



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

“EVALUACIÓN DE ESTADO DEL EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN, CONTROL Y FUERZA DE LA DRAGA AMALUZA I DE LA PRESA DANIEL PALACIOS DE LA UNIDAD DE NEGOCIOS CELEC SUR”

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: JOEL ALEJANDRO ORDÓÑEZ PEÑALOZA  
TUTOR: ING. CARLOS ULICER PERALTA LÓPEZ

Cuenca - Ecuador  
2022

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Joel Alejandro Ordóñez Peñaloza con documento de identificación N° 0704793405, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 31 de mayo del 2022

Atentamente,



---

Joel Alejandro Ordóñez Peñaloza

0704793405

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Joel Alejandro Ordóñez Peñaloza con documento de identificación N° 0704793405, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico con Enfoque General: “Evaluación de estado del equipamiento de protección, control y fuerza de la draga Amaluza I de la presa Daniel Palacios de la Unidad de Negocios CELEC SUR”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 31 de mayo del 2022

Atentamente,



---

Joel Alejandro Ordóñez Peñaloza

0704793405

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Ulicer Peralta López con documento de identificación N° 0103112561, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACIÓN DE ESTADO DEL EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN, CONTROL Y FUERZA DE LA DRAGA AMALUZA I DE LA PRESA DANIEL PALACIOS DE LA UNIDAD DE NEGOCIOS CELEC SUR, realizado por Joel Alejandro Ordóñez Peñaloza con documento de identificación N° 0704793405, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico con Enfoque General que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 31 de mayo del 2022

Atentamente,



---

Ing. Carlos Ulicer Peralta López  
0103112561

# AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen por cuidarme, guiarme y ser ese pilar fundamental en aquellos momentos difíciles que he atravesado. Así mismo doy gracias a mi madre Angelita Ordóñez, a mi abuela Ibelia Peñaloza y mi familia por guiarme en cada etapa de mi vida para cumplir mis sueños.

Un agradecimiento especial a mi tutor, el Ing. Carlos Ulicer Peralta López, por su apoyo y colaboración para la culminación de este trabajo de titulación.

A la Unidad de Negocios Celec Sur por brindarme la confianza para la gestión de este documento. Sobre todo a los tutores de la central Hidroeléctrica Paute Molino, al Ing. Francisco Marín, Ing. Boris Galán y al Ing. Miguel Maldonado por su significativo aporte para esta investigación.

A la Universidad Politécnica Salesiana, en especial a los profesores por haber transmitido sus conocimientos y sabiduría en mi formación profesional.

# DEDICATORIA

Este trabajo de titulación dedico primero a Dios y a la Virgen, por ser el guía en este arduo camino y darme sabiduría necesaria para finalizar mi carrera. Dedico de manera especial a mi madre, abuela, hermanos, familiares y mi prometida, quienes me dieron la fuerza para seguir adelante y nunca renunciar a mis sueños y así poder conseguir mis metas.

# RESUMEN

Este proyecto de tesis consiste en la evaluación de los sistemas de control, protección y medición de la draga Amaluza I, además se centra en el análisis detallado de la información sobre las fallas ocurridas en los diferentes sistemas, equipos y componentes de la draga, así como también las órdenes de trabajo realizadas en los mismos. Una vez recopilada la información de las fallas existentes obtenidas por los sistemas, se realizará un análisis para determinar el grado de obsolescencia de los equipos, considerando la disponibilidad de los repuestos, soporte técnico y la existencia o no existencia actual de su fabricación. Para finalizar, se presenta la evaluación de la condición de los equipos de la Draga Amaluza I, como la condición de edad, condición física, tecnología instalada, restricciones operativas, requisitos de mantenimiento y calidad de datos. Esto debido a que los equipos de funcionamiento de la Draga han estado en operación por 31 años.

## **Palabras Clave**

Draga, Sistemas de Fuerza, Protección, Control, Obsolescencia, Repuestos, Modernización.

# ABSTRACT

This thesis project consists of the evaluation of the control, protection, and measurement systems of the dredger Amaluza I. It also focuses on the detailed analysis of information on the failures that have occurred in the different systems, equipment, and components of the dredger and the work orders carried out in them. Once the information on the existing faults obtained from the systems has been compiled, an analysis will be carried out to determine the degree of obsolescence of the equipment; considering the availability of spare parts, technical support, and the current existence or non-existence of its manufacture. Finally, the condition evaluation of the dredger Amaluza I equipment is presented, such as the age, physical condition, installed technology, operating restrictions, maintenance requirements, and data quality. This is because the Dredger's operating equipment has been in operation for 31 years.

## **Keywords**

Dredge, Power Systems, Protection, Control, Obsolescence, Spare Parts, Modernization.

# INTRODUCCIÓN

Durante varios años se ha empleado el dragado del embalse Amaluza en la Central Hidroeléctrica Paute Molino, que ha ayudado a mejorar la producción de electricidad; sin embargo, el sistema de dragado ha tenido varios problemas con sus componentes por la tecnología instalada y los años de operación.

La Draga Amaluza I es completamente eléctrica y para su funcionamiento es necesaria la operación de tres motores principales asociados a bombas que cumplen con el proceso de extracción de sedimentos.

El manejo de la draga depende principalmente de la energía proporcionada por la Central Hidroeléctrica Paute Molino y de los varios componentes y circuitos colocados en la cabina de mando y los tableros de fuerza.

## ANTECEDENTES

El embalse Amaluza I de la Central Hidroeléctrica Paute Molino de la Unidad de Negocios Celec Sur fue construido como parte de las obras de las fases A y B, la cual consta de un almacenamiento de ciento veinte millones de metros cúbicos con un volumen útil de cien millones de metros cúbicos, y con un vertedero de excesos que consta de una capacidad de descarga de  $7724 \frac{m^3}{s}$ .

La draga Amaluza I construida en el año de 1990 por la empresa japonesa Kurimoto, sigue sus operaciones tras 30 años de funcionamiento, y es constituida básicamente por tecnología electromecánica, electrónica analógica y sistemas de accionamiento manual. Los 30 años de vida de la draga sobrepasa al límite de 10 años, que es tiempo promedio en el cual se considera que un elemento eléctrico o electrónico ha cumplido su etapa de soporte técnico y fabricación de repuestos asociados y también supera los 20 años para la obsolescencia tecnológica, es decir estos elementos se dejan de fabricar como repuestos, de acuerdo con lo especificado por los fabricantes.

Debido a la importancia de la Draga para garantizar el proceso de generación de energía de la Central Molino, es necesario que esta se mantenga en funcionamiento de forma continua y confiable, a demás una parte fundamental para este propósito son los sistemas de control, protección y medición.

# JUSTIFICACIÓN

La draga Amaluza I es un elemento fundamental para el óptimo rendimiento de la Central Paute Molino, ya que evita que el sedimento ingrese a las tomas de carga, lo cual es perjudicial para las turbinas instaladas en casa de máquinas.

Con los 30 años de operación existe el riesgo de que se incremente las tasas de fallo debido al deterioro natural al que los componentes están expuestos. Asimismo, de que se dificulte la adquisición de repuestos en el mercado, puesto que los cambios tecnológicos constantes dejan sin soporte técnico o fabricación de elementos de repuestos.

Al realizar la evaluación de los componentes del sistema de control, protección y medición de la draga Amaluza I se podrá determinar la necesidad de iniciar un proceso de modernización.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Determinar el estado de los sistemas de control, protección y medición de la draga Amaluza I de la presa Daniel Palacios de la Unidad de Negocios Celec Sur, para establecer las estrategias que permitan garantizar la continuidad de su operación.

## OBJETIVO ESPECÍFICO

Evaluar los elementos electromecánicos que conforman los equipos de protección, control y fuerza de la Draga Amaluza I de la presa Daniel Palacios de la Unidad de Negocios Celec Sur en función del historial de fallas, estado actual y vigencia tecnológica.

# Índice

<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>21</b>
1.1. Central Hidroeléctrica Paute Molino . . . . .	21
1.2. Presa Daniel Palacios . . . . .	22
1.3. Dragado en Presas de Gran Profundidad en Región Montañosa	23
1.4. Características de la Draga Amaluzza I y del Equipo de Bombeo	23
<b>2. MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>25</b>
2.1. Evaluación de la Condición de los Equipos . . . . .	25
2.1.1. Condición de Edad . . . . .	27
2.1.2. Condición Física . . . . .	27
2.1.3. Tecnología Instalada . . . . .	28
2.1.4. Restricciones Operativas . . . . .	29
2.1.5. Requisitos de Mantenimiento . . . . .	30
2.1.6. Calidad de Datos . . . . .	31
2.2. Obsolescencia de los Equipos Instalados . . . . .	33
2.3. Disponibilidad de Repuestos . . . . .	34
2.4. Estrategias Para Garantizar la Continuidad de los Equipos principales de la Draga . . . . .	34
2.4.1. Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico . . . . .	34
2.4.2. Prueba de Polarización (PI) y Prueba de Absorción Dieléctrica . . . . .	35
<b>3. Control y Auxiliares de los Sistemas Primarios de la Draga Amaluzza I</b>	<b>36</b>
3.1. Tablero de Arranque de la Bomba de Descarga . . . . .	36
3.1.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Provee- dores . . . . .	36
3.1.2. Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	37
3.1.3. Registro Fotográfico . . . . .	38
3.2. Tablero de Arranque de la Bomba de Dragado . . . . .	40
3.2.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Provee- dores . . . . .	40
3.2.2. Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	41
3.2.3. Registro Fotográfico . . . . .	42
3.3. Tablero de Arranque y Transformador . . . . .	44

3.3.1.	Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	44
3.3.2.	Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	45
3.3.3.	Registro Fotográfico . . . . .	46
3.4.	Tablero del Interruptor Principal de Alta Tensión . . . . .	49
3.4.1.	Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	49
3.4.2.	Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	50
3.4.3.	Registro Fotográfico . . . . .	51
3.5.	Tablero de Arranque de la Bomba de Chorro de Agua . . . . .	54
3.5.1.	Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	54
3.5.2.	Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	55
3.5.3.	Registro Fotográfico . . . . .	56
3.6.	Tablero del Interruptor de Baja Tensión y Transferencia . . . . .	57
3.6.1.	Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	57
3.6.2.	Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	59
3.6.3.	Registro Fotográfico . . . . .	60
3.7.	Tablero de Arrancadores de los Winches, Bomba de Servicio, Lubricación de Boba de Descarga . . . . .	62
3.7.1.	Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	62
3.7.2.	Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	63
3.7.3.	Registro Fotográfico . . . . .	64
<b>4.</b>	<b>Control y Auxiliares del Sistema de Emergencia</b>	<b>67</b>
4.1.	Generador de Emergencia . . . . .	67
4.1.1.	Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	67
4.1.2.	Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	68
4.1.3.	Registro Fotográfico . . . . .	69
4.2.	Panel y Tablero de Control del Generador de Emergencia . . . . .	69
4.2.1.	Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	69
4.2.2.	Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	70
4.2.3.	Registro Fotográfico . . . . .	71

<b>5. Control y Auxiliares de la Nueva Bomba de Chorro</b>	<b>73</b>
5.1. Tablero de Arranque de la Nueva Bomba de Chorro . . . . .	73
5.1.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	73
5.1.2. Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	74
5.1.3. Registro Fotográfico . . . . .	75
5.2. Tablero de Interruptores de Bajo Voltaje . . . . .	77
5.2.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	77
5.2.2. Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	78
5.2.3. Registro Fotográfico . . . . .	79
<b>6. Control y Auxiliares de la Cabina de la Draga Amaluzá I</b>	<b>80</b>
6.1. Panel de Control Remoto de la Nueva Bomba de Chorro . . . . .	80
6.1.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	80
6.1.2. Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	81
6.1.3. Registro Fotográfico . . . . .	82
6.2. Tablero de Arranque . . . . .	82
6.2.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	82
6.2.2. Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	84
6.2.3. Registro Fotográfico . . . . .	85
6.3. Sistema de Amplificación . . . . .	85
6.3.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	85
6.3.2. Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	86
6.3.3. Registro Fotográfico . . . . .	87
6.4. Tablero Monitor de Volumen Dragado . . . . .	87
6.4.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	87
6.4.2. Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	88
6.4.3. Registro Fotográfico . . . . .	89
6.5. Tablero de Operación . . . . .	91
6.5.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores . . . . .	91
6.5.2. Evaluación de la Condición del Sistema . . . . .	92
6.5.3. Registro Fotográfico . . . . .	93

6.6. Tabla de componentes de protección, control y fuerza . . . . .	95
<b>7. Estrategias Para Garantizar la Continuidad de los Equipos principales de la Draga</b>	<b>98</b>
7.1. Resistencia de Aislamiento Eléctrico y Relación de Absorción Dieléctrica (DAR) . . . . .	98
7.1.1. Motor de Dragado . . . . .	98
7.1.2. Bomba de Chorro . . . . .	99
7.1.3. Nueva Bomba de Chorro . . . . .	100
7.1.4. Bomba Sumergible . . . . .	102
7.1.5. Transformador en Alta . . . . .	103
7.1.6. Transformador en Alta-Baja . . . . .	104
7.1.7. Malacate 1 . . . . .	105
7.1.8. Malacate 2 . . . . .	106
7.1.9. Malacate 3 . . . . .	107
7.1.10. Malacate 4 . . . . .	108
<b>8. Conclusiones</b>	<b>111</b>
<b>9. Recomendaciones</b>	<b>113</b>
<b>10. Anexos</b>	<b>115</b>
10.1. Bomba de Descarga . . . . .	115
10.2. Bomba de Dragado . . . . .	119
10.3. Popa de la Draga . . . . .	121
10.4. Proa de la Draga . . . . .	124

## Índice de tablas

1. Parámetros de Condición . . . . .	26
2. Criterios de Calificación por Tiempo de Operación . . . . .	27
3. Criterios de Calificación de Condición Física . . . . .	27
4. Criterios de Calificación de la Tecnología Instalada . . . . .	28
5. Criterios de Calificación de Restricciones Operativas . . . . .	29
6. Criterios de Calificación de Requisitos de Mantenimiento . . . . .	30
7. Criterios de Calificación de Calidad de Datos . . . . .	31
8. Estado del Sistema Según Valor del Indicador de Condición . . . . .	32

9.	Nivel de voltaje DC aplicable para pruebas IR, PI y DAR según voltaje de trabajo del motor. . . . .	34
10.	Interpretación de indicadores PI y DAR resultantes de la medición de resistencia de aislamiento en motores eléctricos. . . .	35
11.	Tablero de Arranque de la Bomba de Descarga . . . . .	36
12.	Indicador de Condición del Estado de Arranque de la Bomba de Descarga . . . . .	37
13.	Tablero de Arranque de la Bomba de Dragado . . . . .	40
14.	Indicador de Condición del Estado de Arranque de la Bomba de Dragado . . . . .	41
15.	Tablero de Arranque y Transformador . . . . .	44
16.	Indicador de Condición del Estado del Tablero de Arranque y Transformador . . . . .	45
17.	Tablero del Interruptor Principal de Alta Tensión . . . . .	49
18.	Indicador de Condición del Tablero del Interruptor Principal de alta Tensión . . . . .	50
19.	Tablero de Arranque de la Bomba de Chorro de Agua . . . . .	54
20.	Indicador de Condición del Tablero de Arranque de la Bomba de Chorro de Agua . . . . .	55
21.	Tablero del Interruptor de Baja Tensión y Transferencia . . . .	58
22.	Indicador de Condición del Tablero del Interruptor de Baja Tensión y Transferencia . . . . .	59
23.	Tablero de Arrancadores de los Winches, Bomba de Servicio, Lubricación de Bomba de descarga . . . . .	62
24.	Indicador de Condición del Tablero de Arrancadores de los Winches, Bomba de Servicio, Lubricación de Bomba de Descarga	63
25.	Generador de Emergencia . . . . .	67
26.	Indicador de Condición del Generador de Emergencia . . . . .	68
27.	Panel y Tablero de Control del Generador de Emergencia . . . .	69
28.	Indicador de Condición del Panel y Tablero de Control del Generador de Emergencia . . . . .	70
29.	Tablero de Arranque de la Nueva Bomba de Chorro . . . . .	73
30.	Indicador de Condición del Tablero de Arranque de la Nueva Bomba de Chorro . . . . .	74
31.	Tablero de Interruptores de Bajo Voltaje . . . . .	77
32.	Indicador de Condición del Tablero de Interruptores de Bajo Voltaje . . . . .	78
33.	Panel de Control Remoto de la Nueva Bomba de Chorro . . . .	80

