



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL
MANTENIMIENTO DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN
HIDROELÉCTRICA RÍO BLANCO, DE LA EMPRESA
ELÉCTRICA RIOBAMBA S.A, DURANTE EL AÑO 2014”.**

JUAN CARLOS GRANIZO RODRÍGUEZ

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2016

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2016-10-28

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

GRANIZO RODRÍGUEZ JUAN CARLOS

Titulado:

**“EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LA CENTRAL
DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA RÍO BLANCO, DE LA EMPRESA
ELÉCTRICA RIOBAMBA SA. DURANTE EL AÑO 2014”.**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos Santillán.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. José Antonio Granizo PhD.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Eduardo Hernández Msc.
ASESOR DE TESIS

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GRANIZO RODRÍGUEZ JUAN CARLOS

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA RÍO BLANCO, DE LA EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA SA. DURANTE EL AÑO 2014”

Fecha de Examinación: 2016-10-28

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. José Antonio Granizo PhD. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Eduardo Hernández Msc. ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORIA

El presente Trabajo de Titulación es original y basado en el proceso de investigación y/o proyecto técnico establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Juan Carlos Granizo Rodríguez
C.I. 060389453-6

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Juan Carlos Granizo Rodríguez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 28 de Octubre del 2016.

Juan Carlos Granizo Rodríguez
C.I. 060389453-6

DEDICATORIA

A Dios quien es mi principal fuente de fortaleza y perseverancia, a mis Padres Juan y Carmita quienes me concedieron el don de la vida y son ejemplo de valores entre los cuales resaltan principalmente la honestidad y responsabilidad.

A mi esposa Paulina y mi querido hijo David los cuales con su amor y paciencia siempre confiaron en mí y se sacrificaron hasta poder culminar este anhelo profesional.

A mis hermanos/as de manera especial a Marcelita y Verito quienes fueron un ejemplo durante el desarrollo de mi vida, sembrando el deseo de superación y tenacidad ante la adversidad.

Juan Carlos Granizo Rodríguez

AGRADECIMIENTO

A mi padre Dios por brindarme la fortaleza y bendiciones durante todos los días de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por permitirme obtener una profesión y ser persona útil a la sociedad.

A toda mi familia quienes son el eje fundamental para la consecución de mis objetivos tanto personales como profesionales,

Al Dr. José Antonio Granizo, por brindarme sus conocimientos y amistad a lo largo de mi formación académica, de igual manera al Ing. Eduardo Hernández asesor de mi trabajo de titulación por su valiosa ayuda prestada para la realización del presente trabajo, además de sus conocimientos compartidos en mi etapa de formación estudiantil, también a cada uno de los docentes de mi querida escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

Juan Carlos Granizo Rodríguez

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	<i>Objetivo general</i>	3
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	3
2.	MARCO REFERENCIAL	4
2.1	Central de Generación Hidroeléctrica	4
2.2	Clasificación de las Centrales Hidroeléctricas:	5
2.2.1	<i>Según sus características orográficas</i>	5
2.2.2	<i>Según su estructura</i>	5
2.2.3	<i>Según la potencia que generan</i>	6
2.4	Caudal.....	7
2.5	El Salto bruto o total de agua.....	8
2.6	Salto neto o efectivo	8
2.7	Potencia.	8
2.8	Estrategias de mantenimiento.....	9
2.9	Plan de mantenimiento.	9
2.10	Disponibilidad.	9
2.11	Historial de mantenimiento.	9
2.12	Modo de fallo.....	9
2.13	Criticidad (de un fallo o de una avería).	9
2.14	Mantenimiento.....	10
2.15	Objetivos del mantenimiento.....	10
2.16	Alimentador	10
2.17	Media tensión – distribución.	10
2.18	Factor de Potencia	10
2.19	Tipos de mantenimiento	10
2.19.1	<i>Mantenimiento Preventivo</i>	11
2.19.2	<i>Mantenimiento predeterminado o sistemático</i>	11
2.19.3	<i>Mantenimiento basado en la condición</i>	11
2.19.4	<i>Mantenimiento correctivo</i>	11
2.19.5	<i>Mantenimiento correctivo inmediato</i>	11
2.19.6	<i>Mantenimiento programado</i>	11

2.20	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC).....	12
2.21	Gestión del proceso de mantenimiento.....	12
2.22	Reseña histórica de la central hidroeléctrica Río Blanco.	13
2.23	Ubicación geográfica y dirección.	15
2.24	Departamento de mantenimiento.....	16
2.25	Organigrama estructural de la EERSA.....	17
2.26	Misión y Visión de la EERSA.....	18
2.26.1	<i>Objetivos Empresariales</i>	18
2.26.2	<i>Normativa legal</i>	19
2.27	Funcionamiento de la central hidroeléctrica Río Blanco.....	20
2.28	Elementos y áreas principales de la central hidroeléctrica Río Blanco.	21
2.28.1	<i>Bocatoma</i>	22
2.28.2	<i>Desarenador</i>	22
2.28.3	<i>Canales de Conducción</i>	23
2.28.4	<i>Tanque de Presión</i>	23
2.28.5	<i>Tubería de presión</i>	24
2.28.6	<i>Cuarto de Máquinas</i>	24
2.28.7	<i>Válvula de entrada de agua</i>	25
2.28.8	<i>Inyector</i>	26
2.28.9	<i>Turbina</i>	27
2.28.10	<i>Generador Eléctrico</i>	27
2.28.11	<i>Excitatriz de Generador</i>	28
2.28.12	<i>Cables blindados</i>	29
2.28.13	<i>Sistema hidráulico de la válvula principal</i>	30
2.28.14	<i>Cojinete principal</i>	30
2.28.15	<i>Sistema de lubricación de los cojinetes</i>	31
2.28.16	<i>Sistema by pass de la tubería principal</i>	32
2.28.17	<i>Bomba emergente del sistema de enfriamiento por agua</i>	32
2.28.18	<i>Sistema manual de frenado de emergencia</i>	33
2.28.19	<i>Sala de control</i>	33
2.28.20	<i>Tableros de control</i>	34
2.28.21	<i>Panel de alarmas</i>	35
2.28.22	<i>Sistema de relés de protección</i>	36
2.28.23	<i>Sincronoscopio</i>	37
2.28.24	<i>PLC (control lógico programable)</i>	37
2.28.25	<i>Transformador</i>	38
2.28.26	<i>Interruptor Automático Extraíble</i>	39

2.28.27	<i>Seccionadores (cuchillas)</i>	39
2.28.28	<i>Aisladores</i>	40
2.28.29	<i>Banco de baterías</i>	41
2.28.30	<i>Cargador de baterías (rectificador)</i>	41
2.28.31	<i>Equipo contra incendios</i>	42
3.	MARCO METODOLÓGICO	43
3.1	Tipo y diseño de investigación	43
3.1.1	<i>Investigación de campo</i>	43
3.2	Población y muestra.....	43
3.3	Características de la población y su delimitación.....	43
3.3.1	<i>Tipo de muestra y tamaño de la muestra</i>	43
3.4	Tratamiento estadístico de la información.....	43
3.4.1	<i>Análisis e interpretación de resultados</i>	44
3.4.2	<i>Resultados de la encuesta al Personal</i>	44
3.5	Diagnóstico de la situación actual de la gestión del mantenimiento	61
3.5.1	<i>Organización de la empresa</i>	61
3.5.2	<i>Organización y planificación del Mantenimiento:</i>	61
3.5.3	<i>Capacitación</i>	63
3.5.4	<i>Estrategias de Mantenimiento</i>	63
4.	PROPUESTA	68
4.1	Estructura Organizacional	68
4.2	Mejorar el plan de mantenimiento, mediante la aplicación del MCC.	68
4.2.1	<i>Fases de Implantación del MCC</i>	69
4.2.2	<i>Selección del equipo</i>	70
4.2.3	<i>Contexto Operacional</i>	70
4.2.4	<i>Funciones y estándares de ejecución</i>	71
4.2.5	<i>Funciones</i>	71
4.2.6	<i>Estándares de Ejecución.</i>	73
4.2.7	<i>Fallas Funcionales asociadas a cada función del activo.</i>	74
4.2.8	<i>Nivel de identificación de los modos de fallas.</i>	74
4.2.9	<i>Consecuencias de los modos de fallas</i>	75
4.2.10	<i>Selección de actividades de mantenimiento</i>	76
4.2.11	<i>Aplicación del MCC</i>	77
4.3	SISMAC	80
4.3.1	<i>Fichas Técnicas</i>	80
4.3.2	<i>Historial de Mantenimiento</i>	81
4.4	Análisis de Criticidad	82

4.5	Búsqueda de Fallas Ocultas	82
4.6	Capacitación al Personal.....	82
	CONCLUSIONES	84
	RECOMENDACIONES.	85
	BIBLIOGRAFIA.	857
	ANEXOS	85

