13.2. Medidor 38DL PLUS

Medidor portátil compatible con las diferentes sondas duales y mono elemento, es decir en materiales delgados y de múltiples capas, posee funciones potentes de fácil uso con una estructura hermética para protección de ambientes húmedos o con una gran cantidad de polvo, pantalla legible figura 19-2 (Cabello, 2020, pp-48-50).



**Figura 19-0:** Medidor de Espesor 38DL PLUS

Fuente: (Olympus,2019)

### 1.14. Baroscopio

Un baroscopio nos sirve para realizar observaciones de superficies en elementos internos, cuya observación con los ojos supondría tener que llevar a cabo complejos desmontajes que a veces estos procesos son imposibles realizarlos. Hoy en día es muy utilizada en campos como en el mundo industrial, la observación interna de turbinas de gas y de vapor, bombas centrífugas, válvulas, intercambiadores de carcasa y tubos, tuberías y por supuesto, las multiplicadoras empleadas en aerogeneradores para adaptar la velocidad de rotación del buje a la velocidad necesaria en el generador y muchas otras aplicaciones (Garrido, 2017 pág. 29).

### 1.15. Ensayo de líquidos penetrantes

Este ensayo de líquidos penetrantes es un método muy eficaz para poder detectar discontinuidades que están abiertas en la superficie de materiales que no sean porosos las discontinuidades más comunes que se encuentra son costura, grietas, traslajos, cierres y porosidades. Los tintes en los penetrantes son de contraste de color si es color rojo este se puede visualizar bajo la luz blanca o si es fluorescente es visible bajo la luz ultravioleta figura 20-2.

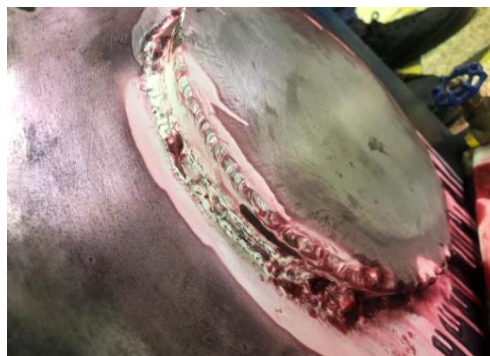


**Figura 20-0:** Ensayo de tintas penetrantes

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

#### 1.15.1. *Procedimiento para la aplicación del kit de tintas penetrantes*

- ◆ Pieza totalmente limpia.
- ◆ Aplicar el limpiador base solvente.
- ◆ Aplicar el líquido penetrante dejar actuar por 10 minutos y posteriormente con un paño retirar lo excedente.
- ◆ Aplicar el revelador dejar actuar por 10 minutos y posterior mente examinar las diferentes imperfecciones encontradas en el ensayo.
  
- ◆ Con un paño limpio realizar la limpieza de la pieza ensayada figura 21-2.



**Figura 21-0:** Aplicación del revelador

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

## CAPÍTULO III

### EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL BANCO DE LA TURBINA TURGO

Antes de proceder a realizar el desmontaje se procedió a realizar una inspección total del estado en el que se encontraba el banco de la turbina Turgo y el generador , en esta inspección se realizó un encendido donde se pudo ir evaluando las condiciones en el que se encontraban cada componente y de esta manera ir identificando el tipo de mantenimiento que requerían y así ponerlas nuevamente operativas o como es el otro caso el remplazo de los componentes ,ya que se encontraban totalmente averiadas como es el caso de algunos manómetros de presión

En la figura 1-3 se puede observar el estado en la que se encontró el banco de la turbina Turgo, el banco constaba de dos sistemas el primero era una bomba axial la cual hacia recircular el agua del tanque de reserva a través una tubería hacia un vertedero triangular y el segundo sistema de una bomba centrífuga y una turbina Turgo.



**Figura 1-0:** Banco de la turbina Turgo y generador





Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.





#### 1.16. Estado de los componentes de la turbina Turgo

Para realizar una correcta comprobación del funcionamiento y verificación del estado en el que se encontraba cada uno de los componentes se procedió a ir realizando pruebas de funcionamiento a cada componente de una manera separada, además se registró en la tabla 2-3 las acciones a realizar y de esta manera poner operativa nuevamente.



**Tabla 1-0:** Estado de los componentes de la turbina Turgo y el generador

COMPONENTES	ESTADO	OBSERVACIÓN	FOTOGRAFÍA	ACCIÓN A TOMAR
Turbina Turgo	Bueno	Se encuentran llena de polvo debido a que no ha estado en operación, también se pudo observar que al momento de salir el agua de la turbina el chorro no es muy uniforme y salpica por todo el tanque, además los pernos de las bases se encuentran oxidados debido al contacto con el agua al igual que la turbina.		Realizar una correcta limpieza de toda la turbina Turgo y la implementación de una tubería a la salida del agua de la turbina además se realizará el cambio de pernos de las bases de la turbina
Generador	Bueno	Se encuentra llena de polvo debido a que no ha estado en operación.		Realizar una correcta limpieza del generador y retoque de pintura
Manómetros	Defectuosos	Estos instrumentos debido al tiempo se encuentran averiados y en otros casos toca realizar la calibración.		Reemplazo y calibración de manómetros
Tablero de control	Bueno	Se encuentran llena de polvo debido a una falta de mantenimiento, ocupa mucho espacio debido a la gran cantidad de elementos para su control mediante Software LabVIEW.		Se realizará una mejor distribución de los elementos dentro del tablero y también se realizará una actualización del Software LabVIEW.

Sensor de presión	Bueno	Al momento de energizar y ver si hay una variación de voltaje para ver si funciona se pudo ver que si hay una variación		Realizar una limpieza de los filtros internos
Sensores inductivos	Bueno	Al momento de poner en funcionamiento el generador se verificó que se encuentra en un buen estado		Realizar una pequeña limpieza
Tanque reservorio de agua	Defectuoso	En la parte interna del tanque se encuentra degradada la pintura y también se puede observar inicios de corrosión del metal.		Realizar un nuevo pintado, retiró del vertedero triangular del tanque y la construcción de un nuevo tanque con fibra de vidrio y resina.
Tubería	Defectuoso	Existe una gran cantidad de accesorios en la tubería de alimentación de agua		Reducir accesorios

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.16.1. Desmontaje de los componentes

Una vez realizado la evaluación y la identificación en la que se encontraban cada uno de los componentes se procedió con el desmontaje para su respectivo mantenimiento y la repotenciación del banco de la turbina Turgo.

En la figura 2-3 se observa el desmontaje del primer sistema el cual va a ser suspendido debido a que ocupa mucho espacio, por otro lado, la bomba axial se encontraba en un mal estado, ya que se encontraba en el interior agua sin evacuar por mucho tiempo y provocó la oxidación y el deterioro total de la parte interna de la bomba axial, así también se evidenció una fuga en el

retenedor de la bomba axial.



**Figura 2-0:** Desmontaje del banco de los componentes

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### **1.16.2. *Herramientas y equipos usados para el desmontaje y el mantenimiento de componentes***

- ◆ Juego de llaves combinadas.
- ◆ Alicates.
- ◆ Sierra de mano.
- ◆ Juego de copas.
- ◆ Amoladora.
- ◆ Pinza de pico de loro.
- ◆ Lijas numero 60 80 y 100.
- ◆ Multímetro.
- ◆ Amoladora.
- ◆ Grata.
- ◆ Desarmadores.
- ◆ Llaves allen.

### **1.16.3. *Mantenimiento de los componentes***

Para el correcto mantenimiento de cada componente se fueron ejecutando paso a paso las tareas propuestas para su mejoramiento en la tabla 1-3 así como también el uso de herramientas adecuadas.

## 1.17. Tanque de reservorio de agua

Para el mejoramiento del tanque se retiró todos los componentes instalados como son tablero de control, turbina Turgo, accesorios y tubería

### 1.17.1. Retiró del veredero triangular

Como una parte de la repotenciación se retiró el vertedero triangular como se puede observar en la figura 3-3, la finalidad que tenía este vertedero es medir su caudal para esto se realizó un corte con la amoladora dejando totalmente libre al tanque.



**Figura 3-0:** Retiró del vertedero triangular del tanque reservorio

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

También se realizó un proceso de soldadura para cubrir los orificios de la tubería del sistema suspendido bajo la normativa API 1104 y se realizó el cordón de soldadura con el electrodo 6011 figura 4-3.



**Figura 4-0:** Cubrimiento de agujeros en el tanque reservorio

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.17.2. Condiciones del tanque de reservorio

Como se observa en la figura 5-3, el tanque se encuentra deteriorado a causa de la corrosión, también se observa indicios de picadura en algunas partes del tanque.



**Figura 5-0:** Retiró del vertedero triangular

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

## 1.18. Pruebas de ensayos no destructivos

Para determinar el estado del tanque se realizó una inspección visual bajo la normativa **UNE-EN 13018:2016** que es una guía para la inspección visual directa y la inspección visual indirecta, para esto se trabajó conjuntamente con los compañeros de sexto semestre de la materia de ensayos no destructivos conjuntamente con el apoyo del docente.

### 1.18.1. Condición de la tubería

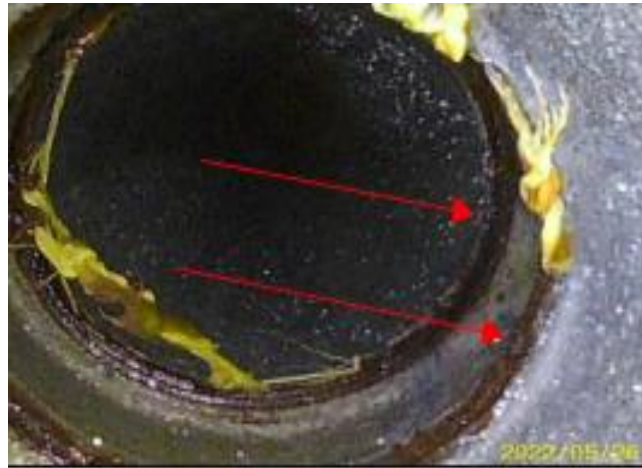
Para determinar el estado de la tubería se realizó una inspección visual indirecta utilizando como equipo principal de apoyo el videoscopio y de esta manera se pudo determinar las condiciones de la tubería, en donde se encontró corrosión especialmente en los accesorios y las partes donde la tubería tenía perforaciones figura 6-3.



