

INDICE GENERAL

Agradecimientos.	II
Dedicatoria.	III
Resumen.	IV
Abstract.	V
Índice	VI
CAPITULO I Introducción	1
1.1 Antecedentes y motivación.	2
1.2 Descripción del problema.	2
1.3 Solución propuesta.	2
1.4 Objetivos y alcances del proyecto.	3
1.5 Metodología y herramientas.	4
1.6 Resultados obtenidos.	4
1.7 Organización del documento.	5
CAPITULO II Fundamentos teóricos	6
2.1 Antecedentes de la empresa.	7
2.1.1 Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA CHILE).	7
2.1.2 Central Hidráulica Ojos de Agua.	8
2.2 Turbo máquinas.	9
2.2.1 Turbina Francis.	9
2.2.2 Componentes de una Turbina Francis.	9
2.2.3 Principio de funcionamiento Turbina Francis.	13
2.3 Componentes principales de la planta.	14
2.3.1 Turbina hidráulica Francis de eje horizontal.	14
2.3.2 Principales componente de la Turbina Francis.	16
2.3.2.1 Rodete o Rotor.	16
2.3.2.2 Tapas turbina LG y LA.	17
2.3.2.3 Alabes directrices y mecanismo de regulación.	18
2.3.2.4 Cámara espiral.	19
2.3.2.5 Juntas de eje.	19
2.3.2.6 Cono de aspiración o difusor.	20
2.3.3 Generador.	21
2.3.4 Cojinetes guía y empuje.	22

2.4	Sistemas analizados.	23
2.4.1	Grupo Oleohidráulico.	23
2.4.2	Grupo de Lubricación.	24
2.4.3	Grupo de Refrigeración.	26
2.5	Análisis del modo de falla y efecto (FMEA).	28
2.5.1	Objetivos del análisis.	28
2.5.2	Utilización del formulario FMEA.	29
2.5.3	Etapas de la elaboración del FMEA.	29
CAPITULO III Desarrollo de la solución		39
3.1	Ubicación de los equipos en estudio.	40
3.2	Mantenimiento preventivo.	40
3.2.1	Pauta de mantenimiento preventivo mensual (actividad mecánica).	41
3.3	Aplicación del análisis FMECA.	42
3.3.1	Consideraciones previas al análisis.	42
3.3.2	Análisis FMECA, Grupo Oleohidráulico, Lubricación y Refrigeración.	42
3.3.3	Determinación de la solución.	51
CAPITULO IV Exposición de resultados		60
4.1	Resultados obtenidos.	61
4.2	Factores y criterios utilizados para la generación de pautas de mantenimiento,	61
4.2.1	Protocolos del control de mantenimiento.	62
4.3	Valores obtenidos del índice de riesgo para el Grupo Oleohidráulico.	65
4.4	Valores obtenidos del índice de riesgo para el Grupo de Lubricación y Refrigeración.	65
4.5	Criterios de discriminación de valores obtenidos a partir del índice de riesgo.	67
4.6	Resultados para el Grupo Oleohidráulico.	69
4.6.1	Alto riesgo.	69
4.6.2	Muy alto riesgo.	69
4.7	Resultados para el Grupo de Lubricación y Refrigeración.	70
4.7.1	Alto riesgo.	70
4.7.2	Muy alto riesgo.	70