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las Centrales según la caída en metros.....	6
Tabla 2. Pregunta 1	45
Tabla 3. Pregunta 2	46
Tabla 4. Pregunta 3	47
Tabla 5. Pregunta 4	48
Tabla 6. Pregunta 5	49
Tabla 7. Pregunta 6	50
Tabla 8. Pregunta 7	51
Tabla 9. Pregunta 8	52
Tabla 10. Pregunta 9	53
Tabla 11. Pregunta 10	54
Tabla 12. Pregunta 11	55
Tabla 13. Pregunta 12	56
Tabla 14. Pregunta 13	57
Tabla 15. Pregunta 14	58
Tabla 16. Pregunta 15	59
Tabla 17. Pregunta 16	60
Tabla 18. Ficha de evaluación Global de la Gestión del Mantenimiento de la Central Río Blanco	67
Tabla 19. Aplicación del MCC	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Central de Generación Hidroeléctrica de paso	4
Figura 2. Mantenimiento Resumen General	12
Figura 3. EMPRESA ELECTRICA RIOBAMABA SA	13
Figura 4. Central Rio Blanco EERSA	14
Figura 5. Ubicación Geográfica de la Central Rio Blanco EERSA.....	15
Figura 6. Organigrama estructural de la EERSA.....	17
Figura 7. Fotografía satelital de la Central Hidroeléctrica Río Blanco	21
Figura 8. Bocatoma de la Central Rio Blanco de la EERSA	22
Figura 9. Compuertas para desarenado	22
Figura 10. Canales de Conducción de Agua.....	23
Figura 11. Tanque de Presión de la Central Río Blanco.....	23
Figura 12. Tubería de Presión.....	24
Figura 13. Cuarto de Máquinas de la Central Rio Blanco	25
Figura 14. Válvula de Entrada de Agua.....	26
Figura 15. Inyector.....	26
Figura 16. Turbina tipo Pelton.....	27
Figura 17. Generador Eléctrico Marca AVK.....	28
Figura 18. Excitatriz del Generador.....	29
Figura 19. Cables Blindados	29
Figura 20. Sistema Hidráulico de la Válvula Principal	30
Figura 21. Cojinete Principal	31
Figura 22. Sistema de Lubricación de los Cojinetes.....	31
Figura 23. Sistema de bypass de la tubería principal.....	32
Figura 24. Bomba emergente del sistema de enfriamiento por agua.....	32
Figura 25. Sistema Manual de Frenado	33
Figura 26. Sala de Control	34
Figura 27. Tableros de Control	35
Figura 28. Panel de Alarmas.....	35
Figura 29. Sistema de Relés de Protección.....	36
Figura 30. Sincronoscopio	37
Figura 31. PLC (Control Lógico Programable)	37
Figura 32. Transformador de potencia de la Subestación dos de la EERSA.....	38

Figura 33. Interruptor automático extraíble de la subestación de la central Rio Blanco	39
Figura 34. Seccionadores de Cuchillas	40
Figura 35. Aisladores cerámicos y polímeros.....	40
Figura 36. Banco de baterías de la Central Hidroeléctrica Rio Blanco de la EERSA....	41
Figura 37. Cargador de Baterías (Rectificador).....	41
Figura 38. Equipo contra incendios	42
Figura 39. Pregunta 1.....	45
Figura 40. Pregunta 2.....	46
Figura 41. Pregunta 3.....	47
Figura 42. Pregunta 4.....	48
Figura 43. Pregunta 5.....	49
Figura 44. Pregunta 6.....	50
Figura 45. Pregunta 7.....	51
Figura 46. Pregunta 8.....	52
Figura 47. Pregunta 9.....	53
Figura 48. Pregunta 10.....	54
Figura 49. Pregunta 11.....	55
Figura 50. Pregunta 12.....	56
Figura 51. Pregunta 13.....	57
Figura 52. Pregunta 14.....	58
Figura 53. Pregunta 15.....	59
Figura 54. Pregunta 16.....	60
Figura 55. ETAPAS PARA IMPLANTAR EL MCC	70
Figura 56. Consecuencias de las fallas funcionales.....	76
Figura 57. Fichas Técnicas de SISMAC.....	80
Figura 58. Historial de tareas ejecutadas en SISMAC.....	81

LISTA DE ANEXOS

- A** Formato de solicitud de mantenimiento y consignación al CENACE
- B** Solicitud de mantenimiento y consignación la CENACE
- C** Solicitud de la declaración de los mantenimientos de las centrales de generación para el periodo 2014 al CENACE
- D** Plan anual de mantenimiento declarado de la central Río Blanco 2014
- E** Calculo de la indisponibilidad forzada de la central Río Blanco año 2013-2014
- F** Formato de una orden de trabajo de mantenimiento preventivo individual del SISMAC
- G** Tareas de mantenimiento generadas en el SISMAC
- H** Ordenes de trabajo registradas en el SISMAC
- I** Historial de fallos de la central Río Blanco durante el año 2014
- J** Planimetría de la central Río Blanco
- K** Plano del grupo de la central Río Blanco
- L** Plano eléctrico del grupo de la central Río Blanco
- M** Encuesta dirigida al personal encargado del mantenimiento de la central Río Blanco de la EERSA
- N** Árbol lógico de decisión
- O** Detalle de la evaluación aplicando la norma (COVENIN 2500-93, 1993)

LISTA DE ABREVIATURAS

EERSA	Empresa Eléctrica Riobamba Sociedad Anónima
DOM	Departamento de Operación y Mantenimiento
MCC	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad
Kw	Kilovatios
CODERECH	Corporación Regional de Desarrollo Autónomo de Chimborazo
MW	Megavatios
Km	Kilómetros
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CELEC EP	Corporación Eléctrica de Ecuador Empresa Pública
SNT	Sistema Nacional Interconectado
V	Voltios
A	Amperios
KVA	Kilo voltamperios
KV	Kilovoltios
CA	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
PLC	Programmable Logic Controller
Cos ϕ	Factor de Potencia
M	Metro
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
SISMAC	Sistema de mantenimiento asistido por computadora
RCM	Reliability Centered Maintenance
AMEF	Análisis del modo y Efecto de Fallos
RPM	Revoluciones por minuto
COVENIN	Comisión Venezolana de Normas Industriales

RESUMEN

El presente trabajo de titulación denominado “Evaluación de la gestión del mantenimiento de la central de generación hidroeléctrica Río Blanco de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A, durante el año 2014”, consiste inicialmente en establecer los antecedentes, justificación y objetivos que se desean cumplir, en el marco referencial se extrae la terminología relevante para el desarrollo del presente trabajo, acompañado de un estudio descriptivo de las diferentes áreas y proceso de generación hidroeléctrica, en el marco metodológico se presenta el trabajo de campo realizado, empleando técnicas de investigación como son la encuesta, entrevista y observación dirigida al personal encargado del mantenimiento, además de la recopilación de evidencias y su posterior tratamiento estadístico para determinar un diagnóstico y evaluación global cuantitativa de la situación actual de la gestión del mantenimiento de la central Río Blanco, al término de la evaluación global de la central Río Blanco se pudo establecer la puntuación global porcentual obtenida según la norma venezolana (COVENIN 2500-93, 1993), la cual permite evaluar sistemas de gestión del mantenimiento de las empresas, en donde obtuvo un 65,65% de cumplimiento con la norma, evidenciándose algunas deficiencias en la gestión del mantenimiento de la central, por lo que se plantea una propuesta de mejora mediante un modelo sintetizado del plan de mantenimiento acorde al contexto operacional de la central, apoyado en los principios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, además de recomendar un análisis de criticidad a la planta, capacitar al personal en áreas específicas del mantenimiento, promover cambios organizacionales y por último establecer una estrategia de búsqueda de fallos ocultos para prevenir o disminuir la ocurrencia una falla múltiple.

PALABRAS CLAVE: <EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA SA (EERSA)>, <GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO>, <CENTRAL HIDROELÉCTRICA>, <MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC)>, <CONTEXTO OPERACIONAL>. <COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN)>, <ANÁLISIS DE CRITICIDAD>, <FALLOS OCULTOS>.

ABSTRACT

The present study named “Maintenance Management Evaluation of the Hydroelectric Generation Center Río Blanco from Empresa Eléctrica Riobamba S.A, during the year 2014”, consisting in to stablish the background, justification and objectives to be fulfilled. In the theoretical framework is extracted the relevant terminology to the development of this study matching with a descriptive study of the different areas and hydroelectric generation process. In the methodological framework the accomplished field work is presented using investigation techniques such as the survey, interview and directed observation to the maintenance personal in charged, besides of the gathering evidences and its later statistically treatment to determine a diagnostic and global quantitative evaluation of the current situation of the maintenance management of the Río Blanco Station. At the end of the global evaluation of the Río Blanco Station, the global perceptual marks getting according to the Venezuelan norm (COVENINI 2500-93, 1993) was established, which allows to evaluate system of maintenance management of the companies where it got 65,65 % of fulfilled with the norm, evidencing some deficiencies in the maintenance management of the station. Therefore, an improvement proposal is presented based on synthesized model of the maintenance plan according to the operational context station supporting in the Maintenance Focus in the Reliability principles. Moreover, it recommended a critically analysis to the station, personal training in specific areas of maintenance, promoting organizational changes and stablish a looking for hidden faults strategy to prevent or reduce the occurrence of a multiple faults.

Key words: <EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA SA (EERSA)>, <MAINTENANCE MANAGEMENT>, <HYDROELECTRIC STATION>, <MAINTENANCE FOCUS IN THE RELIABILITY (MFR)>, <OPERATIONAL CONTEXT>. <COMISSION VENEZUELAN INDUSTRIAL NORMS (COVENIN)>, <CRITICALLY ANALYSIS>, <HIDDEN FAULTS>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Empresa Eléctrica Riobamba S.A. inicia su vida jurídica en el año de 1963 contemplando dentro de sus objetivos la generación de energía eléctrica, la cual la ha venido ejecutando desde 1967 cuando entra a operar la central hidroeléctrica Alao, posteriormente luego de varios estudios para identificar posibles aprovechamientos hidroeléctricos en la provincia resuelve construir con capitales propios la Central Hidroeléctrica Río Blanco, iniciando su operación el 30 de enero de 1997, con un grupo generador de una capacidad de 3000 kW, el sistema de abastecimiento de agua a la central es por medio de tubería de presión enterrada la misma que tiene un tiempo de funcionamiento diferente al tiempo de inauguración de la casa de máquinas debido a que dicha tubería forma parte del proyecto de riego Quimiag – Chambo efectuado en el año de 1989 por el llamado Coderech.

En la actualidad nuestro país desarrolla proyectos en los cuales se promueve la generación de energías renovables, es así que se construyen y se tiene previsto que entren en funcionamiento hasta el año 2017 grandes centrales de generación hidroeléctrica como la Coca Codo Sinclair, Sopladora, Mazar entre otras con el fin de generar energía limpia y renovable.

La central de generación hidroeléctrica Río Blanco de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. ubicada en la parroquia rural Quimiag de la ciudad de Riobamba, es una fuente que provee de energía eléctrica limpia para el sistema eléctrico de la provincia de Chimborazo, la cual funciona 24 horas al día durante el todo el año, parando las máquinas únicamente por mantenimiento, por lo que es imprescindible precautelar la integridad de los activos físicos existentes en las instalaciones de dicha central, pues si uno de estos fallan, no sólo disminuye su capacidad de generar energía eléctrica, sino que también se interrumpen los servicios en general.