**Figura 6-0:** Retiró del vertedero triangular

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

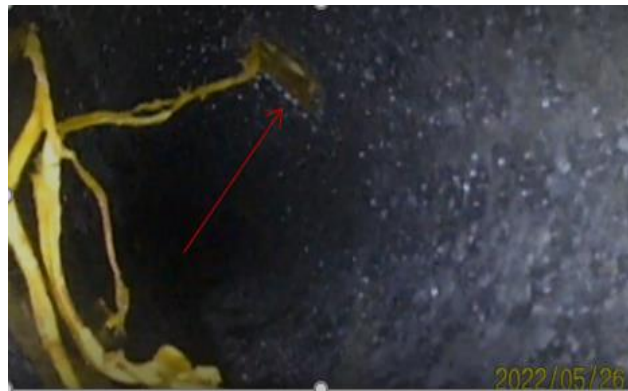
En la figura 7-3 podemos observar la corrosión encontrada en las uniones de los accesorios y en las perforaciones de la tubería, una vez finalizado el ensayo se determinó que la corrosión encontrada en los accesorios es debido a los roscados que se realizó, con este proceso el material pierde propiedades, también se debe a una ligera acumulación de agua que a la larga esto causa la corrosión.



**Figura 7-0:** Corrosión en las uniones de la tubería

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

En la figura 8-3 se puede evidenciar la corrosión en las perforaciones de la tubería, unas de las causas que produce es la pérdida del material y la acumulación de agua en esa zona.



**Figura 8-0:** Corrosión en la perforación de la tubería

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.19. Ensayo de tintas penetrantes

Este ensayo se aplicó en los cordones de soldadura realizados para cubrir los agujeros de las tuberías del tanque de reservorio de agua del sistema suspendido, este ensayo nos permite identificar discontinuidades en el cordón de soldadura mediante el principio de capilaridad, para

la ejecución de este ensayo se desarrolló bajo la norma ASTM E 165-18 de líquidos penetrantes tipo II método C.

Los materiales utilizados para este ensayo son el limpiador a base de disolvente, el líquido penetrante y el revelador tal como se puede mirar en la figura 9-3.



**Figura 9-0:** Kit de tintas penetrantes

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

#### 1.19.1. *Los pasos a seguir para la realización del ensayo son los siguientes*

- ◆ Limpieza de la superficie a realizar el ensayo.
- ◆ Aplicación del limpiador base solvente.
- ◆ Retirar el excedente del limpiador base solvente con un paño.
- ◆ Aplicación del líquido penetrante en el cordón y dejar que actúe por un tiempo de 10 minutos.
- ◆ Retirar el excedente del penetrante con un paño.
- ◆ Aplicar el revelador y realizar la evaluación.

Como resultado del ensayo se identificó una pequeña porosidad en la parte superior del cordón de soldadura la misma que es aceptable. En la figura10-3 se observa el momento que se realizó la aplicación del revelador para su respectiva evaluación.



### **Figura 10-0:** Aplicación del revelador

**Realizado por:** Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

#### **1.20. Ensayo de medidor de espesores**

Para medir los espesores se utilizó el equipo de la marca Olympus como se observa en figura 11-3 las mediciones las realiza mediante ultrasonido.

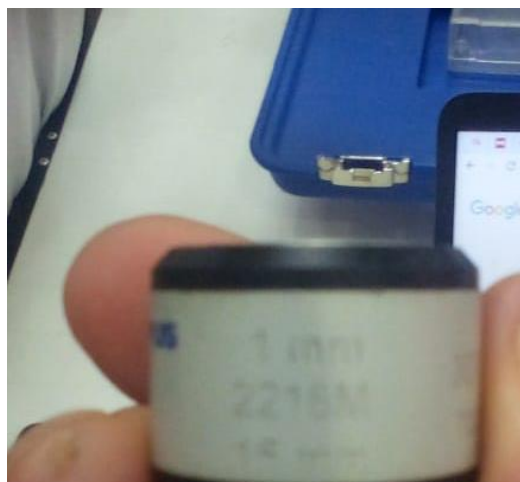


**Figura 11-0:** Equipo para medir espesores

**Realizado por:** Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

Para la realización de este ensayo se realiza una limpieza de la superficie para que no exista ningún tipo de interferencia en la medición.

Posterior mente se realiza la calibración del equipo, para esto se tiene que realizar la calibración acorde a la pieza calibrada que es de 1mm de espesor y al tipo de material a medir figura 12-3.



**Figura 12-0:** Pieza calibrada de 1mm

**Realizado por:** Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.



Una vez calibrado el equipo con los parámetros deseados, se realiza la aplicación de un gel acoplante para empezar a realizar las mediciones en el tanque figura 13-3.






**Figura 13-0:** Mediciones de espesores

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.20.1. Resultado de las medidas de espesores

Como resultado de las medidas realizadas al tanque se evidenció las pérdidas del espesor, al ser un material A36 de 4 mm de espesor se encontró las siguientes pérdidas las más encontradas tabla 2-3.

**Tabla 2-0:** Resultados del medidor de espesores

PERDIDAS DE ESPESOR DEL MATERIAL A36 DE 4mm		
N°=Medida	mm	Fotografía
Primera	3,27	
Segunda	3,33	
Tercera	2,40	

Cuarta	3,31	
--------	------	--

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.21. Retiró de pintura del tanque reservorio de agua

Para poder aplicar el nuevo recubrimiento de pintura anticorrosiva se procedió a retirar por completo la pintura anterior para esto se utilizó lijas y mediante ayuda de una amoladora con grata se logró retirar por completo dejando preparado el tanque para poder aplicar el nuevo recubrimiento de pintura figura 14-3 según la norma API 653 esta norma nos da una guía de cómo podemos realizar la Inspección, reparación, alteración y reconstrucción de depósito de almacenamientos.



**Figura 14-0:** Eliminación de pintura

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

#### 1.21.1. Aplicación del desoxidante

Una vez retirada la pintura se aplicó el desoxidante como se muestra en la Figura 15-0: **Aplicación del desoxidante** para poder remover el óxido en su totalidad y así tener el tanque de reservorio en óptimas condiciones para la aplicación del fondo.



**Figura 15-0:** Aplicación del desoxidante

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.21.2. *Aplicación del removedor de pintura*

Para quitar la pintura en su totalidad de los lugares que no se pudo retirarse procedió a realizar la aplicación del removedor de pintura y dejar actuar unos 15 minutos para posteriormente con una grata proceder a retirar la pintura restante en su totalidad como se muestra en la figura 16-3.



**Figura 16-0:** Retiró de pintura sobrante

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.21.3. *Aplicación del fondo primer*



**Figura 17-0:** Aplicación del fondo primer

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

Una vez realizado el tratamiento para la corrosión al tanque y poder alargar el tiempo de vida se realizó un recubrimiento con fibra de vidrio con resina dado que en un inicio se optaba por la colocación de un ánodo de sacrificio para evitar la corrosión, pero debido a que tiene un tiempo de vida útil de un año y luego hay que seguir reemplazando el cual genera más costos, para la aplicación de la fibra de vidrio primero se realizó un recubrimiento con espuma flex y cubierto de plástico con la finalidad de rellenar el espaciado del tanque figura 18-3.



**Figura 18-0:** Recubrimiento de espuma flex

**Realizado por:** Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

Debido a que la resina es muy fuerte y evitar que se dañe el plástico se realizó la colocación de láminas de triple para posteriormente cubrir con la fibra de vidrio y pasar la resina y de esta manera tener un acabado resistente figura 19-3.



**Figura 19-0:** Aplicación de resina y fibra de vidrio

**Realizado por:** Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

Para la parte externa del tanque se retiró la pintura en su totalidad con la ayuda de una grata y usando lijas numero 80 figura 20-3.

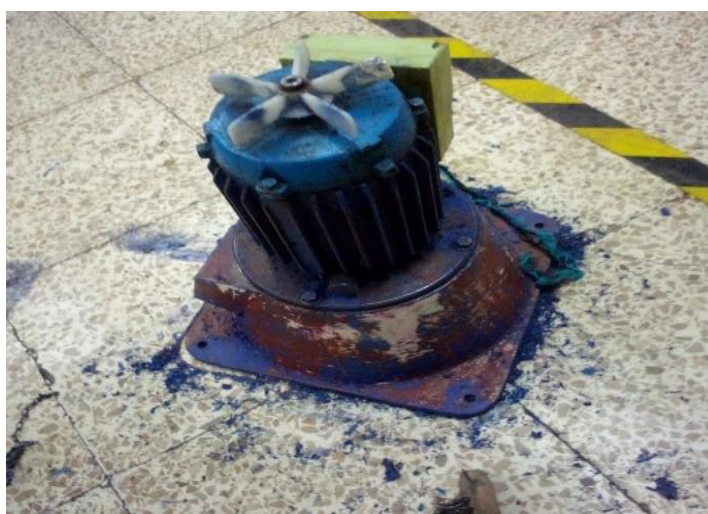


**Figura 20-0:** Retiró de pintura externa del tanque

**Realizado por:** Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### **1.22. Turbina Turgo y generador**

Para el mejoramiento de la turbina se realizó una limpieza total, además se retiró la pintura en mal estado que se encontraba con índices de corrosión figura 21-3 para posteriormente aplicar un correcto tratamiento de pintura y así evitar la corrosión nuevamente.



**Figura 21-0:** Retiró de pintura de la turbina Turgo y el generador

**Realizado por:** Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### **1.23. Bomba centrífuga**

Para el mejoramiento de la bomba centrífuga se realizó una limpieza total y a su vez se retiró la pintura como se mira en la figura 22-3, ya que se encontraba en mal estado.



**Figura 22-0:** Retiró de pintura de la bomba centrífuga

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

#### 1.24. Manómetros de presión

Para su mejora se decidió realizar el cambio, ya que se encuentran averiados y los que contenían glicerina se encontraban sin el caucho lo cual provocó el derrame de la glicerina del manómetro dejándolo en mal estado figura 23-3.