34.	Indicador de Condición del Panel de Control Remoto de la Nueva Bomba de Chorro . . . . .	81
35.	Tablero de Arranque . . . . .	83
36.	Indicador de Condición del Tablero de Arranque . . . . .	84
37.	Sistema de Amplificación . . . . .	85
38.	Indicador de Condición del Sistema de Amplificación . . . . .	86
39.	Tablero Monitor de Volumen Dragado . . . . .	87
40.	Indicador de Condición del Tablero Monitor de Volumen Dragado . . . . .	88
41.	Tablero de Operación . . . . .	91
42.	Indicador de Condición del Tablero de Operación . . . . .	92
43.	. . . . .	97
44.	Cuadro Comparativo de los valores de Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico . . . . .	110
45.	Cuadro Comparativo de los valores de Prueba de Relación de Absorción Dieléctrica (DAR) . . . . .	110

## Índice de figuras

1.	Casa de Máquinas Central Paute Molino . . . . .	21
2.	Presa Daniel Palacios . . . . .	22
3.	Posicionamiento de la Draga . . . . .	24
4.	Fases de Obsolescencia . . . . .	33
5.	Tablero de Arranque de la Bomba de Descarga . . . . .	38
6.	Arranque de la Bomba de Descarga . . . . .	39
7.	Tablero de Arranque de la Bomba de Dragado . . . . .	42
8.	Arranque de la Bomba de Dragado . . . . .	43
9.	Tableros . . . . .	46
10.	Transformador . . . . .	47
11.	Placas de Transformadores . . . . .	48
12.	Tablero del Interruptor Principal de Alta Tensión . . . . .	51
13.	Componentes internos del tablero principal del alta tensión . . . . .	52
14.	Componentes del Tablero Principal de Alta Tensión . . . . .	53
15.	Tablero de Arranque de la Bomba de Chorro de Agua . . . . .	56
16.	Componentes Internos del Tablero de Arranque de la Bomba de Chorro de Agua . . . . .	57
17.	Tablero del Interruptor de Baja Tensión y Transferencia . . . . .	60

18.	Componentes Internos del Tablero del Interruptor de Baja Tensión y Transferencia . . . . .	61
19.	Tablero de Arrancadores de los Winches, Bomba de Servicio, Lubricación de Bomba de Descarga . . . . .	64
20.	Componentes Internos de los Tableros . . . . .	65
21.	Componentes . . . . .	66
22.	Generador de Emergencia . . . . .	69
23.	Indicadores del Generador de Emergencia . . . . .	71
24.	Placa del Generador de Emergencia . . . . .	72
25.	Tablero de Arranque de la Nueva Bomba de Chorro . . . . .	75
26.	Componentes Internos de la Nueva Bomba de Chorro . . . . .	76
27.	Tablero de Interruptores de Bajo Voltaje . . . . .	79
28.	Panel de Control Remoto de la Nueva Bomba de Chorro . . . . .	82
29.	Tablero de Arranque . . . . .	85
30.	Sistema de Amplificación . . . . .	87
31.	Tablero Monitor de Volumen Dragado . . . . .	89
32.	Partes del Monitor de Volumen de Dragado . . . . .	90
33.	Tablero de Operación . . . . .	93
34.	Componentes del Panel de Operación . . . . .	94
35.	Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Motor de Dragado . . . . .	98
36.	Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra de la Bomba de Chorro . . . . .	100
37.	Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra de la Nueva Bomba de Chorro . . . . .	101
38.	Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra de la Bomba . . . . .	102
39.	Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Transformador en Alta . . . . .	103
40.	Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Transformador en Alta-Baja . . . . .	104
41.	Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Malacate 1 . . . . .	105
42.	Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Malacate 2 . . . . .	106
43.	Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Malacate 3 . . . . .	108
44.	Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Malacate 4 . . . . .	109
45.	Cuarto de Bomba de Descarga . . . . .	115
46.	Placa de Motor de Bomba de Descarga . . . . .	116
47.	Termómetro . . . . .	116
48.	Impulsor . . . . .	117
49.	Sensor de Salida . . . . .	118
50.	Placa de Motor de Dragado . . . . .	119

51.	Estatador . . . . .	120
52.	Popa . . . . .	121
53.	Winche de Posicionamiento 4 . . . . .	122
54.	Placa de Motor Winche 4 . . . . .	122
55.	Cabina de Mando . . . . .	123
56.	Proa . . . . .	124
57.	Placa Winche de Posicionamiento 3 . . . . .	125

# CAPITULO 1

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Central Hidroeléctrica Paute Molino

Paute Molino es la segunda central hidroeléctrica más grande del Ecuador y lleva operando aproximadamente 38 años con una capacidad de 1100 MW, además entregando energía limpia al sistema nacional interconectado. Fue construida en dos etapas, la primera Fase AB con cinco turbinas tipo Pélton de 105 MW, las cuales entraron en operación en el año de 1983, y la fase C con cinco turbinas tipo Pélton de 115 MW en funcionamiento desde el año 1991.[8]



Figura 1: Casa de Máquinas Central Paute Molino

## 1.2. Presa Daniel Palacios

La presa Daniel Palacios está ubicada en la provincia del Azuay, con una altitud de 1994 msnm, y fue construida de hormigón tipo arco gravedad con una altura de 170 m y una longitud en la coronación de 420 m. Es por estas dimensiones ha sido considerada como una de las presas de su tipo más altas de América.[8]

La presa fue construida como parte de las obras de las fases A y B de la Central Paute Molino y tiene una capacidad de almacenamiento de ciento veinte millones de metros cúbicos ( $120Hm^3$ ) con un volumen útil de cien millones de metros cúbicos ( $100Hm^3$ ). Los niveles de fluctuación del agua se encuentran entre las cotas 1991 msnm para el nivel máximo normal y 1935 msnm para el nivel mínimo normal. Además, dos tomas de carga están incorporadas en el lado izquierdo de la presa, una sirve para la fase AB y la otra para la fase C.[8]

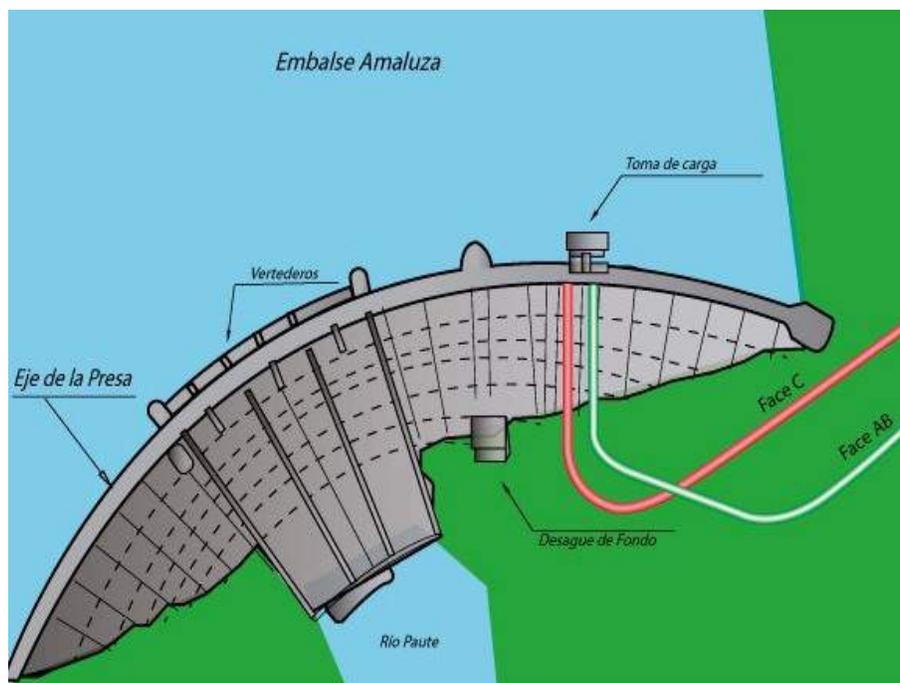


Figura 2: Presa Daniel Palacios

La sedimentación en el embalse es dragado en las zonas aledañas a la presa hasta 1000 metros agua arriba para evitar que se tapone el desagüe de

fondo y la toma de carga, para tal efecto se trabaja con una draga de tipo succión con cortador hidráulico por chorro.

### **1.3. Dragado en Presas de Gran Profundidad en Región Montañosa**

En las presas de la región montañosa, siendo su cuenca muy empinada debido a su topografía, se produce la entrada de tierra por derrumbes y lluvias torrenciales. Ello ocasionando un aumento de sedimentación año tras año, lo cual puede ser amenaza que origina problemas en la capacidad de generación de energía eléctrica, que en la mayoría de ocasiones por la aproximación de los sedimentos hacia la boca toma de la central. Con el fin de evitar estos problemas se emplea el dragado de sedimentos depositados en el fondo del embalse para, de esta forma, aprovechar todo el volumen de agua almacenado. La draga empleada para tal motivo, tiene entre sus características más importantes, debe tener versatilidad y adaptabilidad a cualquier tipo de terreno natural.[7]

La eficiencia en el dragado es otro factor que se debe tomar en cuenta, ya que el sistema de dragado no solamente debe extraer lodo blando, sino también mezclas de grava que pueden estar en el fondo del río.

### **1.4. Características de la Draga Amaluza I y del Equipo de Bombeo**

La Draga es una embarcación soportante del sistema de bombas de dragado y malacates, con una longitud 66 metros de largo por 8 metros de ancho y 2,25 metros de alto, que fue construida en Japón en el año de 1990 por la firma Kurimoto. La draga pesa 345 toneladas y fue importada en piezas para ser ensamblada en la presa.[8] Estos equipos pueden superar una profundidad de agua de hasta 110 m para alcanzar y excluir los sólidos depositados hasta esa profundidad. Sin embargo, en Ecuador su existencia es escasa e inusual, por lo que esta draga es un equipo muy especial y poco común en el país. Los sistemas son completamente electromecánicos y trabajando con la energía generada de la Central Molino mediante una línea de 16 km de longitud que parte desde el centro de fuerza del patio de maniobras de la subestación Molino. Por otro lado, el módulo de dragado es el dispositivo sujeto a un castillo soportante en la proa de la draga mediante un cable que

al ser desenrollado por un malacate permite que el módulo llegue hasta el sedimento para disgregarlo, mezclarlo con agua y absorberlo.[8]

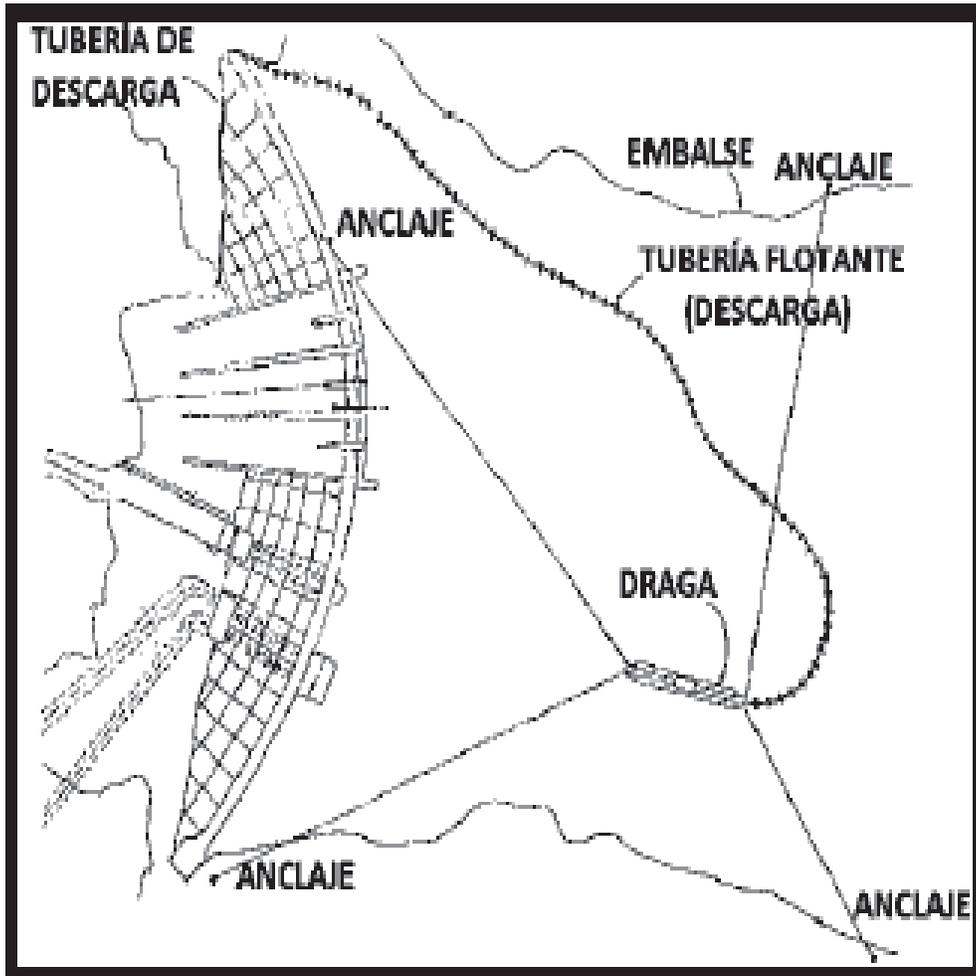


Figura 3: Posicionamiento de la Draga

# CAPITULO 2

## 2. MARCO METODOLÓGICO

### 2.1. Evaluación de la Condición de los Equipos

Para poder evaluar las condiciones de cada sistema se ha tomado como referencia los criterios de evaluación del manual desarrollado por Hydropower Advancement Project HAP.

El HAP está diseñado para el análisis de rendimiento como para la evaluación del estado de sistemas. La evaluación de la condición de los sistemas de la draga es esencial al momento de evaluar el costo/beneficio de actualizarlos, rehabilitarlos, ya que la automatización de un sistema antiguo puede volverse muy económico y menos riesgoso que mantener sus componentes obsoletos.[6]

Para la calificación de las condiciones se puntuarán seis parámetros de condición con sus respectivos factores de ponderación dependiendo del parámetro evaluado indicado en la tabla 1.

Unidad para la evaluación	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Factores de ponderación para los parámetros de condición						Calidad de datos ->	
Indicador de condición ->							

Tabla 1: Parámetros de Condición

Además de los parámetros de condición, es necesario determinar factores de ponderación dependiendo de la importancia del sistema, es decir cuál es el nivel de afectación que produce una falla dentro del sistema de control.[6]

Adicional en las guías para cada parámetro se indica los criterios de calificación mostrados en las siguientes tablas obtenidas del manual desarrollado por Hydropower Advancement Project HAP.