1.2 Justificación

La central de generación hidroeléctrica Río Blanco contribuye a satisfacer la demanda de energía eléctrica en la provincia de Chimborazo, por lo cual garantizar la continuidad del servicio depende en gran parte de la gestión del mantenimiento que se ejecuta en dicha central, por este motivo se hace necesario evaluar periódicamente las actividades que se vienen desarrollando para poder valorar los resultados obtenidos durante el mencionado periodo.

La Norma europea EN 13306 señala que el Mantenimiento es la *“Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desempeñar la función requerida”*, por ello se pretende mediante una evaluación de la gestión del mantenimiento detectar puntos débiles en cada una de las actividades que describe la norma, las cuales son elaboradas por el departamento de mantenimiento para que la central cumpla su función, con el fin proponer mejoras a la gestión del mantenimiento que permita contrarrestar las consecuencias de los fallos, para poder obtener un funcionamiento idóneo y eficaz.

Por lo tanto, en el presente trabajo se realiza un sondeo general al mantenimiento efectuado a la Central Rio Blanco, que le permita al personal corregir y planificar adecuadamente las frecuencias de mantenimiento, así como la optimización de recursos disponibles.

Finalmente, este trabajo contribuye a renovar las capacidades y potencialidades de la población, el cual sirva como piloto para las diferentes centrales hidroeléctricas existentes en la EERSA.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Evaluar la Gestión del Mantenimiento de la Central de Generación Hidroeléctrica Rio Blanco, de la Empresa Eléctrica Riobamba SA, durante el año 2014.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Recopilar toda la información disponible sobre la Central de Generación Hidroeléctrica Rio Blanco.
- Describir los elementos que intervienen en el proceso de generación de la Central Hidroeléctrica Río Blanco de la Empresa Eléctrica Riobamba SA.
- Analizar las actividades de gestión del mantenimiento aplicadas en la Central Rio Blanco durante el año 2014.
- Analizar y procesar estadísticamente los resultados obtenidos.
- Diagnosticar la situación actual de la gestión del mantenimiento de la central Rio Blanco
- Elaborar una propuesta de mejoras a la gestión del mantenimiento de la Central Río Blanco de la EERSA.

CAPÍTULO II

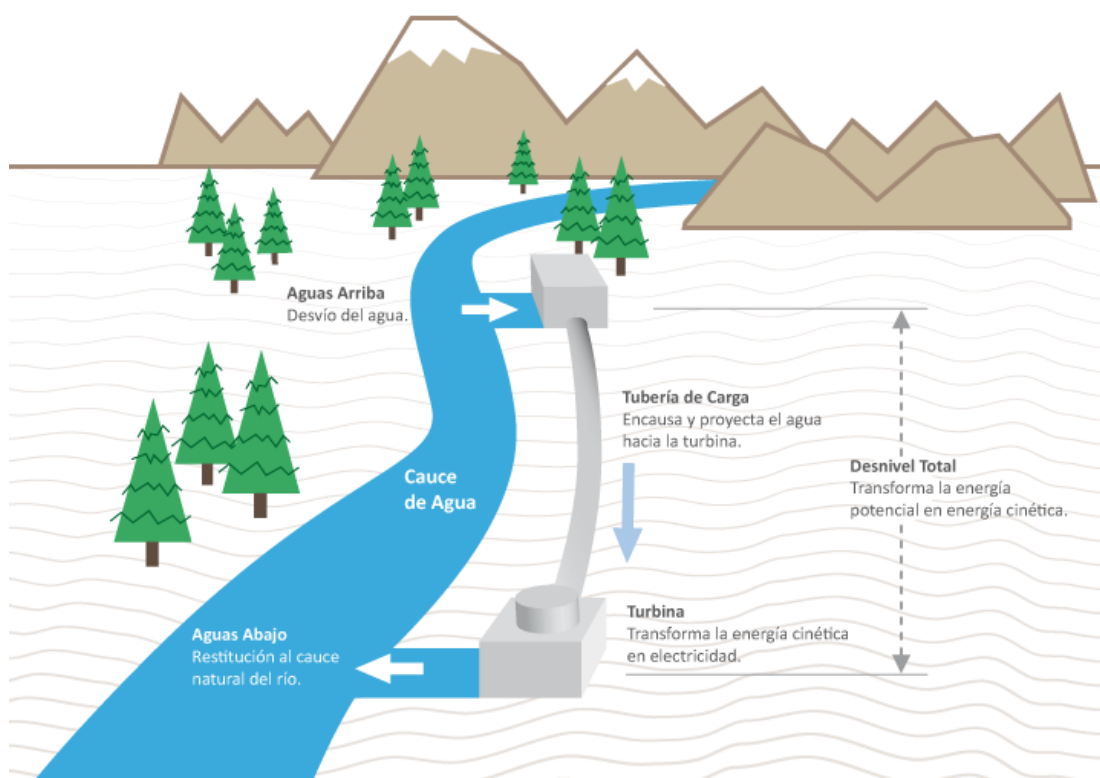
2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Central de Generación Hidroeléctrica

El objetivo de una central hidroeléctrica es convertir la energía potencial de una masa de agua situada en el punto más alto donde se ubica el embalse, en energía eléctrica disponible en el punto más bajo, donde está ubicada la casa de máquinas. La potencia eléctrica que se obtiene en una central es proporcional al caudal utilizado y a la altura del salto de agua. (OLADE, 1990)

En la figura 1 se muestra esquemáticamente en proceso de captación de agua para el proceso de Generación Hidroeléctrica en una central de paso.

Figura 1. Central de Generación Hidroeléctrica de paso



Fuente: (GOODENERGY, 2014)

2.2 Clasificación de las Centrales Hidroeléctricas:

De acuerdo al libro de Diseño Hidráulico (**KROCHIN, 1986**), las Centrales Hidráulicas se pueden clasificar según las características orográficas, atendiendo a su estructura o según la potencia que generen.

2.2.1 Según sus características orográficas. Las centrales hidráulicas se dividen en centrales de agua fluyente y centrales con regulación:

Centrales de agua fluyente: Están situadas en ríos con un caudal constante, de forma que no requieren la formación de un embalse o éste es de pequeñas dimensiones. La captación del agua se hace directamente del río que va hacia las turbinas.

Centrales con regulación: Son las que están situadas en lugares donde es necesario embalsar el agua y provocar un salto elevado de la misma.

2.2.2 Según su estructura. Se clasifican en centrales por desviación de las aguas y de pie de presa:

Centrales por desviación de las aguas: En éstas se desvía parte del caudal del río mediante un azud o muro situado transversalmente a la corriente. Con ello se crea un remanso sin necesidad de elevar mucho el nivel del agua.

El agua desviada se canaliza con la toma (ensanchamiento en la parte anterior del canal que conduce la entrada del agua) hasta el canal de derivación, que puede ser a cielo abierto o por tubería. Desde allí se dirige a la cámara de carga o depósito donde se almacena el agua y del que parte la tubería forzada, que lleva el agua hacia la planta transformadora.

Centrales de pie de presa: Requieren la construcción de una presa que almacene el agua a una altura determinada. Si son de alta o media caída el agua llega a la turbina (generalmente horizontal de impulsión) a gran velocidad, con lo que no es necesario un generador de mucho diámetro. Si son de baja caída se necesitan turbinas de reacción, que son mucho más voluminosas debido al gran caudal de agua que deben hacer pasar,

además, los generadores son también de grandes dimensiones por la poca velocidad de giro.

2.2.3 Según la potencia que generan: tenemos según la altura neta del salto y según la potencia del eje instalado

Clasificación según la altura neta del salto:

Tabla 1. Clasificación de las Centrales según la caída en metros

	BAJA	MEDIA	ALTA
MICRO	$H < 15$	$15 < H < 50$	$H > 50$
MINI	$H < 20$	$20 < H < 100$	$H > 100$
PEQUEÑA	$H < 25$	$25 < H < 130$	$H > 130$

Fuente: (KROCHIN, 1986)

- Saltos de pequeña altura: $H < 15\text{m}$
- Saltos de mediana altura: $15\text{m} < H < 50\text{m}$
- Saltos de gran altura: $H > 50\text{m}$

Clasificación según la potencia del eje instalado.

- Micro central: 0 – 50 kW
- Mini Central: 50 – 500 kW
- Pequeña Central: 500 – 5000 kW

2.3 Ventajas e inconvenientes de la energía hidráulica

Entre las ventajas e inconvenientes que ofrece tanto el uso de la energía hidráulica como de las instalaciones que la acompañan, se pueden citar según (KROCHIN, 1986) las siguientes ventajas:

- El proceso de transformación de la energía hidráulica en eléctrica es limpio, es decir, no produce residuos ni da lugar a la emisión de gases o partículas sólidas que pudieran contaminar la atmósfera.
- Las presas que se construyen para embalsar el agua permiten regular el caudal del río, evitando de esta forma inundaciones en épocas de crecida y haciendo posible el riego de las tierras bajas en los períodos de escasez de lluvias.

Entre los principales inconvenientes se mencionan:

Los embalses de agua anegan extensas zonas de terreno, fértiles y en ocasiones de gran valor ecológico en los valles de los ríos, se altera el equilibrio, en perjuicio de los seres vivos (animales y vegetales) existentes en la zona.

- Al interrumpirse el curso natural del río, se producen alteraciones en flora y fauna fluvial.
- Gran dependencia respecto a las precipitaciones.

En este trabajo se toma a la Central Hidroeléctrica Río Blanco, la cual es una central de pasada.

En el manual para Latinoamérica y el Caribe (OLADE, 1990) se destacan algunos términos relevantes en el proceso de generación hidroeléctrica que valen la pena citar como son:

2.4 Caudal

El caudal conceptualmente es el volumen por unidad de tiempo. El caudal que recibe del desarenador es de $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ del Río Blanco el mismo que es conducido a través de canal abierto hasta llegar al tanque de presión.