**Figura 23-0:** Manómetros de presión

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

#### 1.25. Cálculo del perno de anclaje

##### Variables

- ◆  $W_t$ = Peso de la turbina.
- ◆  $W_{tq}$ =Peso del tanque.
- ◆  $W_h$ = Peso del agua.
- ◆  $W$ = Peso total.

- ♦  $\tau_f$  = Esfuerzo cortante según el fabricante.
- ♦  $\tau$  = Esfuerzo cortante.
- ♦  $F_s$  = factor de seguridad.

## DATOS

- ♦  $W_t = 20\text{Kg} = 44,1\text{ lb}$  Según el fabricante.
- ♦  $W_{tq} = ?$
- ♦  $W_h = ?$

## Solución

### Datos del tanque N=1

$$H_1 = 0,90$$

$$L_1 = 1,55\text{ m}$$

$$A_1 = 0,75\text{ m}$$

$$V_{t1} = 1,05\text{ m}^3$$

$$W_{tq1} = \rho \cdot v$$

$$W_{tq1} = \left[ 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \left[ \frac{1,05\text{m}^3}{1\text{kg}} \right]$$

$$W_{tq1} = 8190\text{ kg}$$

### Datos del tanque N=2

La plancha es un acero A36  $4\text{mm} = 0,004\text{mm}$

$$H_2 = 0,896\text{m}$$

$$L_2 = 1,542\text{m}$$

$$A_2 = 0,742\text{m}$$

$$V_{t2} = (0,896)(1,541)(0,742)$$

$$V_{t2} = 1,025\text{m}^3$$

$$W_{tq2} = \rho \cdot V_{t2}$$

$$W_{tq2} = \left( 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (1,025\text{m}^3)$$

$$W_{tq2} = 7995\text{ kg}$$

### Peso del tanque total

$$W_{tq}=8190\text{kg}-7995\text{kg}$$

$$W_{tq}=195\text{kg}$$

$$W_{tq}=429,9\text{lb}$$

### Datos del peso del agua.

$$H=0,6\text{m}$$

$$L=1,39\text{m}$$

$$A=0,59\text{m}^2$$

$$V_h=0,49\text{m}^3$$

$$W_h=\rho \cdot v$$

$$W_h=1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (0,49\text{m}^3)$$

$$W_h=490 \text{ kg}$$

$$W_h=1080,27\text{lb}$$

$$W_{\text{total}} = W_t + W_{tq} + W_h$$

$$W_{\text{total}}=44,1\text{lb}+429,9\text{lb}+1080,27\text{lb}$$

$$W_{\text{total}}=1554,27\text{lb}$$

### Dividimos para los cuatro pernos

$$W_{\text{total}} = \frac{1554,27\text{lb}}{4}$$

$$W_{\text{total}}=388,56\text{lb}$$

Perno de 5/8

$$\square = \frac{W_{\text{total}}}{A}$$

$$\square = \frac{388,56}{\pi \left(\frac{5}{8}\text{in}\right)^2 \div 4}$$

$$\square = 1266,50 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

Factor de seguridad (1-3)

$$F_s = \frac{\square \text{ del catalogo}}{\square \text{ encontrado}}$$

$$F_s = \frac{2165\text{psi}}{1266,50\text{psi}}$$



$$F_s=1,7$$

### Cálculos para el perno de anclaje de la bomba

$$W_b=50\text{kg}=110,25\text{lb}$$

4 pernos de  $\left(\frac{3}{8}\right)$

$$W_b=27,56\text{lb}$$

$$\square = \frac{W}{A}$$

$$\square = \frac{27,56\text{lb}}{\pi\left(\frac{3}{8}\text{in}\right)^2 \div 4}$$

$$\square = 249,53 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$F_s = \frac{950 \text{ psi}}{249,53 \text{ psi}}$$

$$F_s=3,80$$

El perno seleccionado para la bomba es  $\frac{3}{8}$

### 1.26. Sensores

Para la mejora de los sensores se realizó una comprobación mediante pruebas de funcionamiento, para lo cual se energizó y se comprobó que tenga variación de voltaje, algunos sensores se encontraban con filtros taponados figura 24-3.



**Figura 24-0:** Limpieza de sensores

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.27. Tarjeta de adquisición de datos

Cuando se realizó pruebas de funcionamiento la tarjeta de adquisición de datos se encontraba en óptimas condiciones para utilizar solo se realizó un correcto procedimiento de limpieza figura 25-3.



**Figura 25-0:** Limpieza de la tarjeta de adquisición de datos

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.28. Tablero de control

Para una mejor distribución de los elementos de control se realizó un desmontaje total del tablero anterior y se cambió por dos nuevos tableros figura 26-3.



**Figura 26-0:** Desmontaje de los elementos del tablero

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.29. Tubería

Para la tubería se realizó el desmontaje como se puede ver en la figura 27-3 posteriormente una limpieza y una perforación donde se colocó el caudalímetro de paletas.



**Figura 27-0:** Desmontaje de los elementos del tablero

**Realizado por:** Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

## CAPÍTULO IV





### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

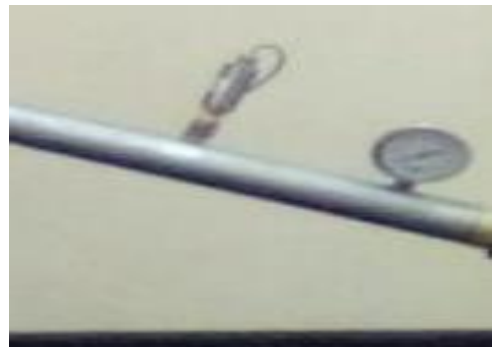
En este capítulo se dará a conocer los resultados obtenidos después de haber ejecutado cada una de las actividades propuestas en la tabla 1-3.

#### 1.30. Resultados del mejoramiento

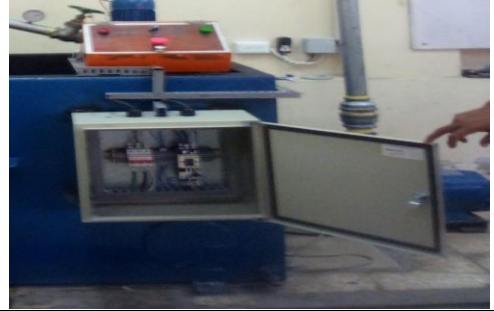
En la tabla 1-4 se puede observar el antes y el después de cada uno de los componentes y elementos del banco de la turbina Turgo y el generador después de haber ejecutado y seguido una serie de pasos para su mejoramiento y así tener una adecuada repotenciación.

**Tabla 1-0:** Resultados del mejoramiento de elementos y componentes

ANTES	DESPUÉS
<b>TANQUE RESERVORIO DE AGUA</b>	
	
<b>TURBINA TURGO y GENERADOR</b>	
	
<b>MANOMETROS PRESIÓN</b>	



**TABLERO DE CONTROL**



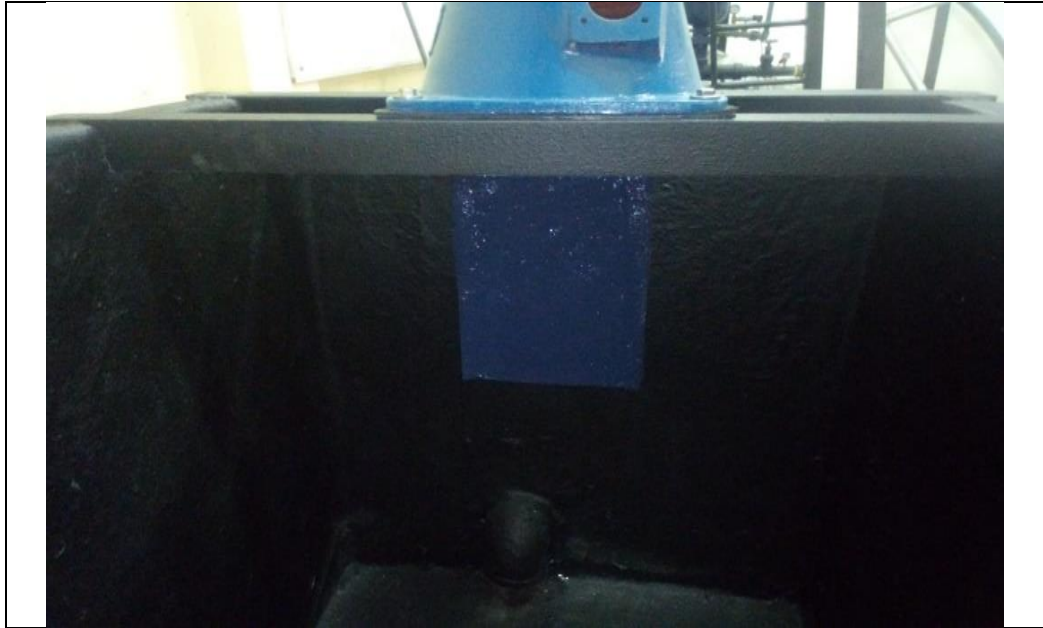
**SENSOR DE PRESIÓN, INDUCTIVO,**



**TUBERÍA**



**TUBERÍA PARA CONDUCIR EL AGUA**



Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.31. Montaje de los componentes y elementos

Antes de colocar los elementos y componentes, se realizó la reubicación del tanque de reservorio de agua, para su fijación se utilizaron pernos de 3/8 figura 1-4.



**Figura 1-0:** Montaje de componentes

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.32. Turbina Turgo y el generador

Para el montaje de la turbina Turgo y el generador se colocaron los perfiles L 5x5 de Al las mismas que van a ir sujetas con pernos de 5/16 plg como se puede mostrar en la figura 2-4.



**Figura 2-0:** Montaje de componentes

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.33. Bomba centrífuga

Para el montaje de la bomba centrífuga se realizó cuatro perforaciones en las bases para la sujeción se colocaron cuatro pernos de fijación de 3/8, también se realizó la alineación de la bomba con el tanque de almacenamiento como se observa en la figura 3-4.



**Figura 3-0:** Montaje de componentes

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.34. Panel de control

El panel de control está dividido en dos cajetines que consta de lo siguiente, en el primer cajetín se colocó la parte electrónica y en el segundo cajetín el panel de control como los contactores figura 4-4.