### 2.1.1. Condición de Edad

Tiempo de operación	Puntuación por tiempo de operación
<5 Años	10
5-13 Años	7-9
14-20 Años	4-6
21-30 Años	1-3
>30 Años	0

Tabla 2: Criterios de Calificación por Tiempo de Operación

### 2.1.2. Condición Física

Escala de clasificación de condición física		Puntuación de condición física
Excelente	No hay defectos perceptibles, algún envejecimiento o desgaste pueden ser notables.	7-10
Bueno	Algunos deterioros o defectos son evidentes, pero la función no se ve afectada significativamente.	4-6
Malo	El deterioro es grave en al menos algunas partes, la función es inadecuada, la eficiencia de la unidad o la disponibilidad se ve significativamente afectada.	1-3
Averiado	Ya no funciona, puede causar un error de un componente principal.	0

Tabla 3: Criterios de Calificación de Condición Física

### 2.1.3. Tecnología Instalada

Niveles de tecnología de las piezas	Puntuación para el nivel de tecnología instalada
La tecnología no ha cambiado significativamente desde que se instaló la pieza y la tecnología instalada fue suministrada por empresas de marca con gran reputación.	8-10
La tecnología ha sido más o menos avanzada, pero no hay problema para suministrar las piezas correspondientes en los próximos 5-10 años, o el cambio de tecnología tiene poco efecto en la eficiencia y fiabilidad de la generación de energía (pero puede reducir el costo de reemplazo). La tecnología instalada fue suministrada por empresas medianas con buena reputación.	4-7
La tecnología instalada se ha eliminado gradualmente, es un problema suministrar piezas en un tiempo de pedido razonable, o el cambio de tecnología ha mejorado significativamente la eficiencia y fiabilidad de la generación de energía. La tecnología instalada fue suministrada por pequeñas empresas con mala reputación.	0-3

Tabla 4: Criterios de Calificación de la Tecnología Instalada

#### 2.1.4. Restricciones Operativas

Restricciones de funcionamiento o condiciones fuera del diseño	Puntuación para restricciones operativas
El estándar de diseño no tiene cambios y el diseño original no tiene restricciones en la operación requerida. No se conocen deficiencias operativas y de diseño.	8-10
Restricciones mínimas: Se necesitan requisitos operativos especiales para evitar problemas de mantenimiento menores. El rango de operación se puede ampliar con la selección y el diseño del equipo. No se conocen deficiencias operativas y de diseño.	5-7
Restricciones moderadas: Se necesitan requisitos operativos especiales para evitar problemas de mantenimiento importantes. El rango de operación y el rendimiento se pueden mejorar significativamente con la selección y el diseño del equipo.	3-4
Limitaciones severas: El equipo no cumple con los criterios operativos o no se prueba según sea necesario o tiene un diseño conocido y deficiencia operativa.	0-2

Tabla 5: Criterios de Calificación de Restricciones Operativas

### 2.1.5. Requisitos de Mantenimiento

Cantidades de mantenimiento correctivo	Puntuación de requisitos de mantenimiento
Nivel mínimo (condición normal): Se requiere una pequeña cantidad de mantenimiento preventivo de rutina. Sin mantenimiento correctivo.	9-10
Nivel bajo: Pequeñas cantidades de mantenimiento correctivo (por ejemplo, menos de 3 días de personal por unidad al año). Reparaciones que podrían completarse durante una interrupción de mantenimiento preventivo de la unidad que se programa periódicamente.	7-8
Nivel moderado: Algunos mantenimientos correctivos que provocan interrupciones de mantenimiento preventivo de la unidad.	3-4
Limitaciones severas: El equipo no cumple con los criterios operativos o no se prueba según sea necesario o tiene un diseño conocido y deficiencia operativa.	5-6
Nivel significativo/extenso: Se requiere un mantenimiento adicional y correctivo significativo; se produce una interrupción forzada y se extienden las interrupciones debido a problemas de mantenimiento.	3-4
Nivel severo: Mantenimiento correctivo severo que requiere interrupciones programadas o forzadas. Se requieren interrupciones forzadas repetidas, reparaciones frecuentes, desgaste anormal a los componentes y/o mantenimiento intensivo en mano de obra.	0-2

Tabla 6: Criterios de Calificación de Requisitos de Mantenimiento

### 2.1.6. Calidad de Datos

Disponibilidad, integridad y precisión de los datos	Puntuación de calidad de datos
Alto: Las políticas y procedimientos de mantenimiento del Sistema de Agua de enfriamiento fueron seguidos por las inspecciones rutinarias, pruebas y mediciones que se realizaron dentro de la frecuencia normal de operación de la planta. Los datos e información requeridos están disponibles para el equipo de evaluación a través de todos los medios de visitas al sitio, posibles inspecciones visuales y entrevistas con personal experimentado de la planta.	8-10
Medio: Una o más de las inspecciones rutinarias, pruebas y mediciones se completaron después de 6 a 24 meses de la frecuencia normal, o pequeña porción de los datos, información y documentos requeridos no están disponibles para el equipo de evaluación.	5-7
Bajo: Una o más de las inspecciones de rutina, pruebas y mediciones se completaron 24-36 meses después de la frecuencia normal, o algunos de los resultados no están disponibles.	3-4
Muy bajo: Una o más de las inspecciones, pruebas y mediciones requeridas se completaron >36 meses después de la frecuencia normal, o una parte significativa de los resultados no están disponibles.	0-2

Tabla 7: Criterios de Calificación de Calidad de Datos

El cálculo da como resultado un valor de indicador de condición (IC) entre 0 y 10.

$$[H]CI = \frac{\sum_{K=1,M}^{J=1,N} S_C(K, J) * F(K) * F(J)}{\sum_{K=1,M}^{J=1,N} F(K) * F(J)} \quad (1)$$

Donde:

- M: es el número de partes asociadas a cada componente
- K: el número de identificación de piezas de 1 a M
- N: el número total de parámetros de condición
- J: el número de identificación de los parámetros de condición (de 1 a N, respectivamente, para la condición física, edad, nivel de tecnología, ...)
- SC (K, J): la puntuación de condición de una parte / elemento para un parámetro de condición
- F (J): el factor de ponderación para un parámetro de condición, determinado en función de la importancia relativa del parámetro de condición para la evaluación general de la condición
- F (K): el factor de ponderación de una parte / elemento, determinado por la importancia relativa de la parte / elemento para la condición general del componente.

En la tabla de calificaciones se procederá con un rango de 0 a 10, donde de 7 o más se considera “Bueno”, de 3 a 7 “Regular” y menos de 3 “Deficiente”.

$7 \leq CI \leq 10$	Bueno	Continuar operando o dar mantenimiento sin restricciones.
$\leq 3CI \leq 7$	Regular	Continuar operaciones, pero se sugiere una reevaluación.
$\leq 0CI \leq 3$	Malo	Se requiere evaluación inmediata y ajuste de operación.

Tabla 8: Estado del Sistema Según Valor del Indicador de Condición

## 2.2. Obsolescencia de los Equipos Instalados

Los equipos instalados en la draga Amaluza I llevan operando por 30 años, lo que sobrepasa al límite por 10 años del tiempo promedio en el cual se considera que un elemento eléctrico o electrónico ha cumplido su etapa de soporte técnico, fabricación de repuestos asociados y sea considerado como obsoleto tecnológico. Esto se debe a que los elementos de este tipo tienen un tiempo de duración recomendada de 20 años.[6]

La obsolescencia de los equipos mencionados es inevitable y los componentes que forman los sistemas de control ya no son adecuados para las exigencias operativas actuales de la Central Paute Molino. Además, los componentes o equipamiento ya no disponen de soporte técnico del fabricante original, lo que implica que la obsolescencia del producto comenzó inmediatamente después de que se emite la información por parte del fabricante original sobre la discontinuidad de producción y notificaciones de fin de vida.[6]

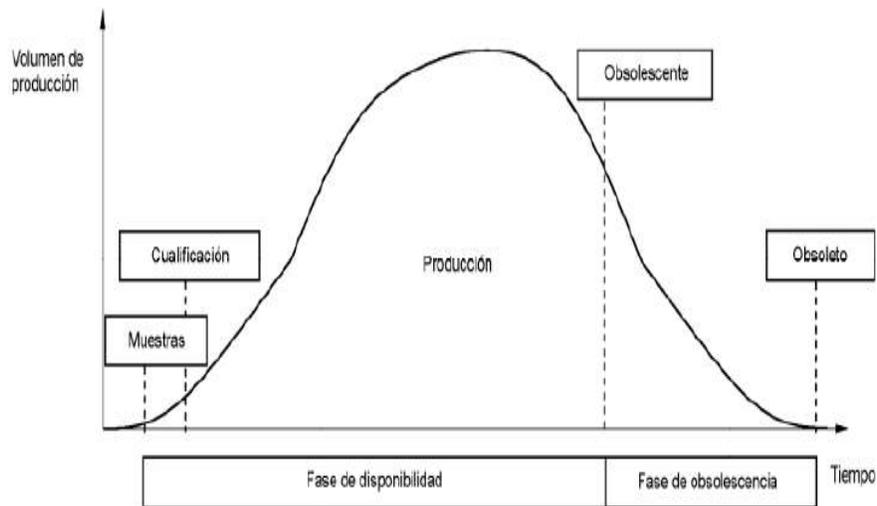


Figura 4: Fases de Obsolescencia

## 2.3. Disponibilidad de Repuestos

Las condiciones a las que se somete la draga Amaluza I en la presa Daniel Palacios por su largo tiempo de operación durante 31 años, los sistemas de control por su envejecimiento y las condiciones ambientales, exigen con mayor frecuencia el reemplazo de componentes. A pesar de que se realizan las actividades de mantenimiento o planificadas, los sistemas de la draga han presentado numerosas fallas que han obligado al personal a reacondicionar componentes debido a su obsolescencia y falta de repuestos o en el peor de los casos a dejarlos deshabilitados. Esto se debe a que han sobrepasado el tiempo de vida útil según la norma UNE-EN 62402 y a que la mayoría de sus repuestos ya no son elaborados por sus fabricantes.[6]

## 2.4. Estrategias Para Garantizar la Continuidad de los Equipos principales de la Dragas

### 2.4.1. Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico

En la norma IEEE 43-2013, la prueba de resistencia de aislamiento eléctrico se realiza con polarización inversa inyectando un voltaje de corriente directa entre la carcasa del motor y cualquiera de sus fases o entre diferentes fases. El tiempo mínimo de ejecución para esta prueba es de 1 minuto, tiempo suficiente para obtener una adecuada polarización en el material aislante.[1]

Rango de Voltaje de Alimentación del Motor	Voltaje DC para prueba de aislamiento IR, DAR, PI
<1000	500
1000-2500	500-1000
2501-5000	1000-2500
5000-12000	2500-5000
>12000	5000-10000

Tabla 9: Nivel de voltaje DC aplicable para pruebas IR, PI y DAR según voltaje de trabajo del motor.

### 2.4.2. Prueba de Polarización (PI) y Prueba de Absorción Dieléctrica

En la norma IEEE 43-2013, las Pruebas PI y DAR se obtienen por la aplicación de un voltaje DC en polarización inversa, en un tiempo de ejecución de 10 minutos para PI y 1 minuto para DAR. Para el caso de la prueba PI se considera el cociente de la resistencia de los 10 minutos entre la resistencia a 1 minuto. En el caso de la prueba DAR se considera el cociente de la resistencia de 1 minuto entre la resistencia a los 30 segundos.[1]

$$PI = \frac{R_{10min}}{R_{1min}}$$

$$DAR = \frac{R_{1min}}{R_{0,5min}}$$

Estatus de Resistencia de Aislamiento	Índice de Polarización (PI)	Índice de Absorción Dieléctrica (DAR)
Peligroso	<1	<1.1
Malo	>1; <1.5	>1.1; <1.25
Bueno	>1.5; <2	>1.25; <1.4
Muy Bueno	>2; <4	>1.4; <1.6

Tabla 10: Interpretación de indicadores PI y DAR resultantes de la medición de resistencia de aislamiento en motores eléctricos.

## CAPITULO 3

### 3. Control y Auxiliares de los Sistemas Primarios de la Draga Amaluza I

La tecnología instalada en la Draga Amaluza ha estado en funcionamiento desde 1990, y desde entonces se ha mantenido con la misma tecnología electromecánica, eléctrica analógica y sistemas de accionamiento manual que no han sido modernizados.

#### 3.1. Tablero de Arranque de la Bomba de Descarga

##### 3.1.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock de repuestos existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
OMRON	Motor Relay SE-KP1	NO	0	Obsoleto
OMRON	Timer ATSS	NO	0	Obsolescente
OMRON	Switch 61F-G	SI	0	Obsoleto
OMRON	Relay UNIT 61F-11	SI	0	Obsoleto
Mitsubishi	Fuse link current-limiting	SI	0	Obsolescente

Tabla 11: Tablero de Arranque de la Bomba de Descarga

En la tabla 9, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran obsoletos y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 3.1.2. Evaluación de la Condición del Sistema

Tablero de Arranque de la Bomba de Descarga	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Motor Relay	6	0	1	3	4	2	0
timer ATSS	6	0	1	3	4	2	1
Relay UNIT 61F-11	4	0	1	3	4	2	0
Fusible	3	0	1	3	4	2	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	2	1	1	1	1.5	Calidad de datos ->	2
Indicador de condición ->							2.92

Tabla 12: Indicador de Condición del Estado de Arranque de la Bomba de Descarga

Luego de analizar la condición de los sistemas, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de mantenimiento, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema es deficiente, requiriendo así la evaluación inmediata y ajuste de operación.

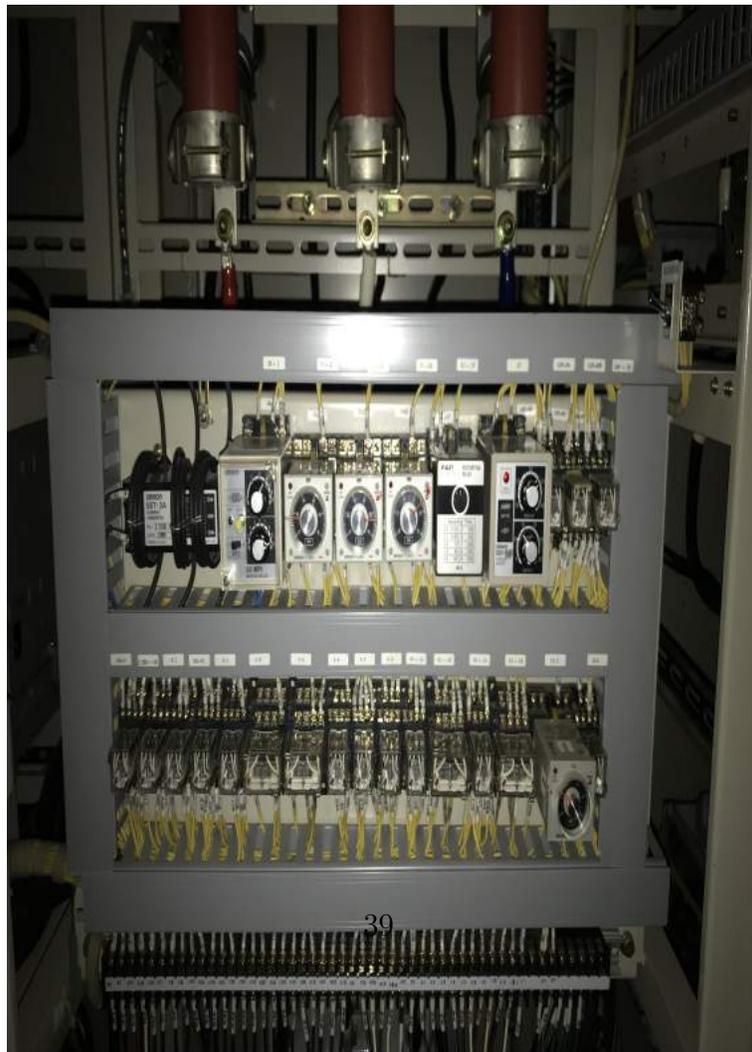
### 3.1.3. Registro Fotográfico



Figura 5: Tablero de Arranque de la Bomba de Descarga



(a) Contactor



(b) Componentes

Figura 6: Arranque de la Bomba de Descarga

## 3.2. Tablero de Arranque de la Bomba de Dragado

### 3.2.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
OMRON	Motor Relay SE-KP1	NO	0	Obsoleto
OMRON	Timer H3BA	NO	0	Obsolescente
Fusi Electric	Restarting Relay MB2	NO	0	Obsoleto
OMRON	Voltage Sensor SDV	SI	0	Obsoleto
Mitsubishi	Fuse link current-limiting	SI	0	Obsolescente
OMRON	Convertidor de corriente SET-3A	SI	0	Obsolescente

Tabla 13: Tablero de Arranque de la Bomba de Dragado

En la tabla 11, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 3.2.2. Evaluación de la Condición del Sistema

	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Tablero de Arranque de la Bomba de Dragado							
Motor Relay	5	0	1	3	4	2	0
timer	5	0	1	3	4	2	1
Sensor de voltaje	5	0	1	3	4	2	0
Fusible	4	0	1	3	4	2	1
Convertidor de corriente	4	0	1	3	4	2	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	2	1	1	1	1.5	Calidad de datos ->	2.33
Indicador de condición ->							2.79

Tabla 14: Indicador de Condición del Estado de Arranque de la Bomba de Dragado

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema es deficiente, requiriendo así la evaluación inmediata y ajuste de operación.