2.5 El Salto bruto o total de agua

Se define como la diferencia de cotas entre el tanque de presión y el inyector, sin considerar las pérdidas existentes del rozamiento del agua con la tubería.

2.6 Salto neto o efectivo

Contempla además de las alturas geométricas, las otras formas de energía que pueden existir antes o después de la turbina, así como las pérdidas de energía entre los puntos considerados, expresadas en metros de columna de agua. El valor de la distancia del tanque de presión y el inyector es 284 m.

2.7 Potencia.

La Central Rio Blanco tiene una tubería de presión de 680 metros de longitud, que conduce el agua a la casa de máquinas, cuentan con una capacidad de 1.94 m³/s, con la caída neta de 284 metros hacia las turbinas, por medio de los inyectores ingresa 0.97 m³/s. lo que hace girar a 720 revoluciones por minuto, el generador acoplado a la turbina es de 3 MW de potencia. El caudal y la caída, son además datos básicos para determinar el tipo de turbina que se debe utilizar. Para la determinación del caudal se debe recurrir a la información histórica hidrológica de la zona. Interesa calcular para efectos de diseño y cálculos el flujo promedio y mínimo de agua anual. Con los datos de caudal y caída es posible conocer la cantidad de potencia que se puede disponer, con la siguiente ecuación:

$$P = 9.8 * H * Q$$

Dónde:

P = Potencia disponible, en kW.

H = Caída o Salto Bruto, en m.

Q = Caudal, en m³/s

$$P = 9.8 * 284 * 1$$

$$P = \underline{2783.2 \text{ KW}}$$

De la norma española (UNE-EN 13306, 2011), se ha extraído la siguiente la terminología del mantenimiento

2.8 Estrategias de mantenimiento.

Es un método de gestión utilizado para lograr los objetivos del mantenimiento, un ejemplo podría ser, utilizar la contratación externa del mantenimiento.

2.9 Plan de mantenimiento.

Conjunto estructurado y documentado de tareas que incluyen las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para realizar el mantenimiento.

2.10 Disponibilidad.

Aptitud de un elemento para encontrarse en un estado en que pueda realizar su función, cuándo y cómo se requiera, bajo condiciones dadas, asumiendo que se dispone de los recursos externos necesarios.

2.11 Historial de mantenimiento.

Parte de la documentación de mantenimiento que contiene el historial de todos los datos relativos al mantenimiento de un elemento.

2.12 Modo de fallo.

Manera en que se produce la inaptitud de un elemento para realizar una función requerida. La descripción correcta de un modo de falla debe consistir de un sustantivo y un verbo.

2.13 Criticidad (de un fallo o de una avería).

Índice numérico de la severidad de un fallo o de una avería combinado con la probabilidad o frecuencia de su ocurrencia.

2.14 Mantenimiento.

Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinado a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desempeñar la función requerida.

2.15 Objetivos del mantenimiento.

Los objetivos de mantenimiento deben alinearse con los de la empresa, son metas asignadas y aceptadas para las actividades del mantenimiento, estas metas pueden incluir por ejemplo la disponibilidad, reducción de costes, calidad del producto, protección del medio ambiente, la seguridad y la preservación del activo físico.

2.16 Alimentador

Son todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final. (CODIGO ELECTRICO ECUATORIANO, 2001)

2.17 Media tensión – distribución.

Media tensión son las instalaciones y equipos del sistema distribuidor, que opera a voltajes entre 600 voltios y 40 kilovoltios. (CODIGO ELECTRICO ECUATORIANO, 2001)

2.18 Factor de Potencia

Relación entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) del mismo sistema eléctrico o parte de él. (CODIGO ELECTRICO ECUATORIANO, 2001)

2.19 Tipos de mantenimiento

Según la norma española (UNE-EN 13306, 2011), se tiene los siguientes tipos de mantenimiento:

2.19.1 *Mantenimiento Preventivo*

Mantenimiento que se realiza a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento.

2.19.2 *Mantenimiento predeterminado o sistemático*

Mantenimiento preventivo que se realiza de acuerdo con intervalos de tiempo establecidos o con un número definido de unidades de funcionamiento, pero sin investigación previa de la condición.

2.19.3 *Mantenimiento basado en la condición*

Mantenimiento preventivo que incluye una combinación de monitorización de la condición y/o la inspección y/o los ensayos, análisis y las consiguientes acciones de mantenimiento.

2.19.4 *Mantenimiento correctivo*

Mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida.

2.19.5 *Mantenimiento correctivo inmediato*

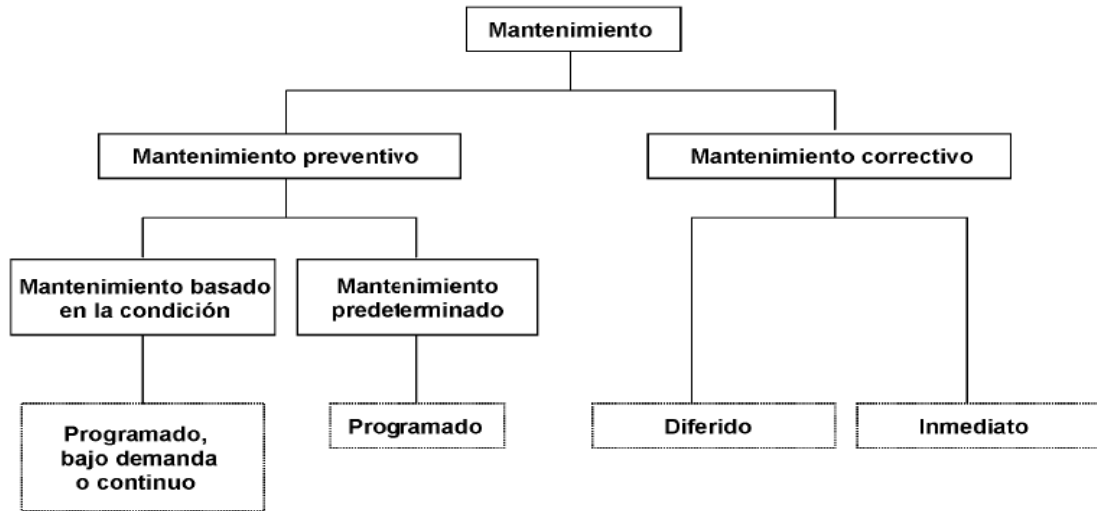
Mantenimiento correctivo que se realiza sin dilación después de detectarse una avería, a fin de evitar consecuencias inaceptables.

2.19.6 *Mantenimiento programado*

Mantenimiento que se realiza de acuerdo con un programa de calendario establecido o un número establecido de unidades de utilización. (UNE-EN 13306, 2011)

En la figura 2 se muestra el resumen general de los tipos de mantenimiento.

Figura 2. Mantenimiento Resumen General



Fuente: (UNE-EN 13306, 2011)

2.20 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)

Proceso utilizado para determinar que debe hacerse para asegurar que todo activo continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan en su actual contexto operacional. (MOUBRAY, 2000)

2.21 Gestión del proceso de mantenimiento.

La norma española (UNE-EN 16646, 2015) destaca que la gestión del proceso de mantenimiento, se basa en las soluciones de gestión de activos físicos y políticas de administración de los activos, las estrategias y los planes que reflejan los objetivos de negocios y de las necesidades de la organización en cuestión. El sistema de proceso de mantenimiento consta de sub-procesos:

- Mantenimiento objetivos y estrategias;
- Planificación de las actividades de mantenimiento;
- Gestión y desarrollo de los recursos;
- Mantenimiento aplicación
- Seguimiento y mejora continua.

Seguimiento y mejora continua compara los objetivos y las necesidades de conservación con el desempeño, hace necesario conclusiones y planes las acciones de desarrollo. (UNE-EN 16646, 2015)

2.22 Reseña histórica de la central hidroeléctrica Río Blanco.

La Empresa Eléctrica Riobamba S.A en 1963 adquiere los derechos de la Empresa de Electrificación Chimborazo S.A., el 2 de enero de 1967 se realiza la inauguración de los dos primeros grupos de generación hidroeléctrica de la Central Alao, con la presencia del Dr. Otto Arosemena Gómez, Presidente de la República. En el año de 1977 se inaugura el tercer grupo y para el año 1979 el cuarto y último grupo. En la figura 3 se observa el edificio matriz de la EERSA.

Figura 3. EDIFICIO MATRIZ EMPRESA ELECTRICA RIOBAMABA SA.



Fuente: (EMPRESA ELECTRICA RIOBAMBA SA., 2016)

En el año de 1997 la EERSA inaugura la Central Hidroeléctrica Río Blanco con una potencia de 3 MW, se encuentra ubicada en la comunidad de Toldo, parroquia Quimiag del cantón Riobamba provincia de Chimborazo aproximadamente unos a 23 Km al oriente de la ciudad de Riobamba, constituye una de las tres centrales de Generación Hidroeléctrica con las que actualmente dispone la Empresa Eléctrica Riobamba SA. la cual contribuye con la demanda de la provincia de Chimborazo (EMPRESA

ELECTRICA RIOBAMBA SA., 2016), en la figura 4 se observa la casa de máquinas de la Central río Blanco.