**Figura 4-0:** Montaje del panel de control

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.35. Instrumentación

Para el control de los diferentes parámetros como presión, caudal, temperatura se procedió al montaje de dos manómetros de presión, dos sensores de presión, un sensor de temperatura RTD, un sensor inductivo, un caudalímetro y de esta manera tener una mejor visualización y control del sistema figura 5-4.



**Figura 5-0:** Montaje del panel de control

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.36. Programación en LabVIEW



Mediante el programa LabVIEW se pudo graficar el banco además nos permite visualizar los diferentes parámetros programados como presión, temperatura, revoluciones, voltaje generado y visualizar su funcionamiento figura 6-4.



**Figura 6-0:** Visualización del banco en LabVIEW

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.37. Codificación

Para realizar la codificación del banco basamos en la norma ISO 14224, la norma clasifica en siete niveles en la que podemos clasificar acorde a nuestras necesidades y la información que se tenga, para el banco escogemos los cuatro primeros niveles, ya que el código tiene que ser corto y fácil de interpretar la tabla 2-4.

**Tabla 2-0:** Codificación según la norma ISO14224

CODIFICACIÓN DEL BANCO DE LA TURBINA TURGO Y GENERADOR			
1	<b>Planta</b>	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	ESPOCH
2	<b>Sección /Área</b>	Facultad de Ingeniería de Mecánica	FAME
3	<b>Sistema/Maquina</b>	Banco de la turbina Turgo y generador	TT
4	<b>Equipo</b>	Motor eléctrico	MT

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.38. Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento es un cronograma de actividades de mantenimiento preventivo, en donde está plenamente identificados cada una de las actividades a realizar cada determinado tiempo tabla 3-4.

**Tabla 3-0:** Cronograma del plan de mantenimiento



**Nombre Planta: ESPOCH MANTÉGANSE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)**

<b>Departamento/Área</b>	<b>Tiempo Disponible de Operación</b>	<b>Realizada por:</b>	Richard Ruiz y Andrés Villacrés
laboratorio de turbo maquinaria	1.00 h	<b>Fecha:</b>	1 DE JULIO DEL 2022
<b>Nombre de la Operación</b>	<b>Equipo</b>	<b>Página:</b>	1 de 1
Sistema de la turbina Turgo y el generador	Turbina Turgo		

MTS Base de Conocimientos/Formación (Entrenamiento) - \_\_\_\_\_

BASE DE CONOCIMIENTOS	CAPACITACIÓN ENTRENAMIENTO
Mantenimiento preventivo	Capacitaciones a los estudiantes para el ingreso del laboratorio
Seguridad industrial	Capacitaciones sobre turbinas
Manejo de herramientas	Capacitaciones en bombas centrífugas
Programación del LabVIEW	Capacitaciones de instrumentación

<input checked="" type="checkbox"/>	#	TAREA	CÓDIGO	EQUIPO	Tiempo de ciclo de la tarea (minutos)	Frecuencia (D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)	Total, de tiempo de ciclo (Díario)
	1	Verificar la tensión del motor eléctrico.	ESPOCH-FAME-TT-MT01	MOTOR ELÉCTRICO	5min	S	5min
	2	Inspección visual de las borneras, conductores eléctricos y componentes de instrumentación en el tablero de control.	ESPOCH-FIMA-TT-TC01	TABLERO DE CONTROL	120min	M	120min
	3	limpieza de la bornera del sensor	ESPOCH-FIMA-TT-SP01	SENSOR DE PRESIÓN DE ENTRADA	30min	A	30min
	4	Análisis de vibraciones del motor eléctrico de la bomba	ESPOCH-FIMA-TT-MT02	MOTOR ELÉCTRICO	20min	S	20min
	5	Alineación la bomba y del elemento impulsor	ESPOCH-FIMA-TT-BM01	BOMBA.	60 min	O	60 min
<b>TOTAL, TIEMPO</b>							235 min

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

**1.39. Datos de funcionamiento**

Para la toma de datos se realiza las respectivas pruebas de funcionamiento, tomando en consideración todos los parámetros de funcionamiento principales como son caudal, presión, temperatura, revoluciones y el voltaje.

### 1.39.1. Datos de la velocidad del fluido

Para la adquisición de datos del fluido se tomó cuatro posiciones de la apertura de la válvula de compuerta tabla 4-4.

**Tabla 4-0:** Velocidad del fluido

VELOCIDAD DEL FLUIDO	
4 vueltas	152,37 m/s
3 vueltas	144,95 m/s
2 vueltas	123,37 m/s

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.39.2. Datos del caudal

Para medir el caudal tenemos instalado un caudalímetro de paletas quien nos proporciona la información del caudal que se encuentra en el sistema tabla 5-4.

**Tabla 5-0:** Caudal

CAUDAL EN LA TUBERÍA		
N° de vueltas de la válvula	Caudal (l/s)	Caudal(l/min)
4 vueltas	5,1297 l/s	307,782 l/min
3 vueltas	4,8799 l/s	292,794 l/min
2 vueltas	4,6263 l/s	277,578 l/min

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.39.3. Datos de la presión diferencial de la bomba

Para la toma de presiones en el banco se encuentra implementados sensores y manómetros de presión las mismas que me permitirán obtener datos generados tabla 6-4.

**Tabla 6-0:** Presión diferencial de la bomba

PRESIÓN DIFERENCIAL DE LA BOMBA		
N° de vueltas de la válvula	Presiones diferenciales la bomba (psi)	Presiones diferenciales la bomba (bar)
4 vueltas	30,152 psi	2,078 bar
3 vueltas	30,185 psi	2,081 bar
2 vueltas	30,795 psi	2,123 bar

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

#### 1.39.4. Datos de la presión de entrada generador

Para la toma de datos de la presión de entrada del generador se encuentra instalado un sensor y un manómetro de presión tabla 7-4.

**Tabla 7-0:** Presión del generador

PRESIÓN DEL GENERADOR		
N° de vueltas de la válvula	Presiones de entrada del generador (psi)	Presiones de entrada del generador (bar)
4 vueltas	28,699 psi	1,978 bar
3 vueltas	28,883 psi	1,991bar
2 vueltas	29,002 psi	1,999 bar

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

#### 1.39.5. Datos de las revoluciones

Para la toma de datos de las revoluciones se encuentra instalado un sensor inductivo quien me permite tomar los datos tabla 8-4.

**Tabla 8-0:** Revoluciones del generador

REVOLUCIONES DEL GENERADOR	
N° de vueltas de la válvula	Revoluciones rpm
4 vueltas	2100 rpm
3 vueltas	2040 rpm
2 vueltas	1980 rpm

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

#### 1.39.6. Temperatura del generador

Para la toma de datos de la temperatura se adquiere con el sensor RTD obteniendo datos reales y precisos tabla 9-4.

**Tabla 9-0:** Tabla de la temperatura

TEMPERATURA DEL GENERADOR	
N° de vueltas de la válvula	Temperatura(°C)
4 vueltas	21,88 °C
3 vueltas	22,37 °C
2 vueltas	23,29°C

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

#### 1.39.7. Datos del voltaje del generador

Para la toma de datos del voltaje el generador da datos precisos y reales tomando los mismos parámetros del caudal y revoluciones por minuto para la generación del voltaje requerido tabla 10-4.

**Tabla 10-0:** Tabla del voltaje del generador

VOLTAJE DEL GENERADOR	
Apertura de la válvula	Voltaje corriente alterna (V)
4 vueltas	126,113 v
3 vueltas	103,206 v
2 vueltas	102,939 v

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.39.8. *Potencia del generador*

La potencia hidráulica generada en el banco es lo que produce la turbina en un cierto tiempo determinado Tabla 11-4.

$$\text{Pot.H} = \frac{\text{Presión (bar)} * \text{Caudal} \left( \frac{1}{\text{min}} \right)}{450}$$

$$\text{Pot.H} = \frac{1,9787 * 307,782}{450} = 1,35 \text{ hp}$$

**Tabla 11-0:** Potencia del generador

POTENCIA GENERADOR	
Apertura de la válvula	hp
4 vueltas	1,35 hp
3 vueltas	1,29 hp
2 vueltas	0,72 hp

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.39.9. *Potencia de la turbina*

Básicamente es la intensidad de corriente en el generador tabla 12-4.

$$\text{Pot.Turb} = \frac{\text{Presión (bar)} * \text{Caudal} \left( \frac{1}{\text{min}} \right)}{600}$$

$$\text{Pot.Turb} = \frac{1,9787 * 307,782}{600} \text{ kW}$$

$$\text{Pot.Turb} = 1,01 \text{ kW}$$

**Tabla 12-0:** Potencia de la turbina

POTENCIA TURBINA	
Apertura de la válvula	KW
4 vueltas	1,01 kW

3 vueltas	0,97 kW
2 vueltas	0,54kW

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

### 1.39.10. Rendimiento mecánico

En la tabla 13-4 podemos observar el rendimiento del generador según el número de vueltas de la válvula de compuerta.

$$\eta = \frac{\text{Potencia turbina}}{\text{Potencia del generador}}$$

$$\eta = \frac{1.01}{1.35}$$

$$\eta = 0,75$$

$$\eta = 75\%$$

**Tabla 13-0:** Rendimiento mecánico

<b>RENDIMIENTO MECÁNICO</b>		
4 vueltas	0,75	75%
3 vueltas	0,75	75%
2 vueltas	0,75	75%

Realizado por: Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.

## **CONCLUSIONES**

Mediante el medidor de espesores se pudo determinar el desgaste del material A36 debido a la picadura.

Los resultados obtenidos con los diferentes ensayos no destructivos aplicados al banco de la turbina Turgo y el generador, se pudo tomar decisiones adecuadas y de esta manera tener una apropiada repotenciación.

Para alargar el tiempo de vida útil del talque de agua y evitar que sufra deterioro a causa de la corrosión, se realizó su restauración con resina y fibra de vidrio el cual son materiales polímeros caracterizados por no corroer.

Mediante el plan de mantenimiento y el manual de operación se garantizará un correcto manejo y funcionamiento del banco de la turbina Turgo y el generador

## **RECOMENDACIONES**

Antes de realizar el encendido del banco verificar que no exista materiales extraños en el interior del tanque, ya que pueden obstruir la succión de la bomba centrífuga

Es necesario realizar una comparación de costos, beneficios en el mantenimiento de un equipo, ya que a la larga lo barato siempre nos puede conllevar a que tengamos más gastos.