### 3.2.3. Registro Fotográfico

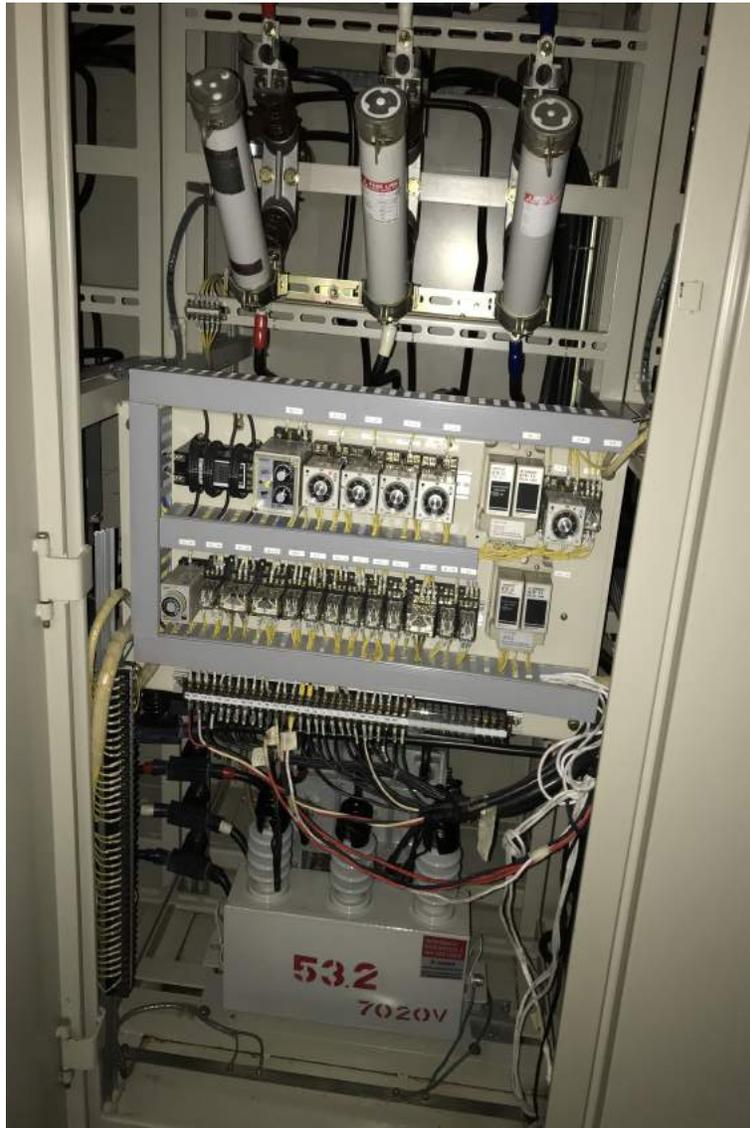


Figura 7: Tablero de Arranque de la Bomba de Dragado



(a) Timer, Relax



(b) Fusible

Figura 8: Arranque de la Bomba de Dragado

### 3.3. Tablero de Arranque y Transformador

#### 3.3.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
Keinan Electric	Starting Transformer	SI	0	Obsolescente
Keinan Seisakusho	Transformer	SI	0	Obsolescente

Tabla 15: Tablero de Arranque y Transformador

En la tabla 13, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 3.3.2. Evaluación de la Condición del Sistema

Tablero de arranque y transformador	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Starting Transformer	3	0	3	3	2	2	1
Transformer	4	0	3	3	2	2	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	3.5	0	3	3	2	Calidad de datos ->	2
Indicador de condición ->							2.98

Tabla 16: Indicador de Condición del Estado del Tablero de Arranque y Transformador

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema es deficiente, requiriendo así la evaluación inmediata y ajuste de operación.

### 3.3.3. Registro Fotográfico



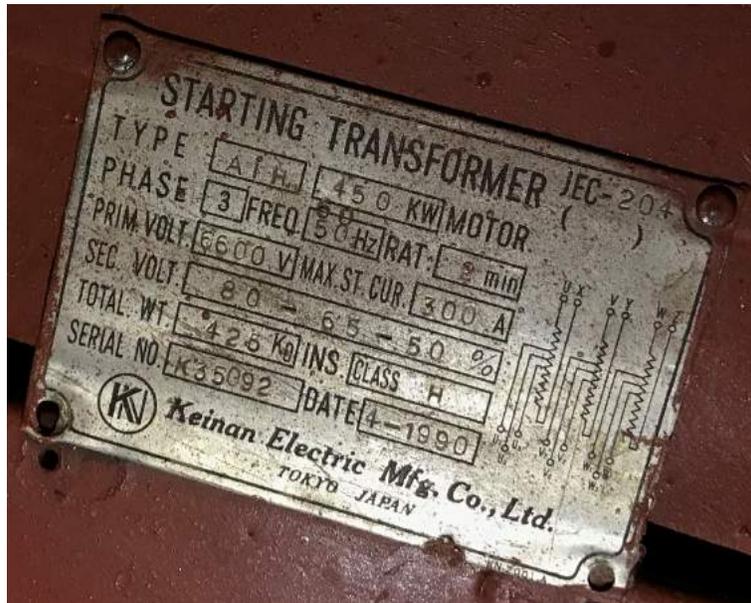
(a) Tablero de Arranque

(b) Tablero de Transformador

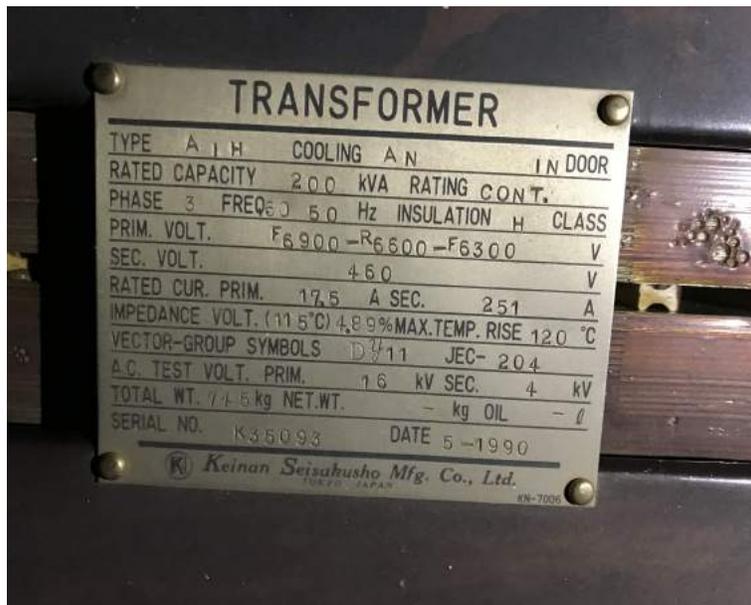
Figura 9: Tableros



Figura 10: Transformador



(a) Placa Transformador de Arranque



(b) Placa de Transformador

Figura 11: Placas de Transformadores

### 3.4. Tablero del Interruptor Principal de Alta Tensión

#### 3.4.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
Daiichi	AC Voltmeter 6600V/110V	NO	0	Obsolescente
Daiichi	AC Ammeter 500V	NO	0	Obsolescente
Mitsubishi	Static overcurrent relay MOC-E1V-R	SI	0	Obsoleto
Mitsubishi	Ground relay MGR	SI	0	Obsoleto
Mitsubishi	UNDER VOLTAGE RELAY	SI	0	Obsoleto
Mitsubishi	BREAKER melvac/VF-13	SI	0	Obsoleto
Mitsubishi	Condenser trip KF-100	SI	0	Obsoleto

Tabla 17: Tablero del Interruptor Principal de Alta Tensión

En la tabla 15, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 3.4.2. Evaluación de la Condición del Sistema

	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Tablero del Interruptor principal de alta tensión							
AC Voltmeter 6600V/110V	4	0	4	4	3	4	1
AC Ammeter 500V	4	0	4	3	4	4	1
Static overcurrent relay MOC-E1V-R	2	0	2	2	2	2	1
Ground relay MGR	2	0	2	2	2	2	1
UNDER VOLTAGE RELAY	1	0	2	2	2	2	1
BREAKER melvac/VF-13	5	0	2	3	2	2	1
Condenser trip KF-100	2	0	2	3	2	2	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	2.9	0	2.6	2.7	2.4	Calidad de datos ->	2.57
Indicador de condición ->							2.65

Tabla 18: Indicador de Condición del Tablero del Interruptor Principal de alta Tensión

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos,

la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema es deficiente, requiriendo así la evaluación inmediata y ajuste de operación.

### 3.4.3. Registro Fotográfico



Figura 12: Tablero del Interruptor Principal de Alta Tensión



Figura 13: Componentes internos del tablero principal del alta tensión



(a) Breaker



(b) Relay MOC-E1V-R

Figura 14: Componentes del Tablero Principal de Alta Tensión

### 3.5. Tablero de Arranque de la Bomba de Chorro de Agua

#### 3.5.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
OMRON	Motor Relay SE-KP1	NO	0	Obsoleto
ABB	CT-MFE	SI	0	Obsolescente
FUSI electric	Restarting relay	SI	0	Obsoleto

Tabla 19: Tablero de Arranque de la Bomba de Chorro de Agua

En la tabla 17, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 3.5.2. Evaluación de la Condición del Sistema

Tablero de Arranque de la Bomba de Chorro de Agua	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Motor Relay	6	0	1	3	4	2	0
CT-MFE	6	0	4	4	4	5	1
Restarting relay	5	0	2	3	4	2	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	5.7	0	2.3	3.3	4	Calidad de datos ->	3.5
Indicador de condición ->							4.29

Tabla 20: Indicador de Condición del Tablero de Arranque de la Bomba de Chorro de Agua

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema está sujeta a una reevaluación.

### 3.5.3. Registro Fotográfico

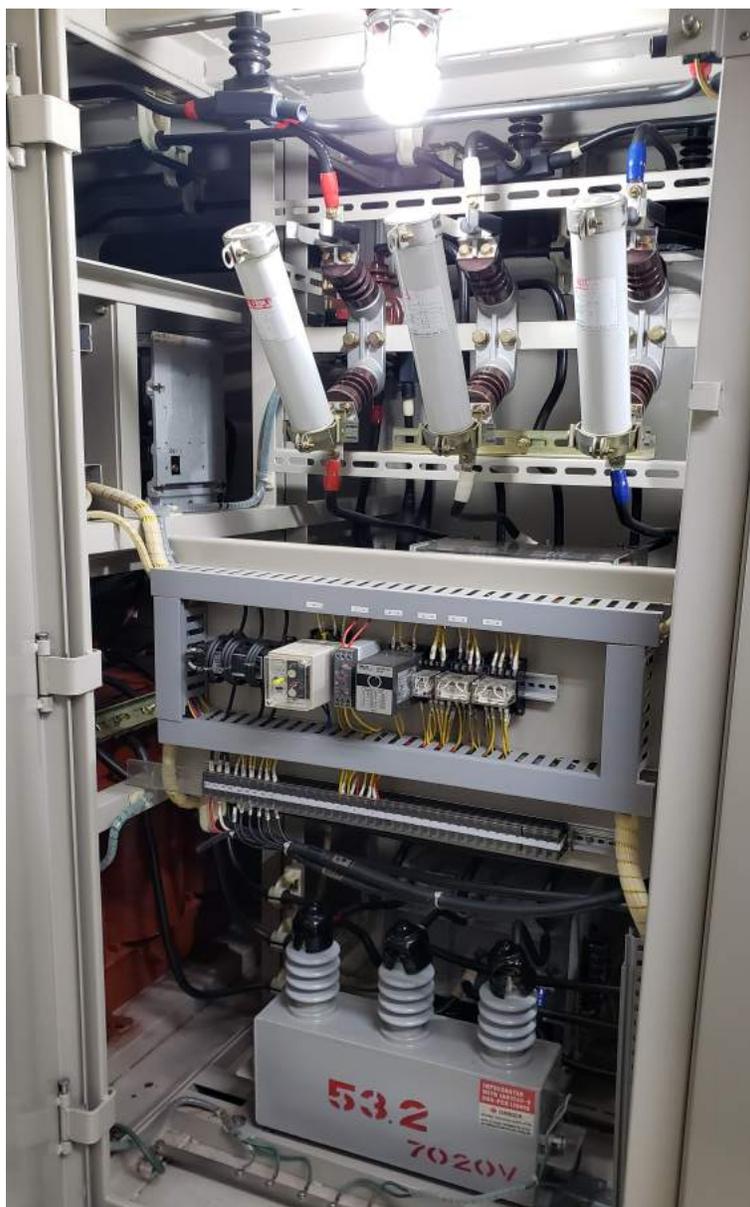


Figura 15: Tablero de Arranque de la Bomba de Chorro de Agua

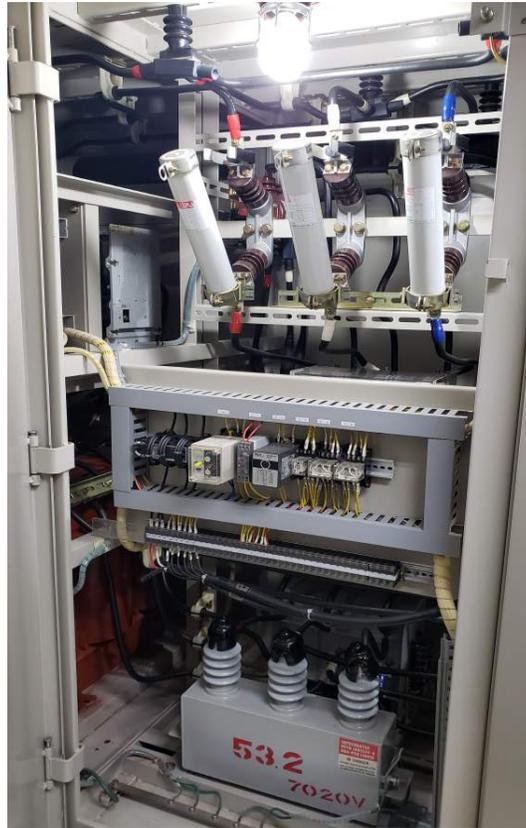


Figura 16: Componentes Internos del Tablero de Arranque de la Bomba de Chorro de Agua

### **3.6. Tablero del Interruptor de Baja Tensión y Transferencia**

#### **3.6.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores**

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolencia
Aichi Electric	Transfer Switch MAC-DT 66M4	SI	0	Obsoleto
Mitsubishi	Breaker NF225-SS	SI	0	Obsolente
Mitsubishi	Breaker NF30-SS	SI	0	Obsolente

Tabla 21: Tablero del Interruptor de Baja Tensión y Transferencia

En la tabla 19, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 3.6.2. Evaluación de la Condición del Sistema

Tablero del interruptor de Baja Tensión y Transferencia	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Transfer Switch MAC-DT 66M4	4	0	2	2	3	2	1
Breaker NF225-SS	5	0	3	2	4	5	1
Breaker NF30-SS	5	0	4	1	3	2	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	4.7	0	3	1.7	3.3	Calidad3 de datos ->	3
Indicador de condición ->							3.53

Tabla 22: Indicador de Condición del Tablero del Interruptor de Baja Tensión y Transferencia

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema está sujeta a una reevaluación.