Figura 4. Central Rio Blanco EERSA



Fuente: Autor

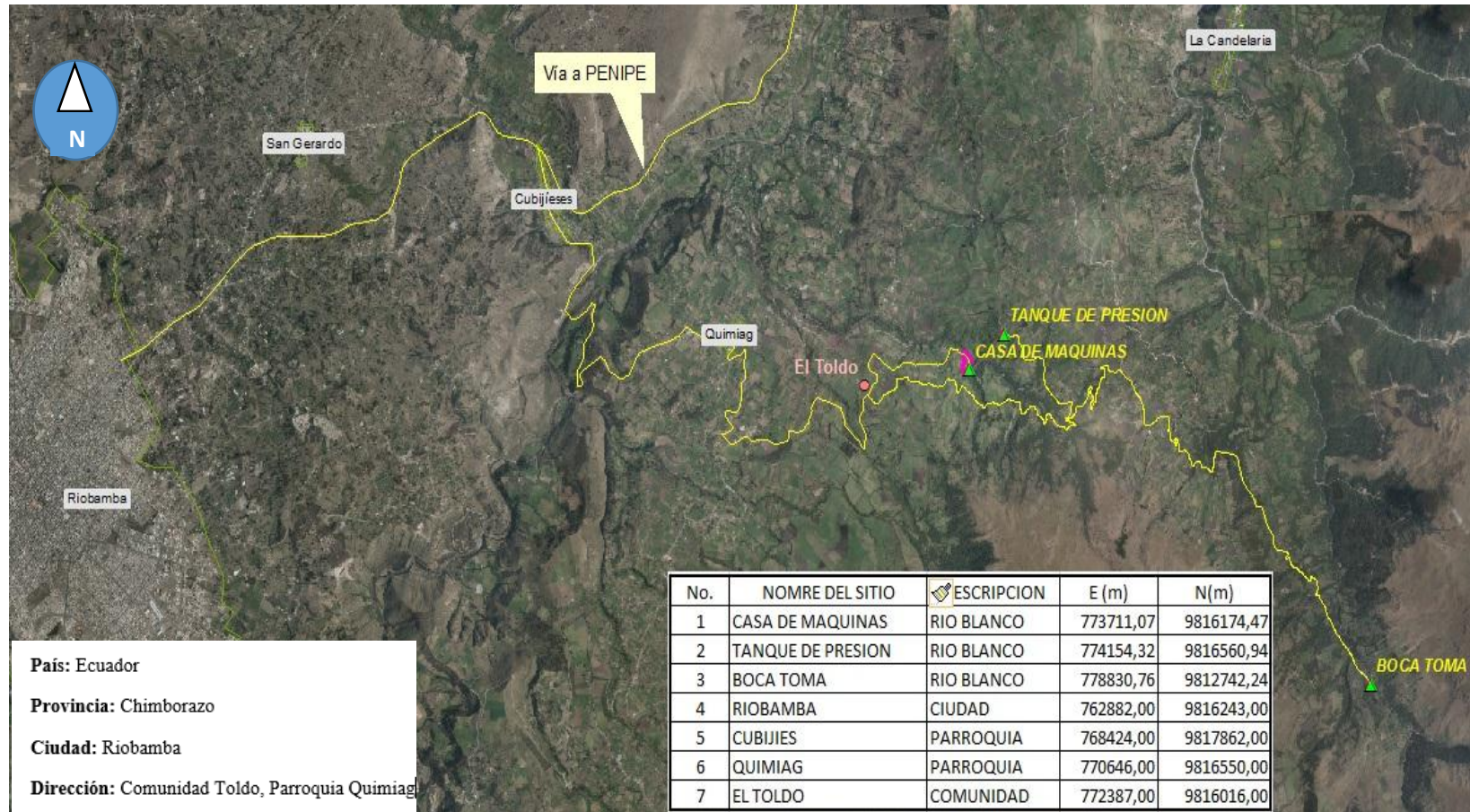
La Central Río Blanco aprovecha las aguas de río Blanco, afluente del río Chambo, perteneciente a la cuenca del río Pastaza; utilizando aproximadamente 1,3 metros cúbicos por segundo. En la bocatoma, donde se capta el agua, a través de las compuertas y desarenadores permiten el ingreso regulado de agua sin sólidos, desde allí, mediante un canal de conducción, el agua se traslada hasta el tanque de presión, recorriendo algo más de 8 kilómetros, pasando por 3 túneles, acueducto y canal abierto,

La central optimiza el recurso agua produciendo energía eléctrica, aprovechando la caída del agua del proyecto de riego Quimiag – Chambo en el cual se instaló la central hidroeléctrica que comprende la casa de máquinas y la instalación del equipo electromecánico.

Cabe destacar que la obra fue totalmente construida, con capital propio de la Empresa.

2.23 Ubicación geográfica y dirección.

Figura 5. Ubicación Geográfica de la Central Rio Blanco EERSA



Fuente: Departamento de Planificación de la EERSA

2.24 Departamento de mantenimiento

La planificación del mantenimiento está a cargo del siguiente personal:

- Jefe de Generación (E): Ing. Ludwig Loza (Título: Ingeniero Mecánico)
- Dos Ingenieros Eléctricos de Generación (Título: Ingeniero Eléctrico de Potencia)

En la parte operativa laboran en la Central cuatro operadores de Central Eléctrica (Título: Bachiller Eléctrico o Electromecánico), y cuatro Auxiliares de Servicios (Título Bachiller Eléctrico o Electromecánico), los cuales colaboran con la ejecución de las tareas de mantenimiento programadas en la Central.

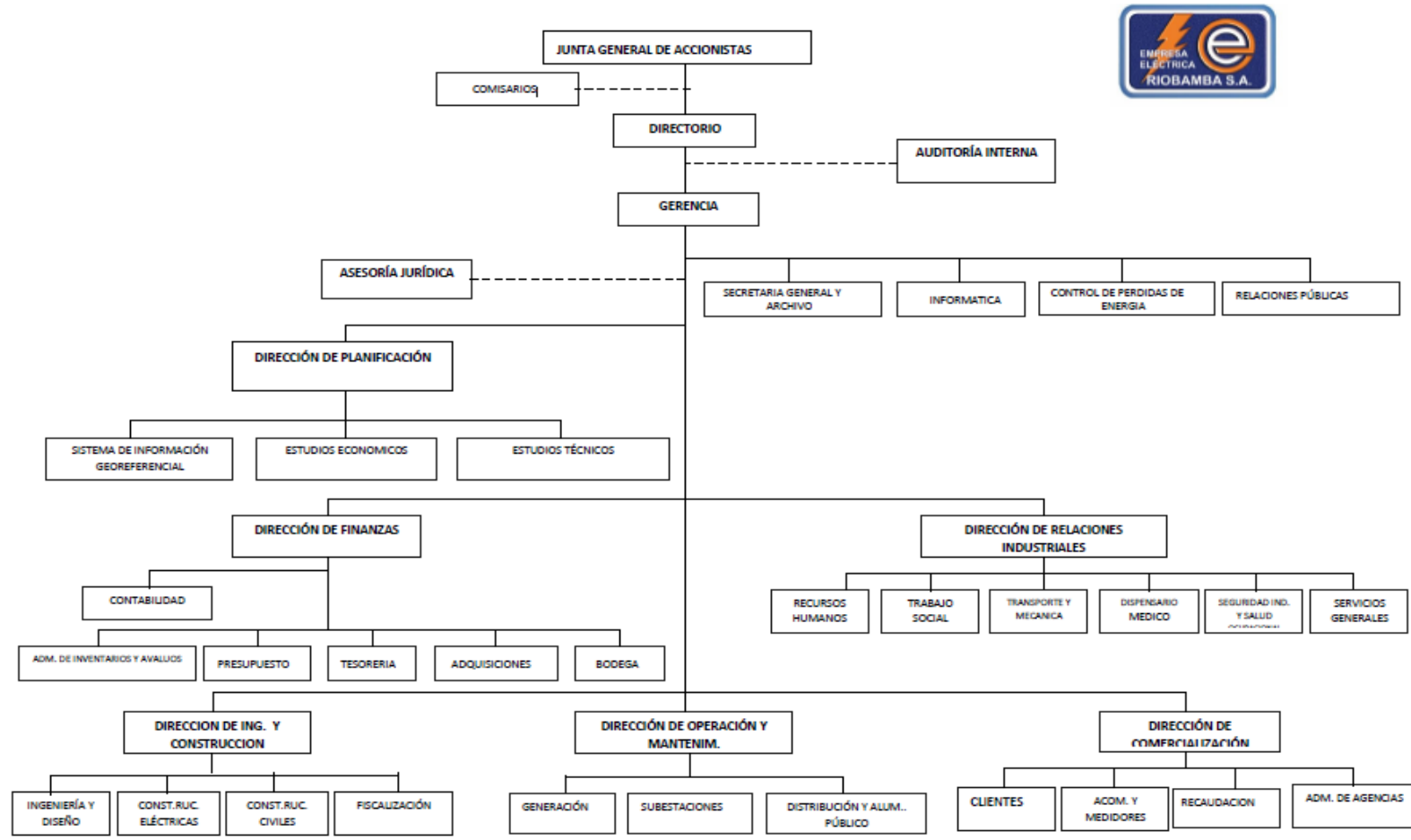
Este grupo de personas en definitiva se encargan en forma general de realizar el mantenimiento de los equipos y maquinas existentes en la Central, coordinando las acciones de preventivas y correctivas con el organismo de control CENACE, a intervalos de funcionamiento de acuerdo a las especificaciones del fabricante, ya sean con intervenciones en campo o taller, para garantizar la mayor disponibilidad y confiabilidad a fin de satisfacer las necesidades operacionales de la Empresa.

Las responsabilidades del departamento de mantenimiento han sido enunciadas de la siguiente manera:

- Planificar la gestión de mantenimiento preventivo y programar las acciones correctivas sobre los equipos.
- Ejecutar la gestión de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo sobre los equipos.
- Controlar la ejecución del mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo sobre los equipos.
- Evaluar la gestión de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo sobre los equipos.

2.25 Organigrama estructural de la EERSA

Figura 6. Organigrama estructural de la EERSA



Fuente: Departamento de planificación Empresa Eléctrica Riobamba S.A.

2.26 Misión y Visión de la EERSA.

Misión:

“Suministramos el servicio público de energía eléctrica en nuestra área de concesión con efectividad y transparencia, preservando el ambiente y contribuyendo al desarrollo socioeconómico”.

Visión:

“Ser una empresa de excelencia con infraestructura tecnológica innovadora, responsabilidad social, índices de gestión referentes, talento humano capacitado y comprometido en la prestación del servicio y el cuidado del ambiente”. (EMPRESA ELECTRICA RIOBAMBA SA., 2016)

2.26.1 *Objetivos Empresariales*

Objetivo general:

Obtener una rentabilidad que permita la autosostenibilidad y permanencia de la Empresa en el tiempo.