Es necesario realizar ensayos y pruebas antes y durante la repotenciación, ya que mediante sus diagnósticos sabremos que decisiones tomar ante las problemáticas encontradas.

Se recomienda utilizar en lo posible la menor cantidad de accesorios innecesarios en una instalación, ya que esto produce perdidas haciéndole que el sistema sea menos eficiente en su funcionamiento.



## BIBLIOGRAFÍA

**ALCANTARA FERNÁNDEZ, Alfredo.** Mejora del sistema de protección de los generadores síncronos mediante IED's MICOM P643 en la central hidroeléctrica El Machu, distrito de Chongos Alto Electrocentro. Huancayo. 2019[En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Continental, Facultad de Ingeniería. Huancayo-Perú.2020. pp.33-34[Consulta:2022-05-27]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8222>

**ALMAGRO PONCE, Miguel Alfonso y PILAY DE LA A, Carlos Alberto.** Utilización de inhibidores orgánicos en operaciones de estimulación de pozo para extender la vida útil de la tubería de revestimiento. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Estatal Península de Santa Elena-Ecuador.2014. pp.80. [consulta:2022-06-10]. disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/1665>

**AMBO, M. & CHANGO H.** (2017). “Diseño e implementación de sistemas Scada con LabVIEW para la turbina Turgo y el generador en el laboratorio de turbomaquinaria hidráulica de la Facultad de Mecánica de la Espoch” [en línea] (trabajo de titulación). (ingeniería) universidad escuela superior politécnica de Chimborazo, facultad de ingeniería mecánica. Riobamba– ecuador.pp.1-2. [consulta:2021-04-25]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6668>

**CARRIEL MONTOYA, Boris Joel y Villacís VARGAS, Oscar Iván.** Diseño e implementación de un banco de pruebas neumático para la calibración de presión de manómetros en el rango de 0 a 6 bar y Vacuómetros en el rango de 0 a 600 milibar, en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. Ambato-Ecuador.2011. pp.95. [Consulta:2022-05-28]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10265>

**DOMÍNGUEZ VALENCIA, Diego Francisco.** Diseño y simulación de un sistema de succión y filtración de 800 m<sup>3</sup>/día para purificar el agua en la comunidad de Tunshi en la provincia de Chimborazo. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana de Quito, Facultad de Ingeniería.Quito-Ecuador.2020. pp-1-2. [Consulta:2022-05-28]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18544?mode=simple>

**FERNÁNDEZ CRUZ, Luis Fernando.** Diseño e implementación de una red de sensores para el monitoreo de variables climáticas en un invernadero de orquídeas [En línea] (Trabajo de

titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, Facultad de Ingeniería. Cuenca-Ecuador.2017. pp.27. [Consulta:2022-05-27]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14239/1/UPS-CT007001.pdf>

**GANSINO LLANOS, Cristhian Andres & TAPIA MANTILLA, Kevin Alexander.** Análisis de la resistencia mecánica en pernos de anclaje hasta ½ pulgada de diámetro, utilizados en estructuras metálicas. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana de Quito. Quito -Ecuador.2021. pp.3. [consulta:2022-06-11]. disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19938/1/UPS%20-%20TTS314.pdf>

**LEYES FRANCO, Jeniffer Beatriz & NAVARRETE DÍAS, Darío Rafael** .Diseño y construcción de un módulo orientado al desarrollo de prácticas de instrumentación industrial bajo la plataforma de LABVIEW . [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Litoral, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación. Guayaquil-Ecuador.2007. pp.39. [Consulta:2022-05-27]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/44272>

**MACAS H, & MAZA E.** Diseño y simulación de una turbina michell banki para una hidroeléctrica con capacidad de 3000 watts [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingeniería Mecánica. Ambato – Ecuador. 2018. pp. 7-12. [Consulta: 2022-05-8]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15902>

**MANGAS GONZÁLEZ, Marcos.** Creación de una línea de producción de bombas centrifugas [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica de Madrid. Madrid– España. 2017. pp. 23. [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: [https://oa.upm.es/45242/1/PFC\\_MARCOS\\_MANGAS\\_GONZALEZ.pdf](https://oa.upm.es/45242/1/PFC_MARCOS_MANGAS_GONZALEZ.pdf)

**MEDINA GUTIÉRREZ, Christian Rubén.** Análisis del funcionamiento, mantenimiento y estudio de las características de operación de un sistema de generación eléctrico impulsado por un motor de combustión diésel [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil– Ecuador. 2022. pp. 5-6. [Consulta: 2022-05-26]. Disponible en: <http://201.159.223.180/handle/3317/18023>

**MENDOZA YUPANQUI, Paul Yampier.** Diseño de generador hidroeléctrico portable para zonas rurales [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Pontificia Universidad Católica del

Perú, Facultad de Ciencias he Ingeniería. Lima – Perú. 2017. pp.6. [Consulta: 2022-05-27].  
Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9466>

**MOHADED MARTIN, Gabriel.** Diseño de una micro turbina Turgo [en línea] (trabajo de titulación). (ingeniería) Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Córdoba-argentina.2018. Pp.99-100. [consulta:2022-05-27]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/11414/ps%20martin%20mohaded.pdf?sequence=1&isallowed=y>

**MOLINA ARAUJO, Manuel Eduardo.** Sistema SCADA para la supervisión en tiempo real de medidores industriales de energía en la empresa Navacero S.A. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador.2018. pp.14. [consulta:2022-06-11]. disponible en: [file:///C:/Users/HP/Downloads/Tesis\\_t1502ec.pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/Tesis_t1502ec.pdf)

**OVANDO BURGA, Nestor Alexander.** Diseño y construcción de una mini-turbina hidráulica tipo Turgo para ser instalada en canales principales de riego para generar energía mecánica [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato – Ecuador. 2018. pp. 7-12. [Consulta: 2022-05-25]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29865>

**PARAGUAY CCONOVILCA, Jander.** “Selección óptima de la turbina hidráulica para el aprovechamiento del recurso hidroenergético de la mini central hidroeléctrica de la cc.nn. Betania” mecánica [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Huancayo – Perú. 2018. Pp. 8-9. [Consulta:2022-05-02]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6482>

**PÉREZ OCHOA, Lewis De Jesús.** Evaluación de la producción eléctrica de una turbina Turgo[línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Pontifica Bolivariana, Facultad de Ingeniería Mecánica. Medellín – Colombia. 2019. Pp.11. [Consulta: 2022-04-27]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8653/39504.pdf?Sequence=1>

**TONATO MUÑOZ, Juan Pablo,** Manual de operación y mantenimiento eléctrico del generador sincrónico de una unidad de generación de la central hidroeléctrica Paute Sopladora. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Facultad de

Ingeniería. Cuenca-Ecuador.2020. pp.6-7. [Consulta:2022-05-27]. Disponible en:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18457/1/UPS-CT008706.pdf>

**VACACELA MIRANDA, Wilmo Marlon.** Estudio de parámetros de combustión en un calderín de 2 BHP y su efecto sobre la eficiencia. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería. Ambato-Ecuador.2011. pp.95. [Consulta:2022-05-27]. Disponible en:  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1427?locale=es>

# ANEXOS

## ANEXO A: ENSAYO CON EL VIDEOSCOPIO

			Departamento:	Mantenimiento					
			Área:	Integridad Mecánica					
			Documento:	B43-CPT-MNT-IMI-05312022-079					
			Elaborado por:	GRUPO 1					
			Revisado por:	E. CALDERÓN					
OT:	OT-220547623								
Fecha:	jueves, 26 de mayo del 2022								
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b>			<b>EQUIPO DE MEDICIÓN EMPLEADO:</b>						
Locación:	Laboratorio de turbomaquinaria.	Fluido:	AGUA	Marca:	YATEKS	Sonda:	1	Método:	Visual indirecta
Material:	Acero galvanizado			Model:	M430FM	Tamaño de la sonda:	3 m	Tipo Inspección:	Visual
Diámetro Nominal:	2"					Ángulo de rotación de la sonda:	360 °		
Esp Nominal:	0,218	Inch							
Tiempo empleado:		15 minutos							
ACEPTADO: <input checked="" type="checkbox"/> RECHAZADO: <input type="checkbox"/>			N° Procedimiento: 1 Distancia máxima al sitio: 1 m						
			INFORMACIÓN SOBRE LA INSPECCIÓN						
			CRITERIOS DE ACEPTACIÓN						
Los criterios de aceptación se da mediante la norma ASTM D610 que nos permite evaluar el grado de corrosión de una superficie de acero pintada utilizando la ayuda visual proporcionada por este método. De hecho, esta aplicación corresponde a una forma estandarizada que permite evaluar la cantidad y distribución de la corrosión superficial visible en una superficie revestida.									
OBSERVACIONES: En base a la inspección realizada se detecto fallas por corrosión las cuales afectan a largo plazo el funcionamiento del módulo, esto se debe a que cuando se roscan las uniones, estan perdiendo sus propiedades. La corrosión que se presenta en las uniones tambien suele ser causada en ocasiones porque se deja gua durante un largo tiempo, debido a esto empieza desgasificarse el oxígeno.									
<b>REPORTE FOTOGRÁFICO</b>									
Módulo - Turbomáquina		Presencia de corrosión en los accesorios							
	REALIZADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:				
FIRMA:									
NOMBRE:	Alexis Villafuerte		José Herrera		Ing. Edisson Calderón				
C.I.:	1804067957		1804067957						