### 3.6.3. Registro Fotográfico

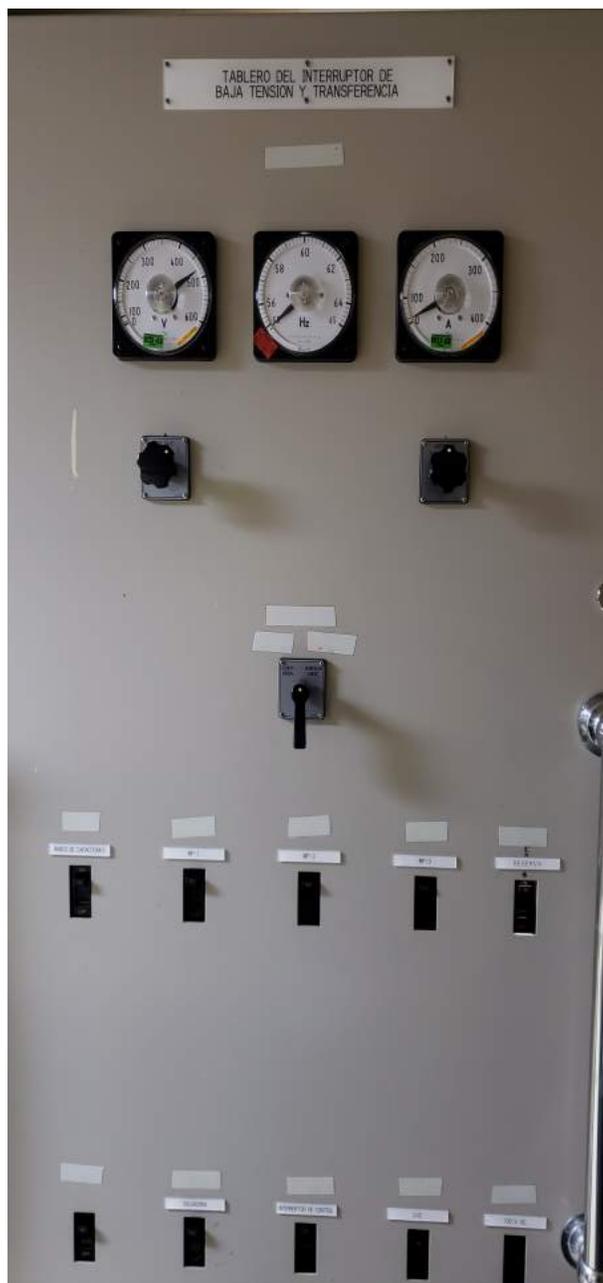
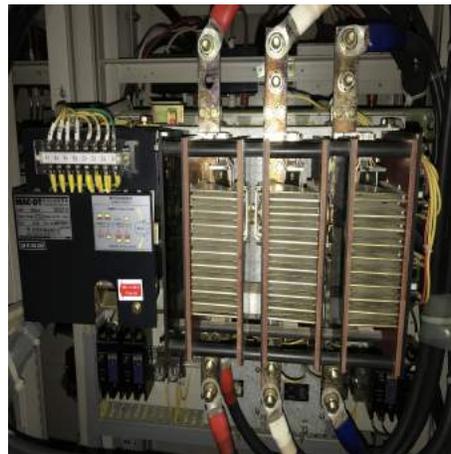


Figura 17: Tablero del Interruptor de Baja Tensión y Transferencia



(a) Componentes Internos



(b) Switch de Transferencia

Figura 18: Componentes Internos del Tablero del Interruptor de Baja Tensión y Transferencia

### 3.7. Tablero de Arrancadores de los Winches, Bomba de Servicio, Lubricación de Boba de Descarga

#### 3.7.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
Mitsubishi	Magnetic contactor S-K80	SI	0	Obsoleto
Mitsubishi	Magnetic contactor S-K12	SI	0	Obsoleto
Mitsubishi	Magnetic contactor S-K50	SI	0	Obsoleto
Mitsubishi	Magnetic contactor JA-AX4	SI	0	Obsoleto
Mitsubishi	Breaker NF225-SS	SI	0	Obsolescente

Tabla 23: Tablero de Arrancadores de los Winches, Bomba de Servicio, Lubricación de Bomba de descarga

En la tabla 21, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 3.7.2. Evaluación de la Condición del Sistema

Tablero de Arrancadores de los Winches, bomba de servicio, lubricación de boba de descarga	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Magnetic contactor S-K80	2	0	2	2	3	2	1
Magnetic contactor S-K12	2	0	2	3	3	2	1
Magnetic contactor S-K50	2	0	2	3	3	2	1
Magnetic contactor JA-AX4	1	0	1	2	1	1	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	1.8	0	1.8	2.5	2.5	Calidad de datos ->	1.75
Indicador de condición ->							2.19

Tabla 24: Indicador de Condición del Tablero de Arrancadores de los Winches, Bomba de Servicio, Lubricación de Bomba de Descarga

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema es deficiente, requiriendo así la evaluación inmediata y ajuste de operación.

### 3.7.3. Registro Fotográfico



Figura 19: Tablero de Arrancadores de los Winches, Bomba de Servicio, Lubricación de Bomba de Descarga



(a) Breaker



(b) Contactores

Figura 20: Componentes Internos de los Tableros



(a) Contactor UA-AX4



(b) Contacor S-K125



(c) Contacto66 Magnético

Figura 21: Componentes

## CAPITULO 4

### 4. Control y Auxiliares del Sistema de Emergencia

#### 4.1. Generador de Emergencia

##### 4.1.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
Denyo Power	Generador sin escobillas PCA-220K	SI	0	Obsoleto

Tabla 25: Generador de Emergencia

En la tabla 23, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

#### 4.1.2. Evaluación de la Condición del Sistema

	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Generador de emergencia							
Generador sin escobillas	3	0	3	2	2	2	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	3	0	3	2	2	Calidad de datos ->	2
Indicador de condición ->							2.60

Tabla 26: Indicador de Condición del Generador de Emergencia

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema del generador es deficiente, requiriendo así la evaluación inmediata y ajuste de operación.

### 4.1.3. Registro Fotográfico



Figura 22: Generador de Emergencia

## 4.2. Panel y Tablero de Control del Generador de Emergencia

### 4.2.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
Daiichi Keiki	Frecuencímetro	SI	0	Obsolescente
Daiichi Keiki	Amperímetro	SI	0	Obsolescente
Daiichi Keiki	Voltímetro	SI	0	Obsolescente
	Lampara de precalentamiento	SI	0	Obsoleto

Tabla 27: Panel y Tablero de Control del Generador de Emergencia

En la tabla 25, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

#### 4.2.2. Evaluación de la Condición del Sistema

	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Panel y tablero de control del generador de emergencia							
Frecuencímetro	4	0	3	3	3	3	1
Amperímetro	4	0	3	3	3	3	1
Voltímetro	4	0	3	3	3	3	1
Lámpara de precalentamiento	1	0	3	1	2	0	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	3.3	0	3	2.5	2.8	Calidad de datos ->	2.25
Indicador de condición ->							2.90

Tabla 28: Indicador de Condición del Panel y Tablero de Control del Generador de Emergencia

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema es deficiente, requiriendo así la evaluación inmediata y ajuste de operación.

#### 4.2.3. Registro Fotográfico



Figura 23: Indicadores del Generador de Emergencia

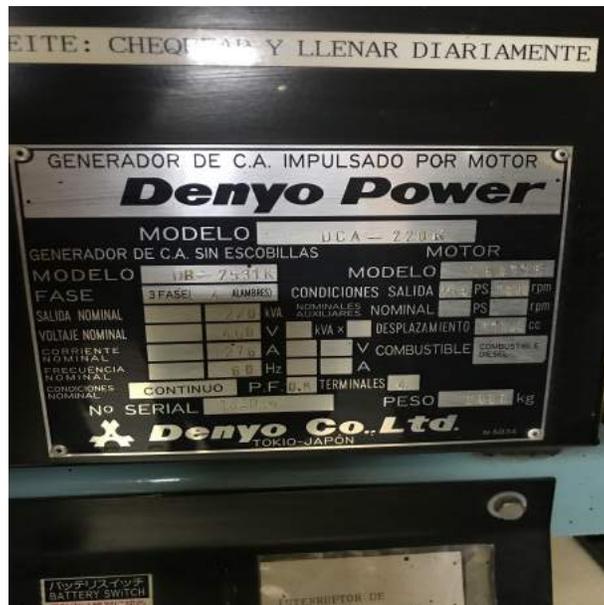


Figura 24: Placa del Generador de Emergencia

# CAPITULO 5

## 5. Control y Auxiliares de la Nueva Bomba de Chorro

### 5.1. Tablero de Arranque de la Nueva Bomba de Chorro

#### 5.1.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
Mitsubishi	Transformador CW-40LP PCA-220K	SI	0	Obsolescente
OMERON	Motor relay K2CM-1LS	SI	0	Obsoleto
Fuji electric	Contactores electromagneticos HN46AP-2A1	SI	0	Obsolescente
Fuji electric	Contador JEM1167	SI	0	Obsolescente
Daiichi	Voltmetro DRA	SI	0	Obsolescente
Daiichi	Amperimetro	SI	0	Obsolescente

Tabla 29: Tablero de Arranque de la Nueva Bomba de Chorro

En la tabla 27, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 5.1.2. Evaluación de la Condición del Sistema

	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Tablero de arranque de la nueva bomba de chorro							
Transformador CW-40LP PCA-220K	6	0	4	4	4	5	1
Motor relay K2CM-1LS	3	0	3	3	2	2	1
Contactores electromagnéticos HN46AP-2A1	5	0	5	4	4	4	1
Contador JEM1167	2	0	2	2	3	2	1
Voltímetro DRA	5	0	4	4	4	4	1
Amperímetro	5	0	4	4	4	6	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	4.3	0	3.7	3.5	3.5	Calidad de datos ->	3.83
Indicador de condición ->							3.78

Tabla 30: Indicador de Condición del Tablero de Arranque de la Nueva Bomba de Chorro

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos,

la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema está sujeta a una reevaluación.

### 5.1.3. Registro Fotográfico



(a) Tablero de Control

(b) Fusibles

(c) Componentes Internos

Figura 25: Tablero de Arranque de la Nueva Bomba de Chorro



(a) Transformador CW-40LP



(b) Contactores Electromagneticos

Figura 26: Componentes Internos de la Nueva Bomba de Chorro

## 5.2. Tablero de Interruptores de Bajo Voltaje

### 5.2.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
Daiichi	Transductor RTT-82	SI	0	Obsolescente
Mitsubishi	Transformador 6000/220	SI	0	Obsolescente

Tabla 31: Tablero de Interruptores de Bajo Voltaje

En la tabla 29, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 5.2.2. Evaluación de la Condición del Sistema

Tablero de Interruptores de Bajo Voltaje	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Transductor RTT-82	5	0	5	4	5	6	1
Transformador 6000/220	5	0	6	5	4	5	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	5	0	2.5	2	2.5	Calidad de datos ->	5.5
Indicador de condición ->							4.92

Tabla 32: Indicador de Condición del Tablero de Interruptores de Bajo Voltaje

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema está sujeta a una reevaluación.

### 5.2.3. Registro Fotográfico



(a) Tablero de Control

(b) Componentes Internos

Figura 27: Tablero de Interruptores de Bajo Voltaje

## CAPITULO 6

### 6. Control y Auxiliares de la Cabina de la Dra- ga Amaluza I

#### 6.1. Panel de Control Remoto de la Nueva Bomba de Chorro

##### 6.1.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
Daiichi	Indicador de valvula	SI	0	Obsoleto
Daiichi	Voltmetro	SI	0	Obsoleto
Daiichi	Ampermetro	SI	0	Obsoleto
OMRON	Pulsadores NC/NO	SI	0	Obsolescente
OMRON	Luz piloto	NO	0	Obsolescente
OMRON	Bocina	NO	0	Obsolescente

Tabla 33: Panel de Control Remoto de la Nueva Bomba de Chorro

En la tabla 31, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 6.1.2. Evaluación de la Condición del Sistema

Panel de Control Remoto de la Nueva Bomba de Chorro	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Indicador de válvula	4	0	3	3	2	3	1
Voltímetro	4	0	3	3	2	3	1
Amperímetro	3	0	3	3	2	3	1
Pulsadores NC/NO	3	0	3	3	3	3	1
Luz piloto	1	0	3	4	3	2	1
Bocina	5	0	4	3	4	5	0
Factores de ponderación para los parámetros de condición	3.4	0	3.2	3.2	2.6	Calidad de datos ->	2.75
Indicador de condición ->							2.91

Tabla 34: Indicador de Condición del Panel de Control Remoto de la Nueva Bomba de Chorro

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema es deficiente, requiriendo así la evaluación

inmediata y ajuste de operación.

### 6.1.3. Registro Fotográfico



Figura 28: Panel de Control Remoto de la Nueva Bomba de Chorro

## 6.2. Tablero de Arranque

### 6.2.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
Daiichi	Tacometro RPM	SI	0	Obsoleto
Daiichi	Voltmetro	SI	0	Obsoleto
Daiichi	Amperometro	SI	0	Obsoleto
OMRON	Pulsadores NC/NO	SI	0	Obsolescente
OMRON	Luz piloto	NO	0	Obsolescente
OMRON	Switch palanca 2 polos	SI	0	Obsolescente
M-system	Potenciometro PM	SI	0	Obsolescente

Tabla 35: Tablero de Arranque

En la tabla 33, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 6.2.2. Evaluación de la Condición del Sistema

	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Tablero de Arranque							
Tacómetro RPM	3	0	3	3	2	3	1
Voltímetro	3	0	3	3	2	2	1
Amperímetro	3	0	3	3	2	2	1
Pulsadores NC/NO	2	0	2	3	3	2	1
Luz piloto	1	0	3	4	3	2	1
Switch palanca 2 polos	1	0	2	3	3	2	1
Potenciómetro	2	0	2	3	3	2	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	2.1	0	2.6	3.1	2.6	Calidad de datos ->	2.14
Indicador de condición ->							2.66

Tabla 36: Indicador de Condición del Tablero de Arranque

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema es deficiente, requiriendo así la evaluación inmediata y ajuste de operación.