Objeto Social:

Prestar el Servicio Público de Electricidad en su área de concesión, mediante la generación, compra, intercambio, distribución y comercialización de energía eléctrica en la ciudad de Riobamba y demás cantones de la provincia de Chimborazo.

Objetivos específicos de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A.

Tenemos los siguientes:

- Mantener los niveles actuales de generación propia de energía.

- Lograr índices de calidad exigidos en las regulaciones de los organismos de control relacionadas con el suministro de energía.
- Lograr un índice de satisfacción del cliente externo superior al promedio de la CIER (Comisión de Integración Eléctrica Regional).
- Implantar un programa de fortalecimiento institucional.
- Cubrir en un 100% la demanda futura de energía. (EMPRESA ELECTRICA RIOBAMBA SA., 2016)

2.26.2 Normativa legal

Artículos sobre estructura y continuidad del sector eléctrico:

Artículo. 7 (LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO, 1997): Continuidad de Servicio. El Estado garantiza la continuidad del servicio de energía eléctrica para cuyo efecto en el caso de que, cumplidos los procedimientos de selección determinados en la presente Ley, no existieren oferentes a los que pudiese concesionarse tales actividades de generación o servicios de transmisión y distribución, el Estado desarrollará esas actividades de generación y proveerá servicios de transmisión y distribución, de conformidad con lo establecido en esta Ley.

Artículo. 11 (LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO, 1997): El sector eléctrico nacional estará estructurado de la siguiente manera:

- El Consejo Nacional de Electricidad;
- El Centro Nacional de Control de la Energía;
- Las Empresas eléctricas concesionarias de generación;
- La Empresa Eléctrica Concesionaria de Transmisión; y,
- Las empresas eléctricas concesionarias de distribución y comercialización.

2.27 Funcionamiento de la central hidroeléctrica Río Blanco.

Su funcionamiento se lo describe a continuación:

La Central Río Blanco aprovecha las aguas de río Blanco, afluente del río Chambo, perteneciente a la cuenca del río Pastaza; utilizando aproximadamente 1,3 metros cúbicos por segundo, En la bocatoma, donde se capta el agua, a través de las compuertas y desarenadores permiten el ingreso regulado de agua sin sólidos, desde allí, mediante un canal de conducción, el agua se traslada hasta el tanque de presión, recorriendo algo más de 8 kilómetros, pasando por 3 túneles, acueducto y canal abierto.

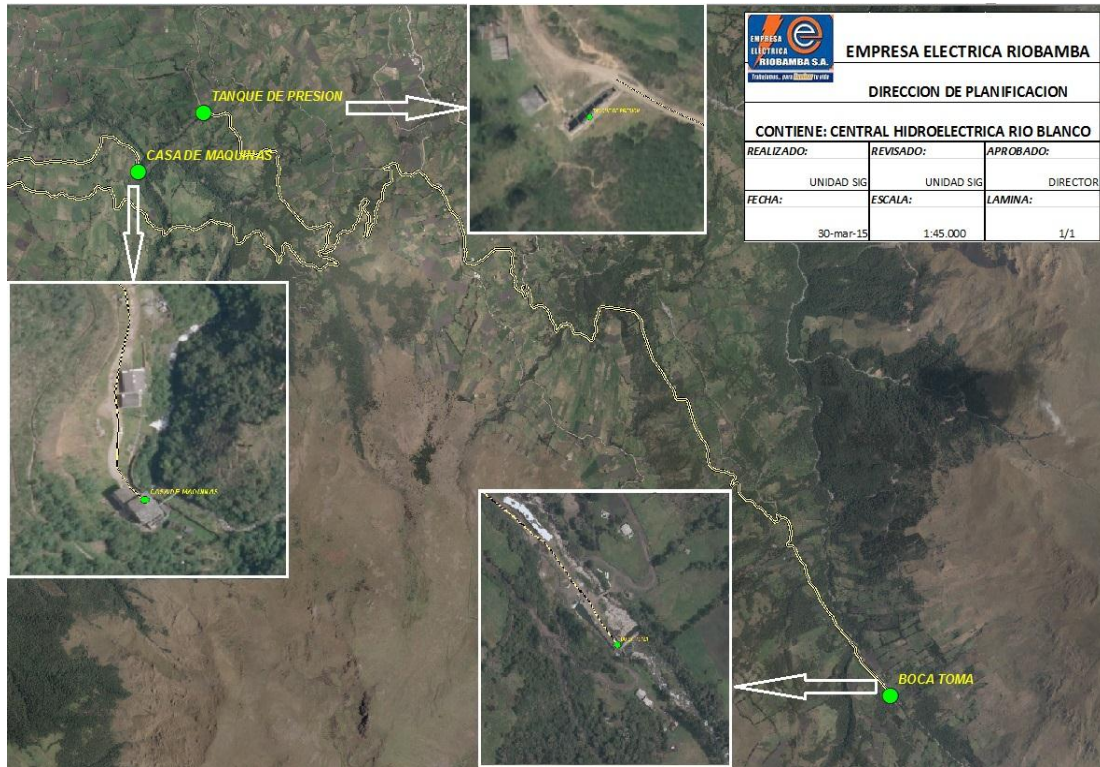
Al acumularse el agua en el tanque de presión se dispone de una energía potencial, la misma que a través de una tubería de presión enterrada de 680 metros de longitud y una altura de 284 metros es conducida hacia la central, existe también un bypass en dicha tubería el cual se lo utiliza cuando la central entra en mantenimiento para el regadío en los sectores de la comunidad de Río Blanco.

Ya en la central el agua ingresa por medio de la válvula principal y llega al inyector donde un caudal de aproximadamente 1 metro cubico por segundo es reducido a un chorro muy fuerte que golpea en el rodete, haciendo girar el eje del generador, transformando la energía cinética en energía mecánica, al girar el rotor del generador produce un campo magnético en el estator del generador ya que posee una excitatriz compuesto de cuatro imanes permanentes los cuales producen un campo magnético el cual se transforma en energía eléctrica que sale del generador a una tensión de generación de 6000 V y aproximadamente 300 A a través de unos cables blindados los cuales ingresan al Transformador de Potencia el cual eleva el voltaje a 13800 V y una corriente de 120 A

Una vez en el transformador sale de la Central y entra en paralelo con el alimentador 4 de la subestación 3 aportando al sistema de la Empresa Eléctrica Riobamba SA. con aproximadamente 3MW de potencia a la provincia de Chimborazo, esto depende del caudal de agua disponible, a mayor caudal de agua mayor generación, cabe señalar que el agua utilizada que sale de la central sirve como agua de regadío para la comunidad de

Río Blanco en donde se sitúa la Central, a continuación en la figura 7 se muestra una fotografía satelital de la Central Río Blanco.

Figura 7. Fotografía satelital de la Central Hidroeléctrica Río Blanco



Fuente: Departamento de planificación Empresa Eléctrica Riobamba S.A.

2.28 Elementos y áreas principales de la central hidroeléctrica Río Blanco.

En la Central Hidroeléctrica Río Blanco de la EERSA posee algunos elementos los cuales desempeñan distintas funciones. A continuación, se menciona y describen cada uno de los que la conforman, alguna terminología se ha extraído del proyecto denominado disponibilidad de la central Alao (JUAN GRANIZO, 2015).

2.28.1 Bocatoma. En la Figura 8 se observa una imagen de la bocatoma, es el punto de inicio del proceso de generación, aprovechando el potencial hídrico con el que cuenta la provincia realizando la captación del Río Blanco. Consta de canales de desvío de agua, con sus respectivas compuertas de paso. Se determina el nivel de agua y esta información es dada a conocer a la central y al centro de control mediante comunicación radial.

Figura 8. Bocatoma de la Central Rio Blanco



Fuente: Autor

2.28.2 Desarenador. En la figura 9 tenemos las compuertas para el desarenado las cuales efectúan la tarea de sedimentar los sólidos en suspensión (arena), está diseñado para recibir el agua que viene de la bocatoma mediante un sistema de compuertas en donde existen dos sifones los cuales cumplen dicha función

Figura 9. Compuertas para desarenado



Fuente: Autor

2.28.3 Canales de Conducción. La figura 10 nos muestra los canales de agua que hace su recorrido hacia el tanque de presión mediante canales abiertos en algunas partes y otras mediante tubería

Figura 10. Canales de Conducción de Agua



Fuente: Autor

2.28.4 Tanque de Presión. El agua conducida por los canales es llevada al tanque de presión que se muestra en la figura 11, en este lugar se logra obtener energía potencial gracias al desnivel que existe entre el tanque de presión en la casa de máquinas, aquí también existe una compuerta para desarenar.

Figura 11. Tanque de Presión de la Central Río Blanco



Fuente: Autor

2.28.5 Tubería de presión. La tubería de presión que se observa en la figura 12, suministra aproximadamente un promedio de $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua, los cuales se utilizan en el funcionamiento de la turbina de la central, si la tubería presenta problemas de desabastecimiento de agua a la turbina representaría una pérdida total de la generación

Figura 12. Tubería de Presión



Fuente: Autor

2.28.6 Cuarto de Máquinas. Posee un generador con una potencia nominal de 3368 KVA y un voltaje generado de aproximadamente 2.4 KV, marca AVK con impulso directo por turbina pelton, es enfriado mediante un radiador por el que circula agua que es impulsada por gravedad, sus cojinetes se lubrican hidrodinámicamente, la figura 13 nos muestra el cuarto de máquinas de la central.

Figura 13. Cuarto de Máquinas de la Central Rio Blanco



Fuente: Autor

2.28.7 Válvula de entrada de agua. Como primer elemento de la central tenemos la válvula de entrada de agua, la cual permite la apertura y cierre del ingreso del agua a alta presión hacia los inyectores, de la entrada de agua hacia la turbina como se observa en la figura 14, cabe destacar que este elemento es accionado mediante un sistema hidráulico.

Figura 14. Válvula de Entrada de Agua



Fuente: Autor

2.28.8 Inyector. La conducción de agua hacia la turbina se la realiza mediante un inyector como se observa en la figura 15, la que consta de un accionamiento hidráulico para maniobrar agujas y deflectores, logrando manipular la presión de inyección y la velocidad de la turbina.