**ANEXO B: ENSAYO CON LAS TINTAS PENETRANTES**

		Departamento:		Mantenimiento	
		Área:		Integridad Mecánica	
		Documento:		MEC-LAB-HIDR-MOD.1-02	
		Elaborado por:		GRUPO 1	
		Revisado por:		E. CALDERÓN	
		OT:		OT-220547623	
Fecha:		jueves, 2 de junio del 2022			
<b>Especificaciones Técnicas</b>		<b>EQUIPO EMPLEADO:</b>			
<b>Locación:</b>	Laboratorio de Hidráulica	<b>Marca:</b>	Magnaflux	<b>Espray</b>	3
<b>Material:</b>	Plancha Negra		SKL - SP2 Aerosol	<b>Método:</b>	Líquidos penetrantes
<b>Diámetro Nominal:</b>	inch	<b>Modelos:</b>	SKD - S2 Aerosol		
<b>Esp Nominal:</b>	4 mm		SKc - S Aerosol		
<b>Tiempo empleado:</b>	1 hora	<b>Tipo Inspección:</b>	Visual		
<b>Fluido:</b>	AGUA				
<b>INFORMACIÓN SOBRE LA INSPECCIÓN</b>					
<b>N Procedimiento</b>		1			
<b>Distancia máxima al sitio</b>		30 cm			
<b>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN</b>					
Para el criterio de aceptación se usó la norma API 1104 la cual nos dice que se debe considerar defectos si se presentan algunas de las siguientes condiciones:					
a.) Indicaciones lineales evaluadas como fisuras de cráter o de inicio de cordón excede los 5/32" (4 mm) en longitud.					
b.) Indicaciones lineales evaluadas como IF y que excedan a 1" (25 mm) de su longitud total en cualquier tramo continuo de 12" (300 mm) de cordón de soldadura					
o que exeda el 8% de longitud soldada.					
<b>OBSERVACIONES:</b> Figura 1, en base a la inspección realizada se detectó fallas en el cordón de soldadura que a largo plazo pueden ser perjudiciales para el ataque, esto se puede solucionar mediante una capa de recubrimiento interno que nos ayudara a sellar cualquier tipo de imperfección que se presente.					
Las imperfecciones que se observaron en la figura 1, después de aplicar el revelador nos permitió observar poros en el cordón de soldadura, el mismo que nos permite realizar una mantenimiento preventivo y correctivo, alargando así su vida útil.					
En la figura 1 podemos dar por aceptado el ensayo, ya que la porosidad existente en el cordón de soldadura está en el rango permisible que establece la norma API 1104.					
Figura 2, la segunda superficie examinada queda descartado (rechazado) el ensayo debido a la falta de limpieza exhaustiva, lo que no permite que el penetrante actúe correctamente sobre el mismo.					
<b>REPORTE FOTOGRÁFICO</b>					
					
Figura 1 Presencia de discontinuidades sobre las zonas en donde se aplicó el revelador					
<b>FIRMA:</b>	<b>REALIZADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>		

			EDISSON Firmado digitalmente
			FERNANDO por EDISSON FERNANDO CALDERON
			CALDERON FREIRE
			FREIRE Fecha: 2022.06.30
<b>NOMBRE:</b>	Alexis Villafuerte	José Herrera	Ing. Edisson 14:46:14 - 05'00'
<b>C.I.:</b>	1805171533	1804067957	Calderón



**ANEXO C: FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA CENTRÍFUGA**








<b>FACULTAD DE MECÁNICA</b>			
	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS DE INSTRUMENTACIÓN</b>	<b>FRECUENCIA</b>	
		MENSUAL	
		TRIMESTRAL	
		ANUAL	
<b>UBICACIÓN</b>	<b>LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>IMAGEN</b>	
<b>UNIDAD</b>	BOMBA CENTRÍFUGA		
<b>TIME</b>	CONT		
<b>SERIE/CODIGO</b>	H60hz PH3		
<b>POTENCIA</b>	5HP		
<b>VOLTAJE</b>	230/460		
<b>AMPS</b>	13,8/6,9		
<b>FASE</b>	TRIFASICO		
<b>RPM</b>	3500		
<b>AMB</b>	40		









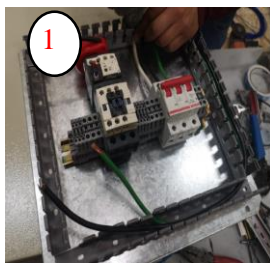
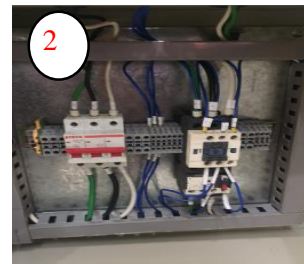

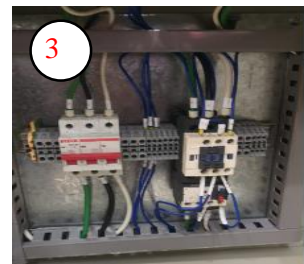












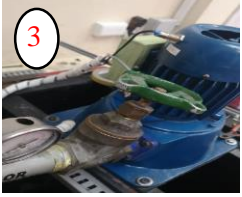
**ANEXO D: HOJA DE TARES DE MANTENIMIENTO**












BASE DE CONOCIMIENTOS		CAPACITACIÓN / ENTRENAMIENTO						
MANTENIMIENTO PREVENTIVO		CAPACITACIONES A LOS ESTUDIANTES PARA EL INGRESO DEL LABORATORIO						
SEGURIDAD INDUSTRIAL		CAPACITACIONES DE TURBINAS						
MANEJO DE HERRAMIENTAS		CAPACITACIONES EN BOMBAS CENTRIFUGAS						
PROGRAMACIÓN		CAPACITACIONES DE INSTRUMENTACIÓN						
		CAPACITACIONES DE ELECTRICIDAD						
<input checked="" type="checkbox"/>	#	TAREA	CÓDIGO	EQUIPOS	Tiempo (min)	Frecuencia (D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)		Total (Diario)
	1	Verificar la tensión del motor eléctrico	ESPOCH -FIMA- TT- MT01	MOTOR ELÉCTRICO	5		S	5
	2	Inspección visual de las borneras, conductores eléctricos y componentes de instrumentación en el tablero de control.	ESPOCH -FIMA- TT-TC01	TABLERO DE CONTROL	120		M	120
	3	limpieza de la bornera del sensor	ESPOCH -FIMA- TT-SP01	SENSOR DE PRESIÓN DE ENTRADA	30		A	30














	4	Análisis de vibraciones del motor eléctrico de la bomba	<b>ESPOCH -FIMA- TT- MT02</b>	<b>MOTOR ELÉCTRI CO</b>	<b>20</b>		<b>S</b>	<b>20</b>
	5	Alineación la bomba y del elemento impulsor	<b>ESPOCH -FIMA- TT- BM01</b>	<b>BOMBA</b>	<b>60</b>		<b>O</b>	<b>60</b>
TOTAL, TIEMPO EN (mim)								235
<b>Bloques de firmas</b>				<b>Historial de cambios en el trabajo</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cambio</b>			
18/4/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García						

Página 1			Task Instrucción Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		laboratorio de turbo maquinaria			
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Verificar la tensión del motor eléctrico			Fecha de Realización	20/4/2022	Realizada por:	Andrés Villacrés	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo			Tiempo estándar	5 min	
Motor eléctrico		LABORATORIO		Medio Ambiente						
P	Sim.	No	Descripción de Pasos	Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)	Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
		1	Verificar la tensión del motor trifásico con pinzas verimétricas para comprobar la tensión.	Verificar la tensión del motor trifásico con pinzas verimétricas para comprobar la tensión de cada una de sus líneas comprobando el voltaje de 220 voltios	 					
		2	Verificar condiciones.	Verificar la continuidad de cada línea del motor trifásico con pinzas amperimétrica						
		3	Inspeccionar y evitar si los cables tienen una sobre carga.	Inspeccionar si no hay cables que estén sobre calentados						
				Proteger los cables sueltos						
Bloques de firmas					Historial de cambios en el trabajo					
Fecha		Revisa		Aprueba		Fecha		Nombre	Cambio	
20/4/2022		Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						

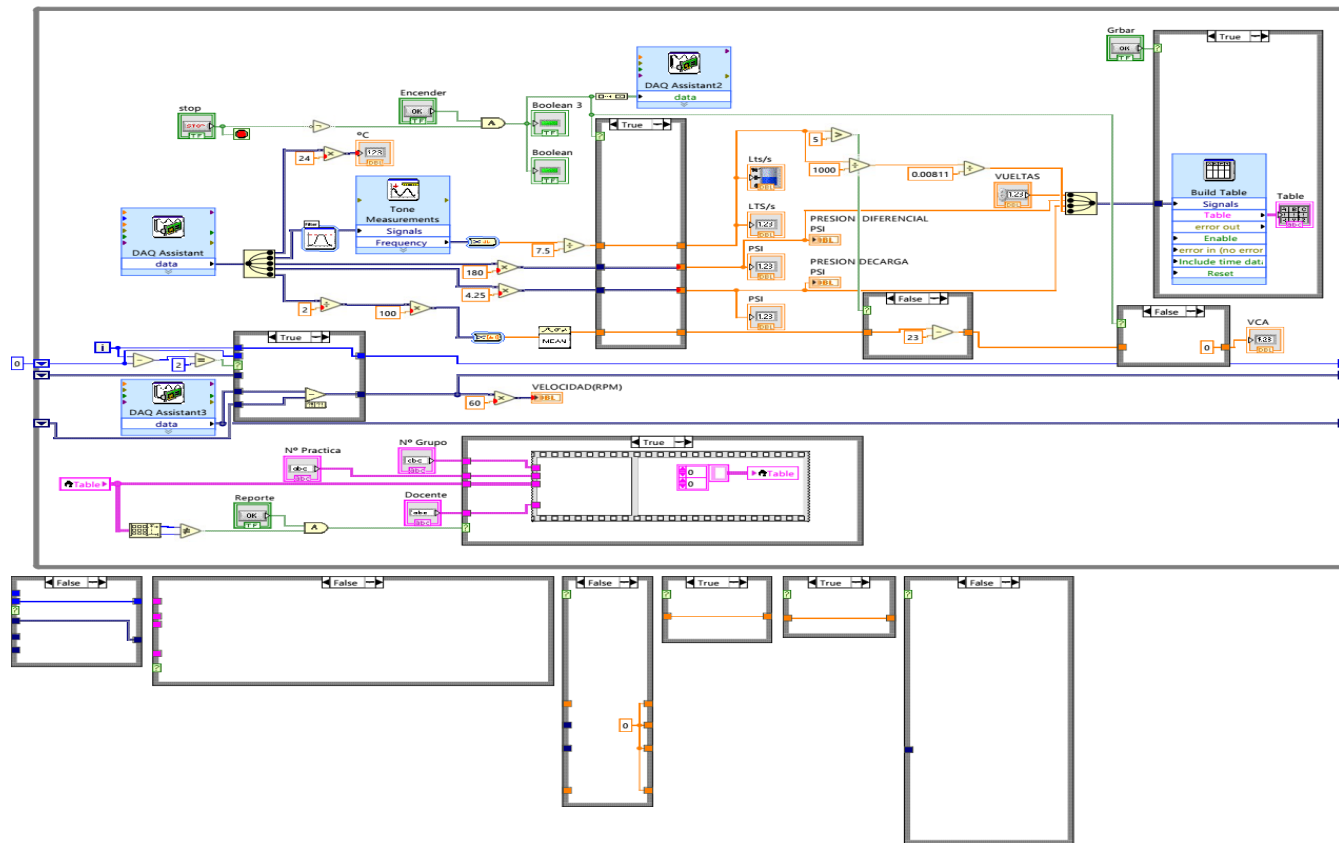
Página 2			<b>Task Instrucción Sheet</b> (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		<b>laboratorio de turbo maquinaria</b>				
	<b>Tarea: 2</b>			<b>Descripción de la tarea:</b> Inspección visual de las borneras, conductores eléctricos y componentes de instrumentación en el tablero de control.			<b>Fecha de Realización</b>	20/5/2022	<b>Realizada por:</b>	Andrés Villacrés	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		<b>Símbolo</b>	 Seguri	 Crítico	 Secuencia mandatorio	 Calidad	 Secuencia mandatorio de pasos	 Medio Ambiente
<b>TABLERO DE CONTROL</b>		<b>LABORATORIO</b>		<b>O</b>	en los pasos						
P	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>	<b>Detalle del Paso</b> (Que, Como, Puntos clave)		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>					
		1	Se observa si los cables están bien sujetos en las borneras.	Se comprueba que el sensor esté tomando su medición correctamente							
		2	Verificar condiciones.	Con el programa LabVIEW se supervisa la medición de los sensores							
		3	Inspeccionar el estado del panel de control y registrar anomalías.	Con el programa LabVIEW los permite supervisar y controlar todo el sistema de la rutina, detectando las anomalías que se puede detectar por una mala operación o un mal montaje de los sensores de presión, temperatura, caudalímetro y rpm.							
<b>Fecha</b>		<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>		<b>Fecha</b>			<b>Nombr e</b>	<b>Cambio</b>		
20/5/2022		Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García								