### 6.2.3. Registro Fotográfico



Figura 29: Tablero de Arranque

## 6.3. Sistema de Amplificación

### 6.3.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
UNI-PEX	Convertible amplifier	SI	0	Obsoleto

Tabla 37: Sistema de Amplificación

En la tabla 35, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 6.3.2. Evaluación de la Condición del Sistema

	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Sistema de Amplificación							
Convertible amplifier	2	0	1	2	2	2	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	2	0	1	2	2	Calidad de datos ->	2
Indicador de condición ->							1.86

Tabla 38: Indicador de Condición del Sistema de Amplificación

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema es deficiente, requiriendo así la evaluación inmediata y ajuste de operación.

### 6.3.3. Registro Fotográfico



Figura 30: Sistema de Amplificación

## 6.4. Tablero Monitor de Volumen Dragado

### 6.4.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
Yamatake Honeywell	Regulador de datos	SI	0	Obsoleto
Yamatake Honeywell	Registrador	SI	0	Obsoleto
Yamatake Honeywell	Contador de sedimento	SI	0	Obsoleto
Yamatake Honeywell	Contador de tiempo	SI	0	Obsoleto

Tabla 39: Tablero Monitor de Volumen Dragado

En la tabla 37, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

#### 6.4.2. Evaluación de la Condición del Sistema

Tablero Monitor de Volumen Dragado	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Regulador de datos	2	0	1	2	2	2	1
Registrador	3	0	1	2	2	2	1
Contador de sedimento	1	0	1	2	2	1	1
Contador de tiempo	1	0	1	2	2	2	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	1.8	0	1	2	2	Calidad de datos ->	1.75
Indicador de condición ->							1.79

Tabla 40: Indicador de Condición del Tablero Monitor de Volumen Dragado

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema es deficiente, requiriendo así la evaluación inmediata y ajuste de operación.

### 6.4.3. Registro Fotográfico



Figura 31: Tablero Monitor de Volumen Dragado



(a) Regulador de Datos de Entradas



(b) Registrador

Figura 32: Partes del Monitor de Volumen de Dragado

## 6.5. Tablero de Operación

### 6.5.1. Repuestos Existentes y Soporte Técnico de los Proveedores

A continuación se presentan los elementos que sufren deterioro, su influencia en el sistema, el stock existente en bodega y si se dispone soporte del fabricante:

Repuestos y soporte del fabricante				
Marca	Elemento	Elemento crítico	Disponibilidad en bodega	Obsolescencia
Kuwano	Clinómetro CRL-2	SI	0	Obsoleto
NEI Nippon	Indicador de dirección y velocidad del viento	SI	0	Obsoleto
OMRON	H5L time switch	SI	0	Obsoleto
KOYO	Indicador de profundidad	SI	0	Obsoleto
NMB	Indicador de carga AS-8001B(ton)	SI	0	Obsoleto
Daiichi	Presión solución y descarga	SI	0	Obsolescente
Daiichi	Amperímetros	SI	0	Obsolescente
OMRON	Luz piloto	SI	0	Obsolescente
OMRON	Joystick	SI	0	Obsolescente

Tabla 41: Tablero de Operación

En la tabla 39, se presentan los elementos críticos que afectan la disponibilidad del sistema, los cuales se encuentran en estado obsoleto y no existe disponibilidad en bodega, por lo que es necesario la modernización del sistema.

### 6.5.2. Evaluación de la Condición del Sistema

	Puntuación de condición física	puntuación de edad	Puntuación de la tecnología instalada	Puntuación de restricciones operativas	Puntuación de requisitos de mantenimiento	Puntuación de calidad de datos	Factores de ponderación de piezas
Tablero de Operación							
Clinómetro CRL-2	3	0	3	3	4	3	1
Indicador de dirección y velocidad del viento	3	0	3	3	4	3	1
H5L time switch	2	0	3	2	2	2	1
Indicador de profundidad	1	0	3	2	3	2	1
Indicador de carga AS-8001B(ton)	3	0	3	3	3	2	1
Presión solución y descarga	1	0	1	2	2	2	1
Amperímetros	3	0	3	3	3	4	1
Luz piloto	2	0	3	3	2	2	1
Joystick	2	0	3	3	3	2	1
Factores de ponderación para los parámetros de condición	2	0	2.4	2.9	2.7	Calidad de datos ->	2.29
Indicador de condición ->							2.54

Tabla 42: Indicador de Condición del Tablero de Operación

Luego de analizar las fallas del sistema, las evidencias recopiladas durante las intervenciones de manteniendo, la identificación de los elementos críticos, la disponibilidad en bodega, la obsolescencia y el indicador de la condición, se determina que el estado del sistema es deficiente, requiriendo así la evaluación inmediata y ajuste de operación.

### 6.5.3. Registro Fotográfico



Figura 33: Tablero de Operación



(a) Clinometer1



(b) Indicador de Profundidad



(c) Indicador de Carga

Figura 34: Componentes del Panel de Operación

## 6.6. Tabla de componentes de protección, control y fuerza

Marca	Nombre	Descripción
Omron	Motor Relay SE-KP1	Motor Relay temporizador de corriente alterna de 100/110 voltios (2 a 40 seg).
Omron	Timer ATSS	Temporizador de retardo de apagado.
Omron	Switch 61F-G	Controladores de bloques de construcción básicos que se montan directamente en los paneles para facilitar el mantenimiento.
Omron	Relay UNIT 61F-11	Control automático de suministro de agua y drenaje, con pararrayos para protección contra sobretensiones.
Mitsubishi	Fuse link current-limiting	Fusible previo limitador de corriente están diseñados para la protección de transformadores de distribución.
Omron	Timer H3BA	Temporizador de estado sólido con valioso tiempo múltiple, rangos y modos de funcionamiento múltiple.
Fusi Electric	Restarting Relay MB2	Relé de reinicio de parada instantáneo de control.
Omron	Voltaje Sensor SDV	Relé de monitoreo de sobre voltaje, bajo voltaje para entrada de CA y CC.
Omron	Convertidor de corriente SET-3A	Relé de sobrecorriente de tipo estático más adecuado para la protección contra sobrecorriente del motor.
Daiichi	AC Voltmeter 6600V/110V	Mide los niveles de voltaje de 6600V.
Daiichi	AC Ammeter 500V	Mide los niveles de corriente.
Mitsubishi	Static overcurrent relay MOC-E1V-R	Relés de sobrecorriente estáticos de tipo electromecánicos clase E.
Mitsubishi	Ground relay MGR	Relé de falla a tierra estacionario, mantiene la estabilidad con alta sensibilidad y precisión.

<b>Marca</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
Mitsubishi	UNDER VOLTAGE RELAY	Protege el devanado del alternador, generador y transformador de la operación de bajo voltaje.
Mitsubishi	BREAKER melvac/VF-13	Interruptor automático de corriente alterna de alto voltaje.
ABB	CT-MFE	Relé temporizador electrónico multifunción.
Fusi Electric	Restarting relay	Relé de reinicio
Aichi Electric	Transfer Switch MAC-DT 66M4	Interruptor eléctrico que cambia una carga entre dos fuentes.
Mitsubishi	Breaker NF225-SS	Cierra o interrumpe el flujo de corriente del circuito automáticamente para proteger los equipos.
Mitsubishi	Magnetic contactor S-K80	Abre o cierra los contactos en el circuito de control del motor.
Daiichi Keiki	Frecuencímetro	Mide la frecuencia contacto el número de repeticiones de una onda en la misma posición en un intervalo de tiempo.
	Lámpara de precalentamiento	Lámpara que necesita precalentar sus cátodos previamente antes de abrir el circuito a la tensión de funcionamiento.
Omron	Motor relay K2CM-1LS	Relé de estado sólido que permite elegir entre tres funciones operativas: sobrecorriente, fase abierta y fase inversa.
Fusi Electric	Contactores electromagnéticos HN46AP-2A1	Conecta y desconecta cargas eléctricas alimentadas con alto voltaje y que son controladas por un circuito de control en bajo voltaje.
Daiichi	Voltímetro DRA	Voltímetro detector de fallas.
Daiichi	Indicador de válvula	Indica la posición de la válvula y de su funcionamiento de regulación.
Omron	Pulsadores NC/NO	Dispositivo para desviar u obstaculizar el flujo de corriente eléctrica.
Omron	Luz piloto	Indicador visual para saber si el dispositivo está encendido o apagado.
Omron	Bocina	Indicador auditivo.

<b>Marca</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
Daiichi	Tacómetro RPM	Medidor de velocidad en revoluciones por minuto.
Omron	Switch	Palanca 2 polos Interruptor de dos posiciones.
M-system	Potenciómetro PM	Resistor eléctrico con un valor de resistencia variable y generalmente ajustable manualmente.
Yamatake Honeywell	Registrador	Lleva un registro de operación de dragado por día.
Yamatake Honeywell	Contador de sedimento	Controla la cantidad de sedimento extraído.
Yamatake Honeywell	Contador de tiempo	Controla el tiempo de funcionamiento de la draga.
Kuwano Clinómetro	CRL-2	Mide el ángulo desde una vertical.
NEI Nippon	Indicador de dirección y velocidad del viento	Indica la dirección y velocidad del viento.
Omron	H5L time switch	Controla semanalmente el tiempo de operación de dragado.
Koyo	Indicador de profundidad	Controla la profundidad que se encuentra el motor de dragado.
NMB	Indicador de carga AS-8001B(ton)	Controla la cantidad de sedimento en toneladas.
Daiichi	Presión solución y descarga	Controla la presión de descarga de la bomba.

Tabla 43

## CAPITULO 7

### 7. Estrategias Para Garantizar la Continuidad de los Equipos principales de la Draga

Los siguientes análisis realizados en los componentes principales de la draga Amaluz I, van a garantizar el continuo funcionamiento de los motores.

#### 7.1. Resistencia de Aislamiento Eléctrico y Relación de Absorción Dieléctrica (DAR)

##### 7.1.1. Motor de Dragado

Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico

De acuerdo con la figura 33, en donde se muestran los valores de resistencia de aislamiento eléctrico (diciembre 2019 y junio 2020) de las pruebas fase a tierra, se observa que la tendencia descrita fue creciendo durante el minuto de prueba.



Figura 35: Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Motor de Dragado

Los valores de resistencia obtenidos con un voltaje aplicado de 5 kV, entre 30 y 60 segundos de las pruebas realizadas de fase a tierra, son inferiores al límite permisible ( $100M\Omega$ ) indicado en la norma IEEE 43-2013, lo cual demuestra una condición deficiente del aislamiento del estator.[1]

Prueba de Relación de Absorción Dieléctrica (DAR)

$$DAR = \frac{7,9M\Omega}{6,95M\Omega} = 1,1366$$

De acuerdo con los valores obtenidos con un voltaje aplicado de 5KV entre 0.5 y 1 minuto de las pruebas realizadas de fase a tierra, el cálculo obtenido en la prueba DAR nos da un resultado entre  $> 1,1; < 1,25$ . Este valor se encuentra indicado en la norma IEEE 43-2013, que demuestra una condición de estatus de resistencia de aislamiento malo.[1]

### 7.1.2. Bomba de Chorro

Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico

De acuerdo con la figura 34, en donde se muestran los valores de resistencia de aislamiento eléctrico (noviembre 2020) de las pruebas fase a tierra, se observa que la tendencia descrita fue creciendo durante el minuto de prueba, lo cual indica que el aislamiento se encuentra en buen estado.

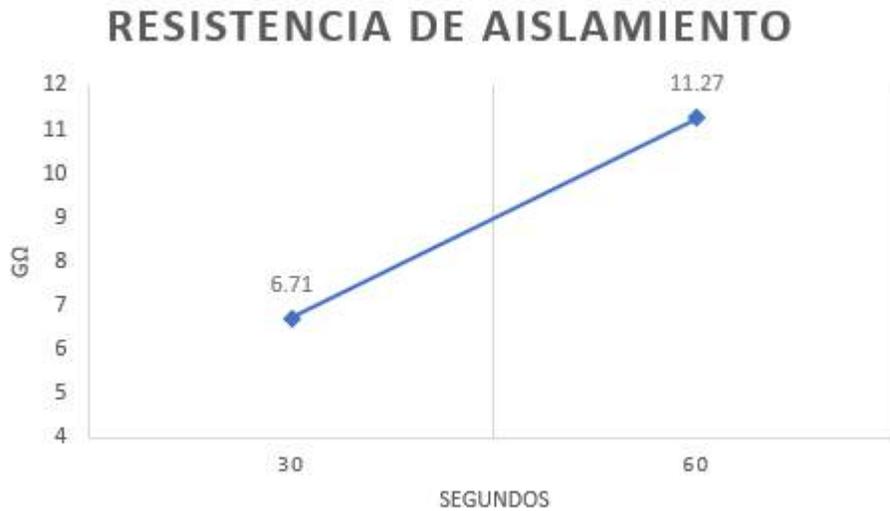


Figura 36: Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra de la Bomba de Chorro

Los valores de resistencia obtenidos con un voltaje aplicado de 5 kV, entre 30 y 60 segundos de las pruebas realizadas de fase a tierra, son superiores al límite permisible ( $100M\Omega$ ) indicado en la norma IEEE 43-2013, lo cual demuestra una condición normal del aislamiento del estator.[1]

Prueba de Relación de Absorción Dieléctrica (DAR)

$$DAR = \frac{11,27G\Omega}{6,71G\Omega} = 1,6795$$

De acuerdo con los valores obtenidos con un voltaje aplicado de 5KV entre 0.5 y 1 minuto de las pruebas realizadas de fase a tierra, el cálculo obtenido en la prueba DAR nos da un resultado entre  $> 1,4; < 1,6$ . Este valor se encuentra indicado en la norma IEEE 43-2013, que demuestra una condición de estatus de resistencia de aislamiento muy bueno.[1]

### 7.1.3. Nueva Bomba de Chorro

Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico

De acuerdo con la figura 35, en donde se muestran los valores de resistencia de aislamiento eléctrico (noviembre 2020) de las fases U, V y W de las pruebas fase a tierra, se observa que la tendencia descrita fue creciendo durante el

minuto de prueba, lo cual indica que el aislamiento se encuentra en buen estado.



Figura 37: Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra de la Nueva Bomba de Chorro

Los valores de resistencia obtenidos con un voltaje aplicado de 5 kV, entre 30 y 60 segundos de las pruebas realizadas de fase a tierra, son superiores al límite permisible ( $100M\Omega$ ) indicado en la norma IEEE 43-2013, lo cual demuestra una condición normal del aislamiento del estator.[1]

Prueba de Relación de Absorción Dieléctrica (DAR)

$$DAR = \frac{95,8G\Omega}{54,5G\Omega} = 1,7577$$

De acuerdo con los valores obtenidos con un voltaje aplicado de 5KV entre 0.5 y 1 minuto de las pruebas realizadas de fase a tierra, el cálculo obtenido en la prueba DAR nos da un resultado entre  $> 1,4; < 1,6$ . Este valor se encuentra indicado en la norma IEEE 43-2013, que demuestra una condición de estatus de resistencia de aislamiento muy bueno.[1]

#### 7.1.4. Bomba Sumergible

##### Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico

De acuerdo con la figura 36, en donde se muestran los valores de resistencia de aislamiento eléctrico (noviembre 2020) de la prueba fase a tierra, se observa que la tendencia descrita fue creciendo durante el minuto de prueba, lo cual indica que el aislamiento se encuentra en buen estado.