Figura 15. Inyector



Fuente: Autor

2.28.9 Turbina. En la figura 16 se observa la turbina hidráulica tipo pelton, la cual transforma la energía contenida en el agua, en movimiento del eje que acciona el rotor del generador.

Figura 16. Turbina tipo Pelton



Fuente: Autor

2.28.10 Generador Eléctrico. La figura 17 nos muestra al generador sincrónico el cual fue instalado en el año de 1997, consta de una turbina hidráulica tipo PELTON marca BOUVER HYDRO es de eje horizontal, para regulación automática doble por agujas su capacidad de generación es de 3368 KW (3.368MW), voltaje de salida de 6000V, y una intensidad de 324A

Figura 17. Generador Eléctrico Marca AVK



Fuente: Autor

2.28.11 Excitatriz de Generador. El rotor del generador tiene acoplada una fuente de corriente continua de excitación independiente variable la cual se muestra en la figura 18. Está acoplado al rotor y crea un campo magnético giratorio que genera un sistema trifásico de fuerzas electromotrices en los devanados estáticos, posee una corriente y voltaje de excitación es de 3.6 A y 44V respectivamente.

Figura 18. Excitatriz del Generador



Fuente: Autor

2.28.12 Cables blindados. En la figura 19 se observan los cables blindados por los cuales sale la electricidad generada hacia el transformador, circula aproximadamente 6000 voltios y 300 amperios, mediante el transformador dicho voltaje es elevado a 13800 voltios y su amperaje disminuye a 200 amperios, el cual es el voltaje de distribución que entra en paralelo con al alimentador 4 de la subestación 3.

Figura 19. Cables Blindados



Fuente: Autor

2.28.13 Sistema hidráulico de la válvula principal. En la figura 20 se observa el sistema hidráulico de la válvula principal sirve para el accionamiento de apertura y cierre tanto de la válvula principal como el inyector, así como también de los deflectores y el bypass, con una presión de funcionamiento de entre 60 y 70 bares, funciona con dos bombas las cuales mantienen la presión dentro del rango establecido. Funciona con aceite tipo ISO 68.

Figura 20. Sistema Hidráulico de la Válvula Principal



Fuente: Autor

2.28.14 Cojinete principal. Permite el deslizamiento del rotor, es enfriado por medio de aceite y está compuesto de un material llamado magnolia en el cual se coloca una capa con el aceite, entre la magnolia y el eje del rotor para evitar el desgaste, está ubicado entre el cuerpo del generador y la turbina como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Cojinete Principal



Fuente: Autor

2.28.15 Sistema de lubricación de los cojinetes. Funciona mediante tubería, tiene dos bombas, la una funciona con CA y la otra con CC (bomba auxiliar) en caso de no contar con servicio de CA. Este sistema funciona bajo presión con aceite tipo ISO 46 el cual se envía a los cojinetes desde el tanque mediante una tubería para realizar la lubricación correspondiente, el aceite retorna de los cojinetes a alta temperatura, posee un enfriador que funciona con agua y efectúa un intercambio de calor, el sistema se lo puede apreciar en la figura 22.

Figura 22. Sistema de Lubricación de los Cojinetes



Fuente: Autor

2.28.16 *Sistema by pass de la tubería principal.* En la figura 23 muestra la tubería del sistema de by pass de la tubería principal, puesto que el agua que utiliza la central, también sirve para el regadío de la comunidad, si existe una falla en la central o por trabajos de mantenimiento se abren las válvulas en este sistema, y permite su uso para el regadío de la comunidad a la salida de la central.

Figura 23. Sistema de bypass de la tubería principal



Fuente: Autor

2.28.17 *Bomba emergente del sistema de enfriamiento por agua.* En caso de que el agua de enfriamiento del generador falle, encendemos la bomba emergente que se muestra en la figura 24 y enfriamos al generador.

Figura 24. Bomba emergente del sistema de enfriamiento por agua



Fuente: Autor

2.28.18 Sistema manual de frenado de emergencia. La figura 25 ilustra el sistema de frenado del eje del generador, se lo acciona para detener rápidamente el movimiento del generador en caso de requerirlo, se puede observar un motor el cual permite accionar el freno remotamente por medio de un PLC, pero no se encuentra aún en funcionamiento.

Figura 25. Sistema Manual de Frenado



Fuente: Autor

2.28.19 Sala de control. Esta operada y supervisada por cuatro personas durante las veinticuatro horas del día, debido a que la generación es continua, además intervienen en el manejo de los paneles de control que son automatizados en su mayoría y recogimiento de datos enviados al Centro de Control de la EERSA, como se observa en la figura 26.

Figura 26. Sala de Control



Fuente: www.eersa.com.ec

2.28.20 Tableros de control. La figura 27 muestra los tableros de control en este lugar se encuentran los controles manuales de las dos bombas del sistema hidráulico, así como el control de la bomba de corriente alterna del sistema de enfriamiento de los cojinetes, cada uno con su señal luminosa y su señal de falla, también existe una señal luminosa en caso de quedarnos sin energía en el tanque de presión, la cual es una señal inalámbrica para el sensor de nivel, también tenemos el control del sistema cargador de baterías el cual funciona automáticamente, por últimos tenemos los aparatos de medición de corriente, voltaje del generador, $\text{Cos } \phi$ y el medidor de nivel de agua en el tanque de presión.

Figura 27. Tableros de Control



Fuente: Autor

2.28.21 Panel de alarmas. El panel de alarmas mostrado en la figura 28 posee un conjunto de leds, cada uno nos indica un tipo de alarma diferente según sea el caso, se enciende cuando la falla aparece y se apaga cuando él operador la desactiva.

Figura 28. Panel de Alarmas



Fuente: Autor

2.28.22 Sistema de relés de protección. Cada uno tiene una función de protección diferente, como puede ser:

- Relé de protección por sobre corriente de la unidad (Generador - Transformador)
- Relé diferencial
- Relé de protección a distancia
- Relé de falla a tierra de la línea
- Relé de sobre voltaje en la línea
- Relé de bajo voltaje en la línea
- Relé de bajo voltaje del Generador
- Relé de sobre voltaje del Generador
- Relé de falla a tierra en el Generador, este se activa cuando detecta un cortocircuito dentro del generador (bobinados), este conjunto se muestra en la figura 29.

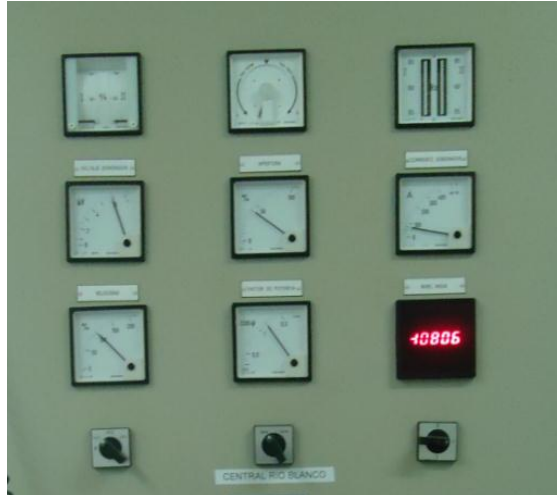
Figura 29. Sistema de Relés de Protección



Fuente: Autor

2.28.23 Sincronoscopio. Es la figura 30 se observa el sincronoscopio el cual es un equipo que permite entrar en paralelo a la central con la red de distribución, en donde se necesitan ciertos parámetros requeridos como son igualdad de voltajes, igualdad de frecuencias y que la secuencia de fases se encuentren sincronía.

Figura 30. Sincronoscopio



Fuente: Autor

2.28.24 PLC (control lógico programable). Mediante el PLC ponemos en funcionamiento el proceso de entrada o salida de paralelo de la central, es el control total de la central, se lo observa en la figura 31.

Figura 31. PLC (Control Lógico Programable)



Fuente: Autor

2.28.25 Transformador. El transformador puede ser utilizado como elevador de tensión o reductor de tensión, dependiendo esto de la relación de vueltas entre el devanado primario y el devanado secundario de sus bobinas, se le llama primario siempre al embobinado que esté conectado siempre a la fuente de energía y secundario al que se conecta a la red de consumo. (ENRÍQUEZ, 2004)

Esta central tiene la característica de que su voltaje generado es de 6000 kV y es transformado a 13.8 kV mediante un transformador elevador (figura 32) de tensión de 6 kV a 13.8 kV para acoplarlo a la línea que alimenta a Penipe por medio del alimentador 4 de la subestación 3 ubicada en el parque industrial.

Figura 32. Transformador de potencia de la Central Río Blanco



Fuente: Autor

2.28.26 Interruptor Automático Extraíble. Es un elemento de accionamiento mecánico que permite la interrupción de la energía eléctrica en un rango de voltaje de 13,8 Kv y permite la extracción total de su cubículo para efectuar un corte visible de energía, con el fin de realizar trabajos de mantenimiento en la red de distribución.

Como se observa en la figura 33, el primero desde la izquierda es el interruptor del Transformadores de potencia, el que sigue es el interruptor de los servicios auxiliares, el siguiente es el interruptor principal, que alimenta a toda la central, el siguiente es el interruptor de puesta en paralelo, este funciona únicamente al poner en paralelo o al desconectar la central de la red, todos se encuentra dentro de los cubículos.

Figura 33. Interruptor automático extraíble de la central Rio Blanco



Fuente: Autor

2.28.27 Seccionadores (cuchillas). En la figura 34 se observa el juego de seccionadores tipo cuchillas los cuales según (CODIGO ELECTRICO ECUATORIANO, 2001), se definen como un dispositivo mecánico de maniobra mediante el cual se puede desconectar sin carga los circuitos o equipos de su fuente de alimentación.