Página 3			<b>Task Instrucción Sheet</b> (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		<b>laboratorio de turbo maquinaria</b> 				
	<b>Tarea: 3</b>		<b>Descripción de la tarea:</b> limpieza de la bornera del sensor			<b>Fecha de Realización</b>	25/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Andrés Villacrés		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		<b>Símbolo</b>	 Critico	 Secuencia mandatorio en los PASOS	 Seguridad	 Secuencia mandatorio de	 Medio Ambiente	<b>Tiempo estándar</b>
	<b>Sensor</b>		<b>LABORATORIO</b>								30 min
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>	<b>Detalle del Paso (Que, Como, Puntos clave)</b>	<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>						
		1	Se realiza el desmontaje del sensor para verificar si el cable de control está conectada a las borduras en el panel de control	Se manipula con cuidado la parte de instrumentación, el cable de control del sensor se verifica visual mente cada una de sus conexiones, para el mantenedle sensor en la tubería se enrula el enroscado del sensor con teflón, se pone terminales en cada uno de los cables para una mejor conductividad en las borneras	 						
		2	Verificar condiciones.	Las condiciones de los instrumentos se realizó una limpieza							
		3	Inspeccionar el estado de la parte de instrumentación y registrar anomalías.	Para el montaje del sensor en la tubería se enrula el enroscado del sensor con teflón, se pone terminales en cada uno de los cables para una mejor conductividad en las borneras							
<b>Fecha</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>		<b>Fecha</b>		<b>Nombre</b>		<b>Cambio</b>	
25/7/2022		Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García							

Página 4			<b>Task Instrucción Sheet</b> (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		<b>laboratorio de turbo maquinaria</b> 		
	<b>Tarea: 4</b>		<b>Descripción de la tarea:</b> <b>Análisis de vibraciones del motor eléctrico de la bomba</b>		<b>Fecha de Realización</b>		<b>Realizada por:</b>		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		<b>25/8/2022</b>		<b>Andrés Villacrés</b>		
	<b>Bomba centrífuga</b>		<b>LABORATORIO</b>		<b>Símbolo</b>  Critico  Secuencia mandatorio en  Calidad  Secuencia mandatorio de  <b>Tiempo estándar</b>		<b>20 min</b>		
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>	<b>Detalle del Paso</b> (Que, Como, Puntos clave)		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Medida de vibración global o total del motor eléctrico de la bomba de agua	Identificar si existe anomalías en la aria de acoples					
		2	Verificar la medida de vibraciones vertical	Observar si existe pernos flujos					
		3	Medidas de vibraciones en horizontal	Encender el equipo de vibración Calibrar el instrumento de medición. Colocar el instrumento de vibración en la parte cerca de los rodamientos. Energizar el motor eléctrico. Realizar 3 mediciones. Sacar un promedio de las 3 mediciones para tener un valor exacto y apagar la fuente de energía del motor.					
<b>Fecha</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>		<b>Fecha</b>		<b>Nombre</b>	
25/8/2022		Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García					

Página 5	 		<b>Task Instrucción Sheet</b> (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área <b>laboratorio de turbo maquinaria</b> 			
	<b>Tarea: 5</b>		<b>Descripción de la tarea:</b> Alineación la bomba y del elemento impulsor		<b>Fecha de Realización</b> 14/9/2022	<b>Realizada por:</b> Andrés Villacrés		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación <b>Bomba centrífuga LABORATORIO</b>		<b>Símbolo</b>     	Secuencia mandatorio	 Medio Ambiente	<b>Tiempo estándar</b> 60 min
P	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>	<b>Detalle del Paso</b> (Que, Como, Puntos clave)	<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir.	Con el nivel de 90° se realizó la alineación de la bomba centrífuga, con la escuadra de 45 se comprueba la alineación de la bomba centrífuga con la asesoría de impulsador.	  			
		2	Verificar condiciones.	Organizar el cableado				
		3	Alinear la bomba centrífuga y reapretar los tornillos de anclaje.	Alinear la bomba centrífuga				
				Reapretar los tornillos				
			Energizar la bomba centrífuga					
<b>Fecha</b>		<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>		<b>Fecha</b>		<b>Nombre</b>	<b>Cambio</b>
14/9/2022		Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García					

# ANEXO E: DÍAGRAMA DE BLOQUES EN SOFTWARE LABVIEW





ANEXO F: REPORTE DE DATOS EN EXCEL

REPORTETT\_2022-09-15\_095352 - Excel (Error de activación de productos) ANDRES GEOVAN

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Complementos Ayuda XLSTAT365-Freemium ¿Qué desea hacer?

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos

Docente : Ing. Marco Ordonez

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO  
 FACULTAD DE MECANICA  
 ESCUELA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
 LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIAS HIDRAULICAS  
 BANCO DE PRUEBAS TURBINA TURGO

<b>Materia:</b>	Turbomaquinaria Hidráulica	<b>Fecha:</b>	15/9/2022
<b>Profesor:</b>	Ing. Marco Ordonez	<b>Hora:</b>	9:53:52
<b>Grupo:</b>	1	<b>Práctica N°</b>	1

TABLA PARA LECTURA Y CÁLCULOS															
BOMBA					Turbina y Generador										
APERTURA	PRESIÓN DIFERENCIAL	VELOC. ENTRADA	POTENCIAS		REND. MEC.	PRESIÓN DE ENTRADA	PRESIÓN DE SALIDA	VELOC. ENTRADA	CAUDAL	POTENCIAS		REND. MECA	REV. GENERADOR	TEM. GENERADOR	VOLTAJE
VÁLVULA DE COMPUERTA	PD	Ve	Pe	Pm	Nt	Pe	PF	Ve	Q	Pe	Pm	Nt	N	°C	V
	mca	m/s	HP	HP	%	mca	mca	m/s	Lt/s	HP	HP	%	rpm	°C	V
0,0000	21,7434	0,7806	1,0321	1,4744	70,0000	20,1662	0,0000	4,2500	4,8453	0,3569	1,2759	75,0000	2040,0000	20,1735	103,0948
0,0000	21,7807	0,7876	1,0428	1,4897	70,0000	20,4255	0,0000	4,2879	4,8886	0,3779	1,3039	75,0000	2040,0000	19,7449	103,2573
0,0000	21,1429	0,8138	1,0460	1,4943	70,0000	20,2577	0,0000	4,4310	5,0517	1,0022	1,3363	75,0000	2040,0000	19,3286	126,0807
0,0000	21,2050	0,8437	1,0875	1,5536	70,0000	20,0594	0,0000	4,5934	5,2369	1,0288	1,3717	75,0000	2040,0000	19,3286	126,0549
0,0000	21,2168	0,8080	1,0422	1,4888	70,0000	20,0899	0,0000	4,3993	5,0156	0,9668	1,3158	75,0000	2100,0000	19,3286	126,2211

**ANEXO G: EJECUCIÓN DE LA CUARTA TAREA**

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**VICERRECTORADO ACADÉMICO**

**DIRECCIÓN DE DESARROLLO ACADÉMICO**



**ESPOCH**

**FACULTAD: Mecánica**

**CARRERA: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**MANUAL DE OPERACIÓN DE LA TURBINA TURGO Y EL GENERADOR  
EN EL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA  
FACULTAD DE MECÁNICA**




**LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA  
FACULTAD DE MECÁNICA**


**Realizado por:** Richard Ruiz



Andrés Villacrés

**Riobamba-2022**

**Elaboración del manual de operación**

 <b>LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA</b> <b>DE LA FACULTAD DE MECÁNICA</b> 			
<b>MANUAL DE OPERACIÓN DE LA TURBINA TURGO Y EL GENERADOR EN EL</b> <b>LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE</b> <b>MECÁNICA</b> Abril 2022- septiembre 2022			
<b>Facultad</b>	Mecánica		
<b>Escuela</b>	Mantenimiento Industrial		
<b>Nombres</b>	Richard Ruiz	Villacrés Andrés	
<b>Códigos</b>	2338	2568	
<b>Fecha de inicio</b>	2022/04/20	Fecha de culminación	2022/07/15
<b>Inicio</b>		<b>Grafica</b>	
<p><b>Operación</b></p> <p>Antes de energizar el sistema verificar que la rotación de la turbina sea igual que la bomba. La rotación de la bomba y la turbina está indicada en la carcasa, en el motor trifásico si es necesario se puede cambiar su polaridad para cambiar el sentido si lo fuera mesetario.</p> <p><b>¡Advertencia!</b> Antes de ponerle a marcha verificar que la alineación de la bomba este de acuerdo a la parte de instrumentación caso contrario dañaría los cojinetes y acoplamientos.</p> <p><b>Arranque</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Siempre revisar si posible, girar la mano en los álabes del generador para asegurar que ninguna pieza este atascada.</li> <li>◆ Alimentación es de 220 voltios.</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Abrir la válvula de compuerta en la tubería.</li> <li>◆ Abrir la válvula de descarga.</li> <li>◆ Realizar al máximo y mínima operación de las principales tomas de datos que son caudal, presión, temperatura y revoluciones por minuto mediante el programa LabVIEW</li> </ul> <p><b>Nota:</b> si la bomba no aumenta la presión y realiza ninguna descarga del fluido cuando se abre la válvula de descarga, parar la bomba y analizar y localizar posibles averías de la bomba centrífuga.</p>	
<p><b>Parada</b></p> <p>Se puede parar el sistema con la válvula abierta que no causa ningún daño a la bomba. Sin embargo, es recomendable cerrar la válvula de descarga para evitar los martilleos del agua que se puede producir al momento de parar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Cerrar el programa LabVIEW</li> <li>◆ Cerrar la válvula de descarga</li> <li>◆ Parar el motor</li> <li>◆ Cerra la válvula de la tubería del sistema de la turbina Turgo</li> </ul> <p><b>¡Advertencia!</b> Antes de apagar cierre el programa LabVIEW para evitar desconfiguraciones de la toma de datos de los sensores principales que son caudalímetro, inductivo y revoluciones por minuto.</p>	

FIRMA DEL DOCENTE		RESPONSABLE DEL LABORATORIO	
	Riobamba-Ecuador Panamericana Sur km 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Código Postal: EC060155	Teléfono: 593(03)2998- 200 Telefax: (03)2317-001	

**Realizado por : Ruiz, R.; Villacrés, A., 2022.**

**ANEXO H: GUÍA DE PRÁCTICAS**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**VICERRECTORADO ACADÉMICO**

**DIRECCIÓN DE DESARROLLO ACADÉMICO**



**ESPOCH**

**FACULTAD: MECÁNICA**

**CARRERA: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**GUÍA DE PRÁCTICA DEL LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA  
HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.**

**LUGAR DONDE SE REALIZA LA PRÁCTICA:**

**LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA DE LA FACULTAD  
DE MECÁNICA.**

**RIOBAMBA-2022.**

**FECHA DE INICIO:**

**FECHA DE FINALIZACIÓN:**

**DONDE SE REALIZO LA PRÁCTICA:**

LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIAHIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA

**OBJETIVOS**

**OBJETIVO GENERAL:**

Adquirir los datos obtenidos del banco de pruebas en el laboratorio de turbomaquinaria de la facultad de la ESPOCH.

**OBJETIVO ESPECÍFICO:**

Calcular las ecuaciones diferenciales de la presión de la turbina y la bomba centrífuga.

Determinar el voltaje en sus 4 aberturas de la válvula de la turbina Turgo y el generador en el laboratorio de turbomaquinaria.

Realizar tareas de mantenimiento preventivo y correctivo en el módulo del panel de control en el banco de la turbina Turgo.

**MARCO TEÓRICO:**

Realizar consultas de la turbina Turgo y el generador para comprender su funcionamiento.

**DATOS OBTENIDOS**

Tomar los datos obtenidos

Caudal (Q)	Velocidad (m/s)	Presión (P)	rpm	Temperatura (°c)	Voltaje (V)

## METODOLOGÍA

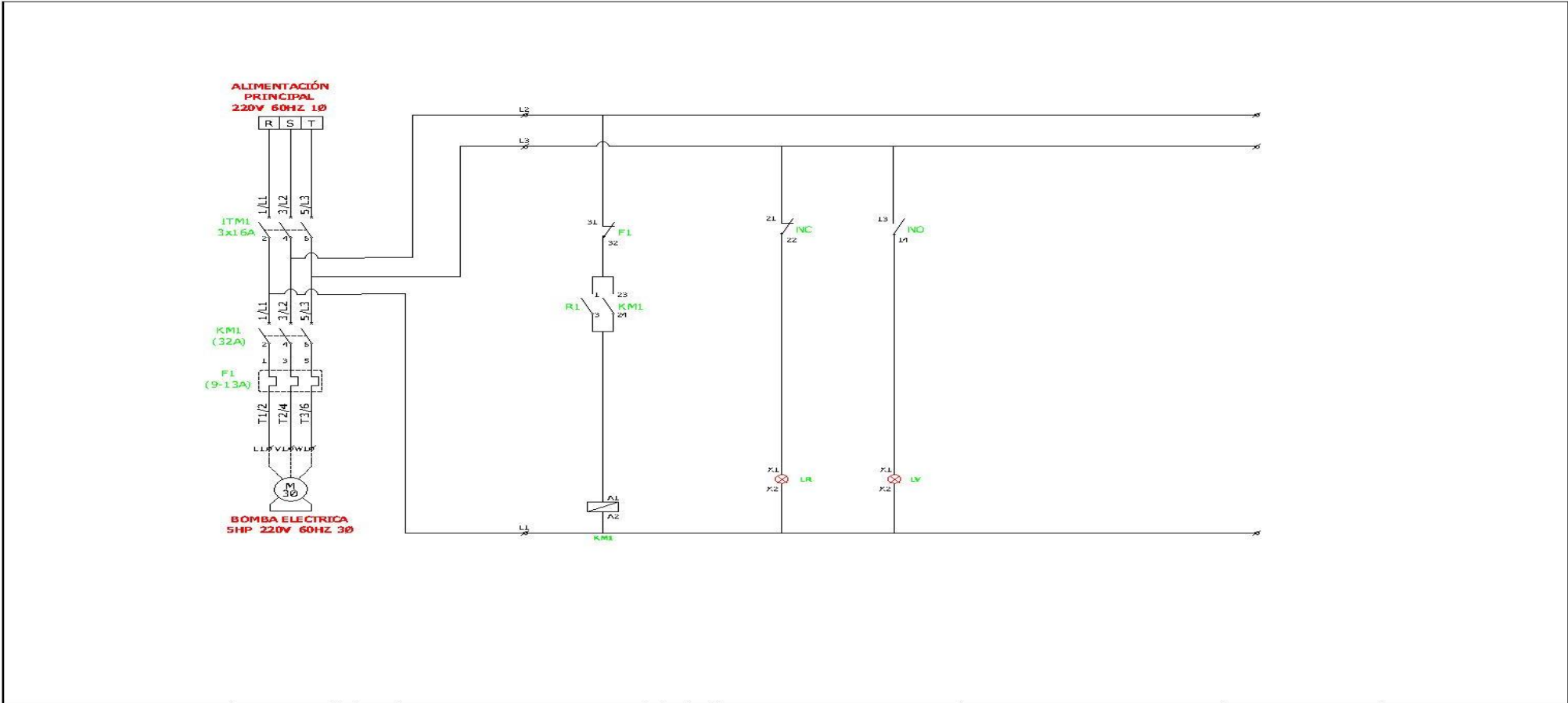
- ◆ Enchufe el cable de alimentación
- ◆ Energice el sistema de la turbina
- ◆ Encienda la portátil
- ◆ Abra el programa LabVIEW
- ◆ Verificar que el banco no tenga materiales que pueda tapar el paso del sistema.
- ◆ Activar el panel de control.
- ◆ Poner en marcha el programa
- ◆ Tomar los datos de medición de la presión, caudal, temperatura, voltaje y rpm.
- ◆ Apagar el sistema mediante el programa LabVIEW.
- ◆ Apagar el panel de control.
- ◆ Desconectar la fuente de alimentación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## GRÁFICAS DE LOS DATOS OBTENID



# ANEXO I: CIRCUITO DE MANDO Y POTENCIA



OLD DWG. NAME	NO.	DATE	REVISION / DESCRIPTION	BY	CHKD.	APPL.	PERMIT STAMP	NOTES:
REFERENCE DRAWINGS	00	2014/08/01	ISSUED FOR CLIENT REVIEW / MARIEN 30 PRODUCTION FACILITIES	INT	RD	JD		ESTE DIBUJO ES PROPIEDAD DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA LA CUMBORAZZ ESCUELA 1450 (53 2122) DISEÑADO: MANTENIMIENTO TÍTULO: TURBO MAQUINARIAS TURBINA TURGO AREA: MECANICA FOLIO: FTM-001-001
CLASSIFICATION AREA-DETAIL	00	2014/08/06	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL / MARIEN 30 PRODUCTION FACILITIES	INT	RD	JD		
	0	2014/08/11	ISSUED FOR CONSTRUCTION / MARIEN 30 PRODUCTION FACILITIES	INT	RD	JD		
	1	2014/10/01	AS BUILT / MARIEN 30 PRODUCTION FACILITIES	PRE	JM	DT/MG		
	2	2015/03/06	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL / MARIEN 30 PRODUCTION FACILITIES	INT	RD	JD		
	3	2015/03/20	ISSUED FOR CONSTRUCTION / MARIEN 30 PRODUCTION FACILITIES	INT	RD	JD		
	4	2016/08/28	AS BUILT/COMPLIATION LOW VOLTAGE-LOW VOLTAGE-PARTES Y 4 CILINDRO	REC	WV/PC	NE/ST		
	5	2016/10/26	ISSUED FOR CLIENT REVIEW / ELECTROMECHANICAL UPGRADE 2016	INT	PCA	PC		
	08	2019/01/07	ISSUED FOR CONSTRUCTION / ELECTROMECHANICAL UPGRADE 2019	INT	PCA	PC		
REF-138-08-EAC-001-08 / PCA	07	2019/04/20	AS BUILT - PRE	PRE	MG/ST	PD		