Figura 38: Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra de la Bomba

Los valores de resistencia obtenidos con un voltaje aplicado de 5 kV, entre 30 y 60 segundos de las pruebas realizadas de fase a tierra, son superiores al límite permisible ( $100M\Omega$ ) indicado en la norma IEEE 43-2013, lo cual demuestra una condición normal del aislamiento del estator.[1]

Prueba de Relación de Absorción Dieléctrica (DAR)

$$DAR = \frac{20,8G\Omega}{11,57G\Omega} = 1,7977$$

De acuerdo con los valores obtenidos con un voltaje aplicado de 5KV entre 0.5 y 1 minuto de las pruebas realizadas de fase a tierra, el cálculo obtenido en la prueba DAR nos da un resultado entre  $> 1,4; < 1,6$ . Este

valor se encuentra indicado en la norma IEEE 43-2013, que demuestra una condición de estatus de resistencia de aislamiento muy bueno.[1]

### 7.1.5. Transformador en Alta

#### Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico

De acuerdo con la figura 37, en donde se muestran los valores de resistencia de aislamiento eléctrico (diciembre 2020) de las fases U, V y W de la prueba fase a tierra, se observa que la tendencia descrita fue creciendo durante el minuto de prueba, lo cual indica que el aislamiento se encuentra en buen estado.



Figura 39: Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Transformador en Alta

Los valores de resistencia obtenidos con un voltaje aplicado de 5 kV, entre 30 y 60 segundos de las pruebas realizadas de fase a tierra, son superiores al límite permisible ( $100M\Omega$ ) indicado en la norma IEEE 43-2013, lo cual demuestra una condición normal del aislamiento.[1]

Prueba de Relación de Absorción Dieléctrica (DAR)

$$DAR = \frac{26,4G\Omega}{17,67G\Omega} = 1,4940$$

De acuerdo con los valores obtenidos con un voltaje aplicado de 5KV entre 0.5 y 1 minuto de las pruebas realizadas de fase a tierra, el cálculo obtenido en la prueba DAR nos da un resultado entre  $> 1,4$ ;  $< 1,6$ . Este valor se encuentra indicado en la norma IEEE 43-2013, que demuestra una condición de estatus de resistencia de aislamiento muy bueno.[1]

### 7.1.6. Transformador en Alta-Baja

#### Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico

De acuerdo con la figura 37, en donde se muestran los valores de resistencia de aislamiento eléctrico (diciembre 2020) de las fases U, V y W de la prueba fase a tierra, se observa que la tendencia descrita fue creciendo durante el minuto de prueba, lo cual indica que el aislamiento se encuentra en buen estado.



Figura 40: Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Transformador en Alta-Baja

Los valores de resistencia obtenidos con un voltaje aplicado de 5 kV, entre 30 y 60 segundos de las pruebas realizadas de fase a tierra, son superiores al límite permisible ( $100M\Omega$ ) indicado en la norma IEEE 43-2013, lo cual demuestra una condición normal del aislamiento.[1]

#### Prueba de Relación de Absorción Dieléctrica (DAR)

$$DAR = \frac{22,5G\Omega}{17,59G\Omega} = 1,2567$$

De acuerdo con los valores obtenidos con un voltaje aplicado de 5KV entre 0.5 y 1 minuto de las pruebas realizadas de fase a tierra, el cálculo obtenido en la prueba DAR nos da un resultado entre  $> 1,25$ ;  $< 1,4$ . Este valor se encuentra indicado en la norma IEEE 43-2013, que demuestra una condición de estatus de resistencia de aislamiento bueno.[1]

### 7.1.7. Malacate 1

Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico

De acuerdo con la figura 38, en donde se muestran los valores de resistencia de aislamiento eléctrico (noviembre 2020) de las fases U, V y W de la prueba fase a tierra, se observa que la tendencia descrita fue creciendo durante el minuto de prueba, lo cual indica que el aislamiento se encuentra en buen estado.



Figura 41: Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Malacate 1

Los valores de resistencia obtenidos con un voltaje aplicado de 500V, entre 30 y 60 segundos de las pruebas realizadas de fase a tierra, son superiores al límite permisible ( $5M\Omega$ ) indicado en la norma IEEE 43-2013, lo cual demuestra una condición normal del aislamiento.[1]

Prueba de Relación de Absorción Dieléctrica (DAR)

$$DAR = \frac{22,3M\Omega}{19,34M\Omega} = 1,1530$$

De acuerdo con los valores obtenidos con un voltaje aplicado de 500V entre 0.5 y 1 minuto de las pruebas realizadas de fase a tierra, el cálculo obtenido en la prueba DAR nos da un resultado entre  $> 1,1$ ;  $< 1,25$ . Este valor se encuentra indicado en la norma IEEE 43-2013, que demuestra una condición de estatus de resistencia de aislamiento malo.[1]

### 7.1.8. Malacate 2

Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico

De acuerdo con la figura 39, en donde se muestran los valores de resistencia de aislamiento eléctrico (noviembre 2020) de las fases U, V y W de la prueba fase a tierra, se observa que la tendencia descrita fue creciendo durante el minuto de prueba, lo cual indica que el aislamiento se encuentra en buen estado.



Figura 42: Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Malacate 2

Los valores de resistencia obtenidos con un voltaje aplicado de 500V,

entre 30 y 60 segundos de las pruebas realizadas de fase a tierra, son superiores al límite permisible ( $5M\Omega$ ) indicado en la norma IEEE 43-2013, lo cual demuestra una condición normal del aislamiento.[1]

Prueba de Relación de Absorción Dieléctrica (DAR)

$$DAR = \frac{3,5G\Omega}{2G\Omega} = 1,75$$

De acuerdo con los valores obtenidos con un voltaje aplicado de 500V entre 0.5 y 1 minuto de las pruebas realizadas de fase a tierra, el cálculo obtenido en la prueba DAR nos da un resultado entre  $> 1,1; < 1,25$ . Este valor se encuentra indicado en la norma IEEE 43-2013, que demuestra una condición de estatus de resistencia de aislamiento muy bueno.[1]

### 7.1.9. Malacate 3

Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico

De acuerdo con la figura 40, en donde se muestran los valores de resistencia de aislamiento eléctrico (noviembre 2020) de las fases U, V y W de la prueba fase a tierra, se observa que la tendencia descrita fue creciendo durante el minuto de prueba, lo cual indica que el aislamiento se encuentra en buen estado.

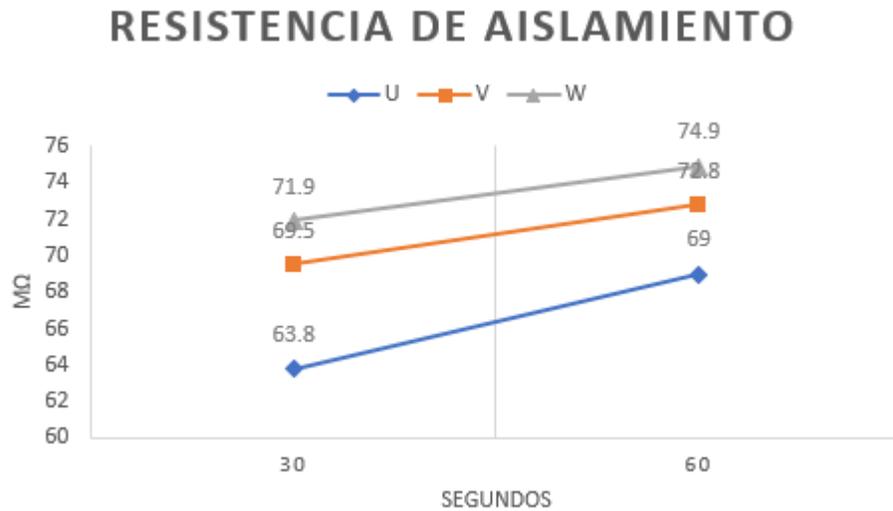


Figura 43: Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Malacate 3

Los valores de resistencia obtenidos con un voltaje aplicado de 500V, entre 30 y 60 segundos de las pruebas realizadas de fase a tierra, son superiores al límite permisible ( $5M\Omega$ ) indicado en la norma IEEE 43-2013, lo cual demuestra una condición normal del aislamiento.[1]

Prueba de Relación de Absorción Dieléctrica (DAR)

$$DAR = \frac{74,9M\Omega}{71,9M\Omega} = 1,0417$$

De acuerdo con los valores obtenidos con un voltaje aplicado de 500V entre 0.5 y 1 minuto de las pruebas realizadas de fase a tierra, el cálculo obtenido en la prueba DAR nos da un resultado entre  $< 1,1$ . Este valor se encuentra indicado en la norma IEEE 43-2013, que demuestra una condición de estatus de resistencia de aislamiento peligroso.[1]

#### 7.1.10. Malacate 4

Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico

De acuerdo con la figura 41, en donde se muestran los valores de resistencia de aislamiento eléctrico (noviembre 2020) de las fases U, V y W de la prueba fase a tierra, se observa que la tendencia descrita fue creciendo durante el

minuto de prueba, lo cual indica que el aislamiento se encuentra en buen estado.



Figura 44: Resistencia de Aislamiento Fase a Tierra del Malacate 4

Los valores de resistencia obtenidos con un voltaje aplicado de 500V, entre 30 y 60 segundos de las pruebas realizadas de fase a tierra, son superiores al límite permisible ( $5M\Omega$ ) indicado en la norma IEEE 43-2013, lo cual demuestra una condición normal del aislamiento.[1]

Prueba de Relación de Absorción Dieléctrica (DAR)

$$DAR = \frac{2,25G\Omega}{1,6G\Omega} = 1,4062$$

De acuerdo con los valores obtenidos con un voltaje aplicado de 500V entre 0.5 y 1 minuto de las pruebas realizadas de fase a tierra, el cálculo obtenido en la prueba DAR nos da un resultado entre  $> 1,4; < 1,6$ . Este valor se encuentra indicado en la norma IEEE 43-2013, que demuestra una condición de estatus de resistencia de aislamiento muy bueno.[1]

Nombre	30 seg	60 seg	Condición
Motor dragado	6,95MΩ	7,9MΩ	Deficiente
Bomba de chorro	6,71GΩ	11,27GΩ	Normal
Nueva Bomba de Chorro	54,5GΩ	98,8GΩ	Normal
Bomba Sumergible	11,57GΩ	20,8GΩ	Normal
Transformador en Alta	24,9GΩ	32,9GΩ	Normal
Transformador en Alta-Baja	17,59GΩ	22,5GΩ	Normal
Malacate 1	19,34MΩ	22,3MΩ	Normal
Malacate 2	2GΩ	3,5GΩ	Normal
Malacate 3	71,2MΩ	74,9MΩ	Normal
Malacate 4	1,6GΩ	2,25GΩ	Normal

Tabla 44: Cuadro Comparativo de los valores de Prueba de Resistencia de Aislamiento Eléctrico

Nombre	30 seg	60 seg	DAR	Condición
Motor dragado	6,95MΩ	7,9MΩ	1,1366	Malo
Bomba de chorro	6,71GΩ	11,27GΩ	1,6795	Muy Bueno
Nueva Bomba de Chorro	54,5GΩ	98,8GΩ	1,7577	Muy Bueno
Bomba Sumergible	11,57GΩ	20,8GΩ	1,7977	Muy Bueno
Transformador en Alta	24,9GΩ	32,9GΩ	1,4940	Muy Bueno
Transformador en Alta-Baja	17,59GΩ	22,5GΩ	1,2567	Bueno
Malacate 1	19,34MΩ	22,3MΩ	1,1530	Malo
Malacate 2	2GΩ	3,5GΩ	1,7521	Muy Bueno
Malacate 3	71,2MΩ	74,9MΩ	1,0417	Peligroso
Malacate 4	1,6GΩ	2,25GΩ	1,4062	Muy Bueno

Tabla 45: Cuadro Comparativo de los valores de Prueba de Relación de Absorción Dieléctrica (DAR)

## 8. Conclusiones

- Mediante el presente estudio se analizó el estado de los sistemas de control, protección y medición de la draga Amaluza I luego de 31 años de operación, obteniendo el resultado que los sistemas y componentes de la draga necesitan una modernización, ya que estos han sobrepasado el tiempo de vida útil y la mayoría se encuentran obsoletos. Debido a los problemas mencionados, los técnicos han tenido que tomar soluciones como intentar reemplazar los componentes ya obsoletos por modernos, sin embargo, el acoplarlos ha sido un problema por lo cual la draga en varias ocasiones se ha paralizado hasta poder solucionar los contratiempos.
- La draga en la actualidad, hasta febrero de 2022, se encuentra fuera de servicio, ya que su motor principal está averiado desde febrero del 2021 y el arreglo del mismo es muy costoso Y no se dispone de repuestos en el país; no obstante el problema surge porque los controles en el monitoreo son muy antiguos. Estos problemas se pudieron haber prevenido con sistemas modernos, confiables y vigentes tecnológicamente, y es por ello que se requiere una modernización de todos los sistemas de control, protección y medición de la draga.
- En las zonas montañosas, como se encuentra ubicada la presa Daniel Palacios, existe una gran cantidad de sedimentos, por ello la draga Amaluza I es de suma importancia para sustraer el sedimento y evitar que se obstruyan las tomas de carga hacia la sala de máquinas. Por estos motivos es necesario una modernización para garantizar la continuidad de su operación.
- Uno de los métodos más comunes para la evaluación de los motores, transformadores e interruptores es la prueba de resistencia de aislamiento eléctrico. Los métodos más comunes de prueba IR son resumidos en los estándares IEEE 43-2013 e incluyen la prueba de los 60 segundos, la prueba de absorción dieléctrica y la de polarización. Cada una de estas pruebas es utilizada para evaluar solo la porción del sistema de aislamiento entre el devanado del motor y el marco.
- El análisis realizado sobre el aislamiento eléctrico en los motores, transformadores e interruptores nos ha demostrado que se encuentran en

buen estado, ya que los valores medidos sobrepasan los límites recomendados por las normas IEEE 43-2013, e IEEE 95-2002. Por lo tanto, no es necesario reemplazarlos o modernizarlos.

- El análisis realizado sobre la absorción dieléctrica en los motores, transformadores e interruptores nos ha demostrado que la mayoría se encuentran en buen estado, a excepción del motor de dragado que se encuentra fuera de servicio, el malacate 1 que su condición es mala y el malacate 3 que su condición es peligrosa.

## 9. Recomendaciones

- Se recomienda la modernización de los sistemas de control, protección y medición de la draga Amaluza con equipamiento moderno, con una vigencia tecnológica mínima de años y un stock de repuestos adecuado para mantener operativos todos los sistemas.
- Se recomienda al grupo técnico de Celec recolectar datos necesarios para que a futuro se realice la prueba de polarización (PI).
- Se recomienda la realización de la medición del aislamiento eléctrico al equipo de emergencia, así como la verificación del voltaje del mismo.
- Se recomienda un mantenimiento de pintura a toda la draga para mejorar su aspecto.
- Se recomienda colocar más sistemas de protección al motor principal de dragado para evitar daños a futuro.
- Debido a la importancia de la Draga Amaluza I para sustracción de sedimentos en la presa, es necesario que Celec incluya en sus operaciones actividades continuas para el mejoramiento de las operaciones. De esta manera, asegurando el correcto funcionamiento de largos periodos de tiempo. Una de estas actividades es la realización de tesis o trabajos investigativos por parte de la misma entidad o de instituciones educativas, que permitan tener un enfoque periódico de la situación.
- Se recomienda realizar un mantenimiento correctivo al motor de dragado. Realizar un mantenimiento preventivo a los motores de malacate 1 y malacate 3, ya que por la prueba realizada DAR la condición de los motores es mala.