CAPITULO V	Discusión de Resultados	71
5.1	Análisis de los resultados obtenidos.	72
5.2	Descomposición de resultados para el Grupo Oleohidráulico.	72
5.2.1	Componentes que arrojaron índices de riesgo altos.	72
5.2.2	Componentes que arrojaron índices de riesgo muy altos.	73
5.3	Descomposición de resultados para el Grupo de Lubricación y Refrigeración.	73
5.3.1	Componentes que arrojaron índices de riesgo alto.	73
5.3.2	Componentes que arrojaron índices de riesgo muy alto.	74
5.4	Elaboración de la metodología de mantenimiento.	77
CAPITULO VI	Conclusiones y Proyecciones	78
6.1	Conclusión.	79
6.2	Proyecciones.	80
6.3	Bibliografía.	80
CAPITULO VII	Anexos	81
7.1	Características generales de los equipos hidráulicos.	82
7.1.2	Función de los filtros.	82
7.1.3	Bombas y motores.	83
7.1.4	Válvulas y distribuidores.	83
7.1.5	Aceite hidráulico.	84
7.1.6	Limpieza del equipo.	84
7.2	Consideraciones del mantenimiento de los equipos hidráulicos.	85
7.3	Parámetros del control de mantenimiento.	87
7.4	Protocolo del control de mantenimiento para los equipos en estudio.	89
INDICE DE FIGURAS		
FIGURA 2.1	Centrales hidráulicas de ENDESA CHILE.	7
FIGURA 2.2	Vista del exterior casa de maquinas central hidráulica Ojos de Agua.	8
FIGURA 2.3	Vista conjunto Cámara espiral-Turbina.	10
FIGURA 2.4	Turbina Francis eje horizontal de la central hidráulica.	14
FIGURA 2.5	Rodete o Rotor.	16
FIGURA 2.6	Tapas turbina LG y LA.	17
FIGURA 2.7	Alabes directrices y mecanismo de regulación.	18

FIGURA 2.8	Cámara espiral.	19
FIGURA 2.9	Cono de aspiración.	20
FIGURA 2.10	Generador.	21
FIGURA 2.11	Cojinete guía y empuje.	22
FIGURA 2.12	Grupo Oleohidráulico.	23
FIGURA 2.13	Grupo de Lubricación.	24
FIGURA 2.14	Flujómetro.	25
FIGURA 2.15	Grupo de Refrigeración.	26
FIGURA 2.16	Enfriador de placas aceite-agua.	27
FIGURA 2.17	Partes del intercambiador de calor.	28
FIGURA 2.18	Formulario típico del FMEA.	29
FIGURA 2.19	Relación entre fallas, modos de falla y causas de falla.	32
FIGURA 2.20	Diagrama de formas de reducir el riesgo.	37
FIGURA 3.1	Vista del interior de la central hidráulica Ojos de Agua.	40
FIGURA 3.2	Diagrama jerárquico para el ítem, elementos, modos de falla y causas del Grupo Oleohidráulico (Parte 1).	44
FIGURA 3.3	Diagrama jerárquico para el ítem, elementos, modos de falla y causas del Grupo Oleohidráulico (Parte 2).	45
FIGURA 3.4	Diagrama jerárquico para el ítem, elementos, modos de falla y causas del Grupo Oleohidráulico (Parte 3).	46
FIGURA 3.5	Diagrama jerárquico para el ítem, elementos, modos de falla y causas del Grupo Oleohidráulico (Parte 4).	47
FIGURA 3.6	Diagrama jerárquico para el ítem, elementos, modos de falla y causas del Grupo de Lubricación (Parte 1).	48
FIGURA 3.7	Diagrama jerárquico para el ítem, elementos, modos de falla y causas del Grupo de Lubricación (Parte 2).	49
FIGURA 3.8	Diagrama jerárquico para el ítem, elementos, modos de falla y causas del Grupo de Lubricación (Parte 3).	50
FIGURA 3.9	Diagrama jerárquico para el ítem, elementos, modos de falla y causas del Grupo de Refrigeración.	51

FIGURA 4.1	Grafico de datos obtenidos del RPN, para el Grupo Oleohidráulico.	64
FIGURA 4.2	Grafico de datos obtenidos del RPN, Grupo de Lubricación y Refrigeración.	66
FIGURA 4.3	Valores discriminados del RPN, Grupo Oleohidráulico.	68
FIGURA 4.4	Valores discriminados del RPN, Grupo de Lubricación y Refrigeración.	68

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1	Tabla de probabilidad de ocurrencia de fallas.	36
TABLA 2.2	Tabla de severidad de las fallas.	37
TABLA 2.3	Tabla de probabilidad de detección de las fallas.	37
TABLA 4.1	Enumeración de causas de falla para el Grupo Oleohidráulico.	64
TABLA 4.2	Índices de riesgo, para cada causa de falla del Grupo Oleohidráulico.	65
TABLA 4.3	Enumeración de causas de falla del Grupo de Lubricación y Refrigeración.	66
TABLA 4.4	Índices de riesgo, para cada causa de falla del Grupo de Lubricación y Refrigeración.	67
TABLA 4.5	Niveles de riesgo de causas de falla.	70