## Referencias

- [1] “Ieee recommended practice for testing insulation resistance of electric machinery,” *IEEE Std 43-2013 (Revision of IEEE Std 43-2000)*, pp. 1–37, 2014.
- [2] “Ieee guide for insulation maintenance of large alternating-current rotating machinery (10,000 kva and larger),” *ANSI/IEEE Std 56-1977*, pp. 1–24, 1977.
- [3] “Ieee guide for diagnostic field testing of electric power apparatus - electrical machinery,” *IEEE Std 62.2-2004*, pp. 1–108, 2005.
- [4] “Ieee guide for operation and maintenance of turbine generators,” *IEEE Std 67-1990*, pp. 1–64, 1990.
- [5] “Ieee recommended practice for insulation testing of ac electric machinery (2300 v and above) with high direct voltage,” *IEEE Std 95-2002 (Revision of IEEE Std 95-1977)*, pp. 1–56, 2002.
- [6] O. R. national Laboratory, *HAP Hydropower Advancement project*. U.S. Department Of Energy, 2012.
- [7] MasakiSanto, “Hidropaute,” 2008.
- [8] Corporación eléctrica del ecuador. Celec Ep. Cuenca, Ecuador, Panamericana Norte Km 7.5 Sector Capulispamba. [Online]. Available: <https://www.celec.gob.ec/>
- [9] Y. Yamada. Omron corporation. Japon. [Online]. Available: <https://www.omron.com/global/en/>
- [10] M. Kitazawa. Fusi electric global.
- [11] Mitsubishi electric. Japon. [Online]. Available: <https://www.mitsubishielectric.com/en/index.html>
- [12] Daiichi electronic. Japon. [Online]. Available: <http://www.daiichielectronics.com.ph/>

# ANEXOS

## 10. Anexos

### 10.1. Bomba de Descarga



Figura 45: Cuarto de Bomba de Descarga



Figura 46: Placa de Motor de Bomba de Descarga



Figura 47: Termómetro

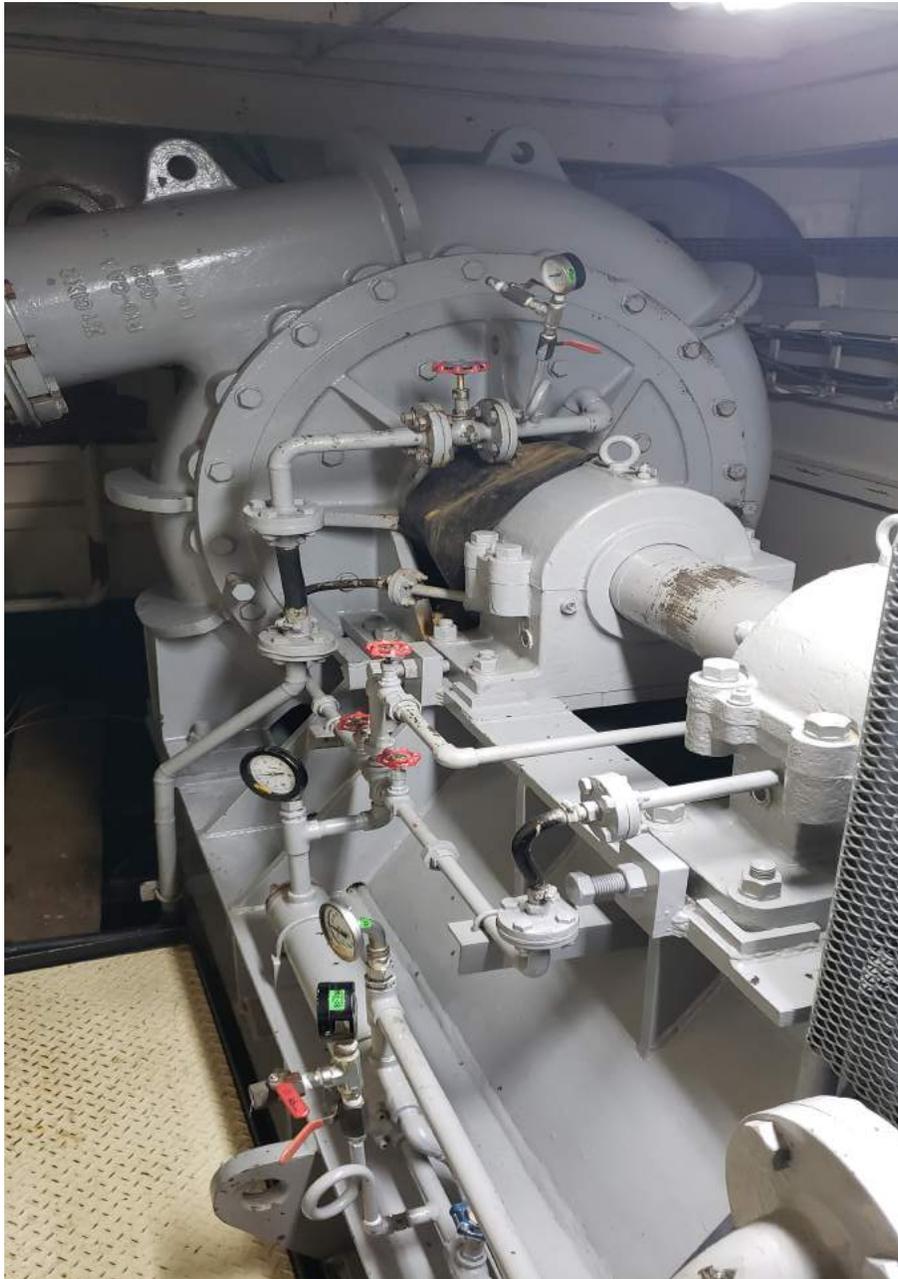


Figura 48: Impulsor



Figura 49: Sensor de Salida

## 10.2. Bomba de Dragado

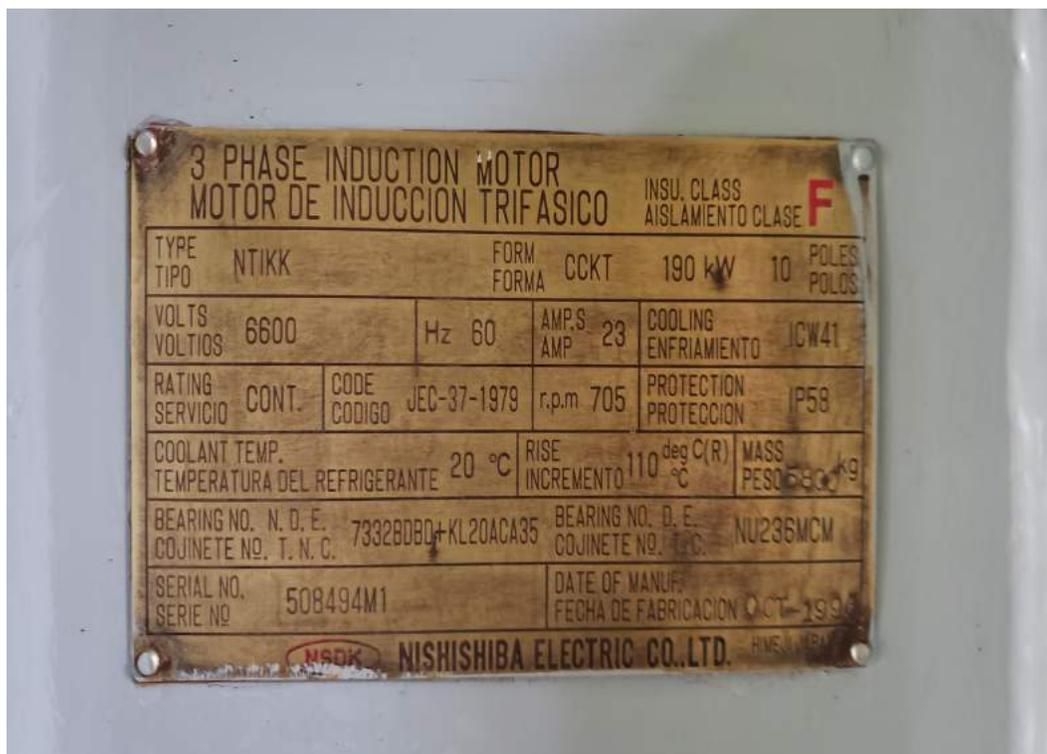


Figura 50: Placa de Motor de Dragado

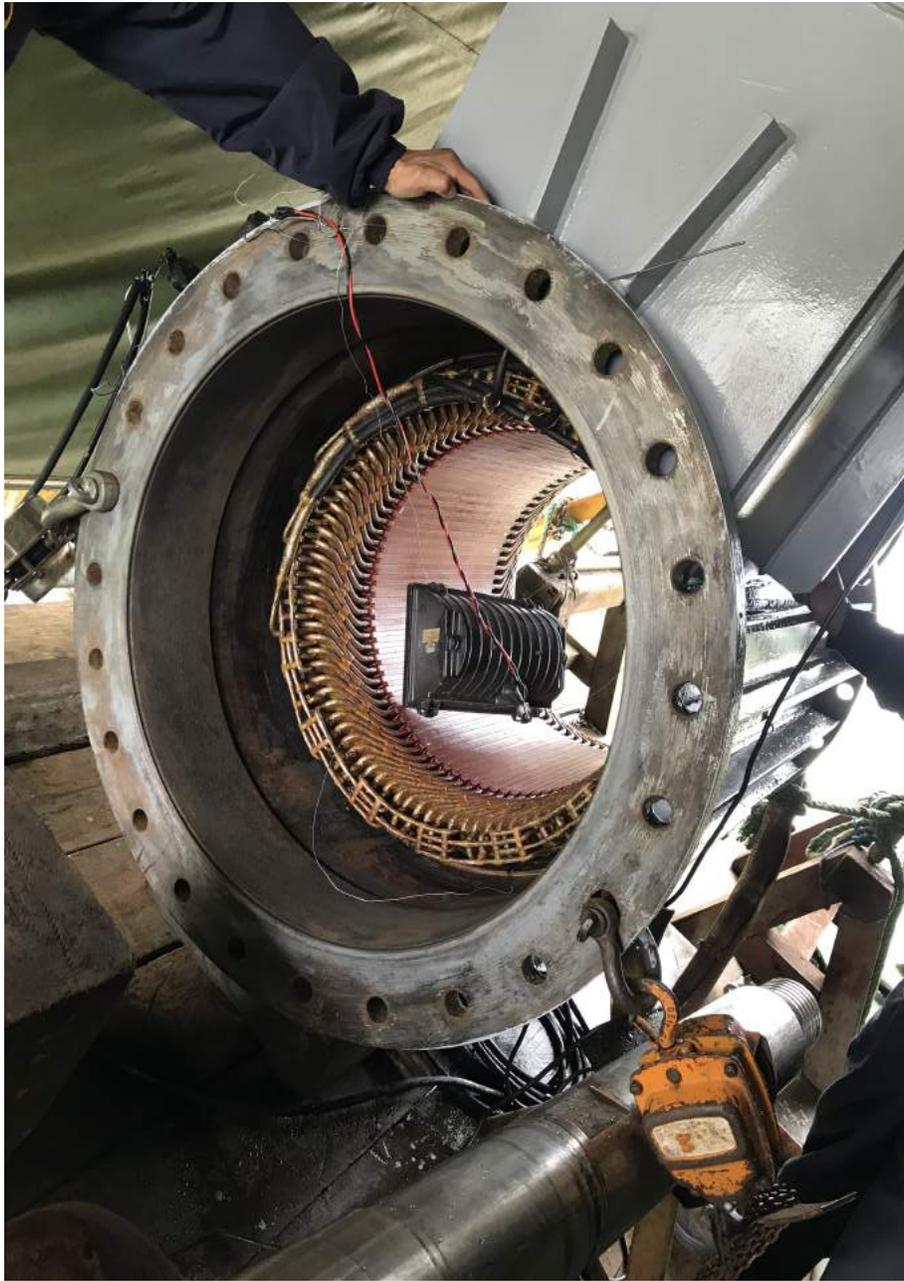


Figura 51: Estator

### 10.3. Popa de la Draga



Figura 52: Popa



Figura 53: Winche de Posicionamiento 4



Figura 54: Placa de Motor Winche 4

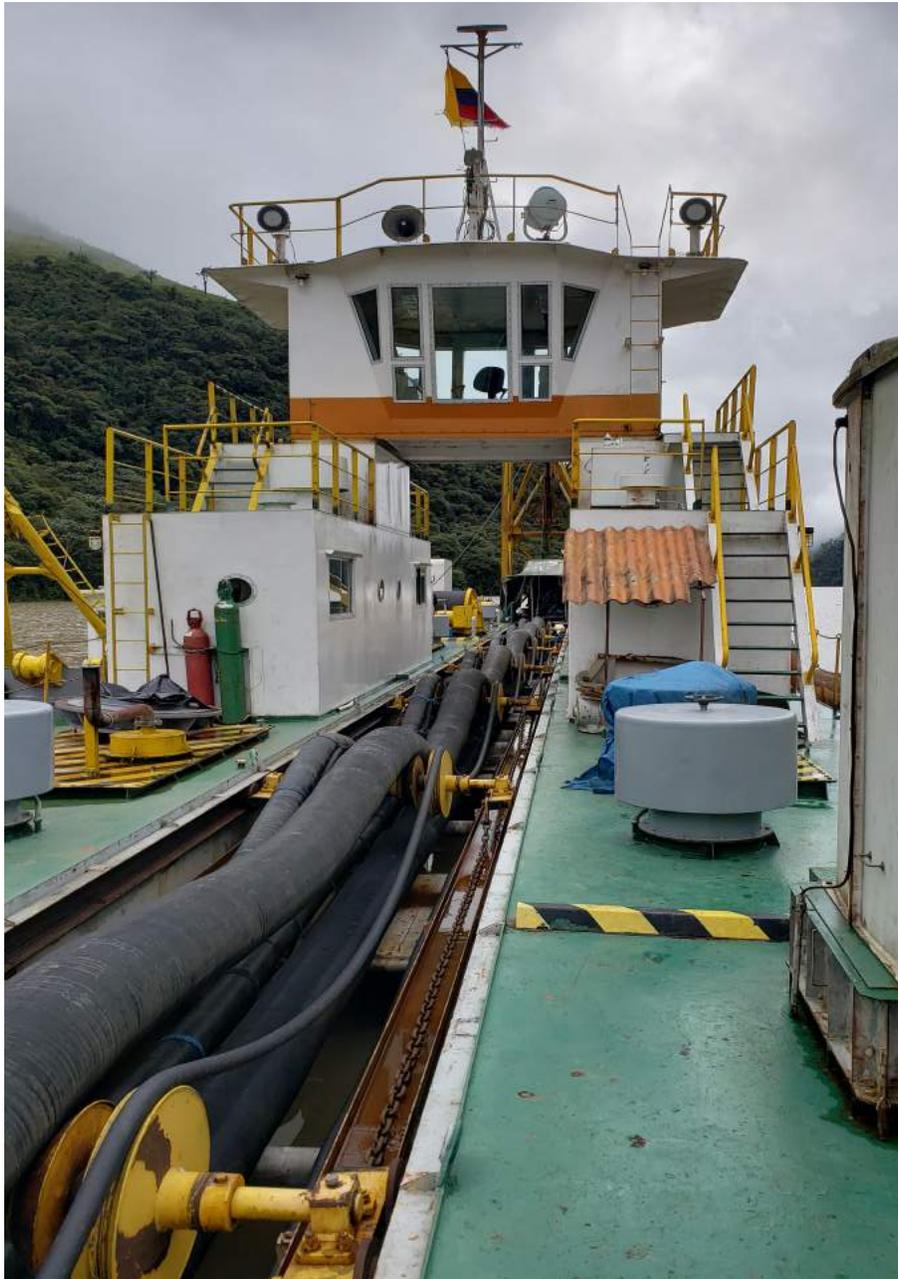


Figura 55: Cabina de Mando

#### 10.4. Proa de la Draga



Figura 56: Proa



Figura 57: Placa Winche de Posicionamiento 3