Figura 34. Seccionadores de Cuchillas



Fuente: Autor

2.28.28 Aisladores. La figura 35 nos muestra dos tipos de aisladores los cuales pueden ser cerámicos o polímeros, su objetivo es básicamente sostener a los conductores y brindar el aislamiento requerido. Deben soportar diferentes esfuerzos eléctricos y mecánicos por las distancias que existen entre los vanos de las construcciones eléctricas

Figura 35. Aisladores cerámicos y polímeros



Fuente: Autor

2.28.29 Banco de baterías. Permite almacenar energía eléctrica que permita en caso una falla en el sistema continuar en funcionamiento a los sistemas de control, protección e iluminación de emergencia, su conexión es en serie entre baterías para lograr obtener 120 voltios de corriente continua tal como se muestra en la figura 36.

Figura 36. Banco de baterías de la Central Hidroeléctrica Rio Blanco



Fuente: Autor

2.28.30 Cargador de baterías (rectificador). En la figura 37 se puede observar el cargador de baterías, el cual es un dispositivo que mantiene la carga óptima del banco de baterías se conecta a la red de energía y funciona a 120 voltios de corriente alterna.

Figura 37. Cargador de Baterías (Rectificador)



Fuente: Autor

2.28.31 Equipo contra incendios. En la central existen extintores de fácil acceso como se observa en la figura 38, ya que se trabaja con corrientes y voltajes elevados, el cuidado de estos extintores consiste en una revisión periódica de su estado, se recomienda descargarlos una vez por año para renovar la sustancia y mantenerlo en óptimas condiciones para su uso.

Figura 38. Equipo contra incendios



Fuente: Autor

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 *Investigación de campo.* Se aplicará este tipo de investigación puesto que para el desarrollo del presente trabajo se recopilará toda la información en el lugar donde se producen tanto la planificación del mantenimiento, como la operación de la central hidroeléctrica. Dicha investigación utiliza el método de campo que señala el siguiente procedimiento:

- Diseño investigativo
- Selección de muestra
- Recolección de información
- Emplear técnicas de observación y encuesta
- Edición y tabulación de la información
- Presentación de resultados

3.2 Población y muestra

3.3 Características de la población y su delimitación

El universo de esta investigación, está dada por todo el personal que interviene en el mantenimiento de la central hidroeléctrica Rio Blanco de la EERSA, que comprende el Jefe de Generación, 2 Auxiliares de Ingeniería Eléctrica, 4 Operadores de Central Eléctrica, 4 Auxiliares de Servicios.

3.3.1 *Tipo de muestra y tamaño de la muestra.* No se realizó el proceso de selección de la muestra, en vista que se trabaja con la población.

3.4 Tratamiento estadístico de la información

Al culminar con la recopilación de la información utilizando las herramientas y técnicas

de investigación disponibles como son la entrevista, encuestas y observación. Se continua con el análisis y tabulación de la información recogida para establecer un diagnóstico inicial de la situación actual de la gestión del mantenimiento de la central Rio Blanco

Los datos obtenidos se tabularon de modo cualitativo - cuantitativo y se presenta una estadística descriptiva utilizando gráficos tipo pastel, expresando los resultados en porcentajes, además de establecer la frecuencia relativa.

3.4.1 *Análisis e interpretación de resultados*

- Los datos se encuentran ordenados por el grupo de personas que fueron parte de la investigación.
- El cuestionario constó de 16 preguntas para todo el personal que interviene en el mantenimiento de la Central Hidroeléctrica Rio Blanco de la EERSA.
- Una vez recopilados los resultados estos fueron analizados de acuerdo al criterio del investigador
- Los resultados obtenidos luego del proceso de análisis de las respuestas en las encuestas realizadas al Jefe de Generación, 2 Auxiliares de Ingeniería Eléctrica, 4 Operadores de Central Eléctrica, 4 Auxiliares de Generación y Servicios, se presentan a continuación.

3.4.2 *Resultados de la encuesta al Personal encargado del Mantenimiento de la Central Hidroeléctrica Rio Blanco.*

1. El tipo de mantenimiento que más se efectúa en la Central de Generación Hidroeléctrica Río Blanco, es:

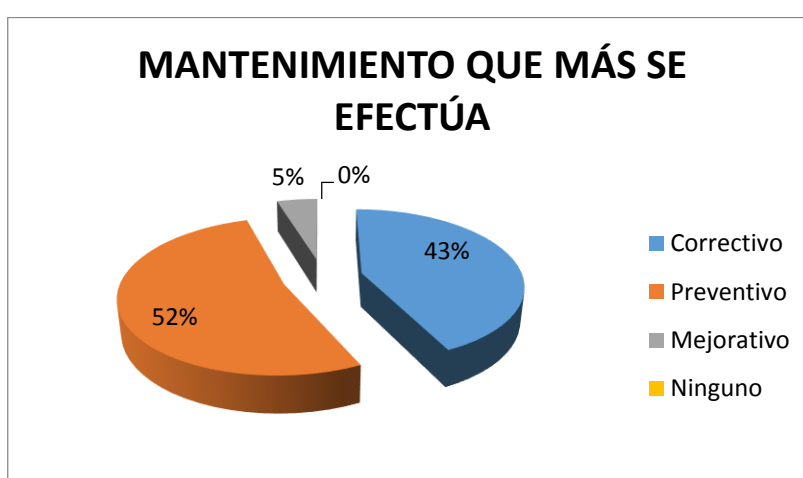
De la entrevista realizada al personal encargado del mantenimiento de la Central de Generación Hidroeléctrica Río Blanco de la EERSA, se pudo observar que los tipos de mantenimientos que más se ejecutan son el Preventivo y el Correctivo según los datos de la tabla 2.

Tabla 2. Pregunta 1

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Preventivo	11	100%
Correctivo	9	82%
Mejorativo	1	9%
Ninguno	0	0%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

Figura 39. Pregunta 1



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

INTERPRETACION: Se puede observar en la figura 39 que en la Central de Generación Hidroeléctrica Río Blanco se efectúa en mayor porcentaje el Mantenimiento Preventivo en un 52%, luego se evidencia la presencia también del Mantenimiento Correctivo con 43%.

2. ¿Se prioriza las actividades de mantenimiento en base a su criticidad, modos, efectos y consecuencias de los fallos, etc.?

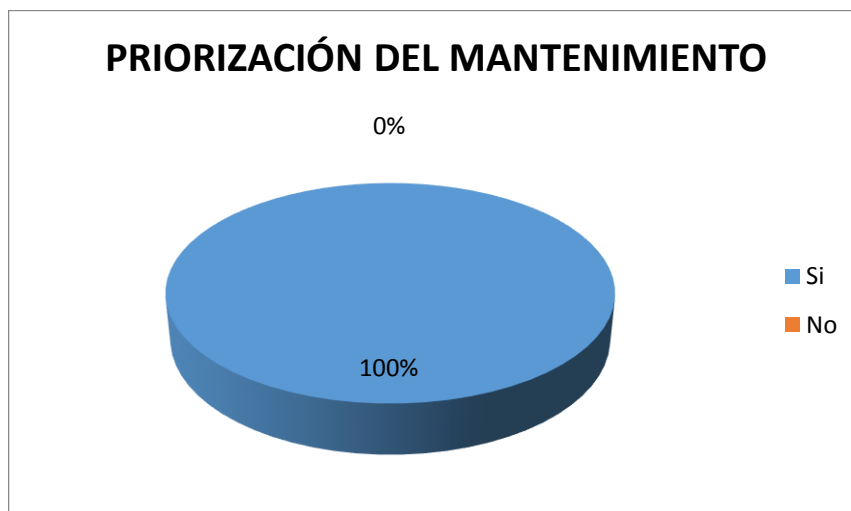
La tabla 3 nos muestra los siguientes datos obtenidos:

Tabla 3. Pregunta 2

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	11	100%
No	0	0%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

Figura 40. Pregunta 2



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

INTERPRETACION: En la figura 40 se observa que el 100% de los encuestados indican que si se priorizan las actividades del mantenimiento en base a la criticidad de los equipos o máquinas y las consecuencias de que estos fallen en el funcionamiento de la Central.

3. ¿Cuenta la empresa con algún software de mantenimiento?

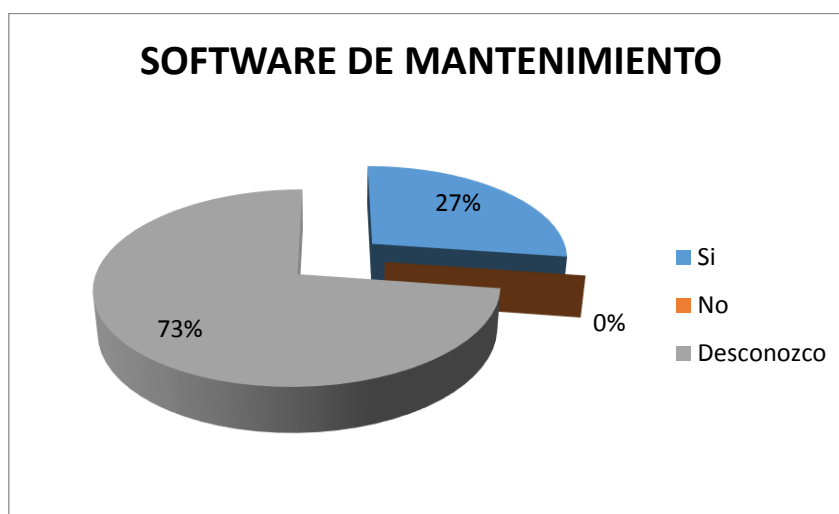
Según las respuestas de quienes planifican el mantenimiento de la central tenemos la siguiente información de la tabla 4.

Tabla 4. Pregunta 3

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	3	27%
No	0	0%
Desconozco	8	73%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

Figura 41. Pregunta 3



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

INTERPRETACION: La información que se toma en cuenta es la de las 3 personas encargadas de la planificación del mantenimiento lo que corresponde al 27% reflejado en la gráfica, por lo tanto, la empresa si posee un software destinado para el mantenimiento, el resto desconoce su existencia según se observa en la figura 41.

4. ¿Si su respuesta fue si en la anterior pregunta, considera usted que el software es manejado correctamente y contribuye con la planificación correcta del mantenimiento?

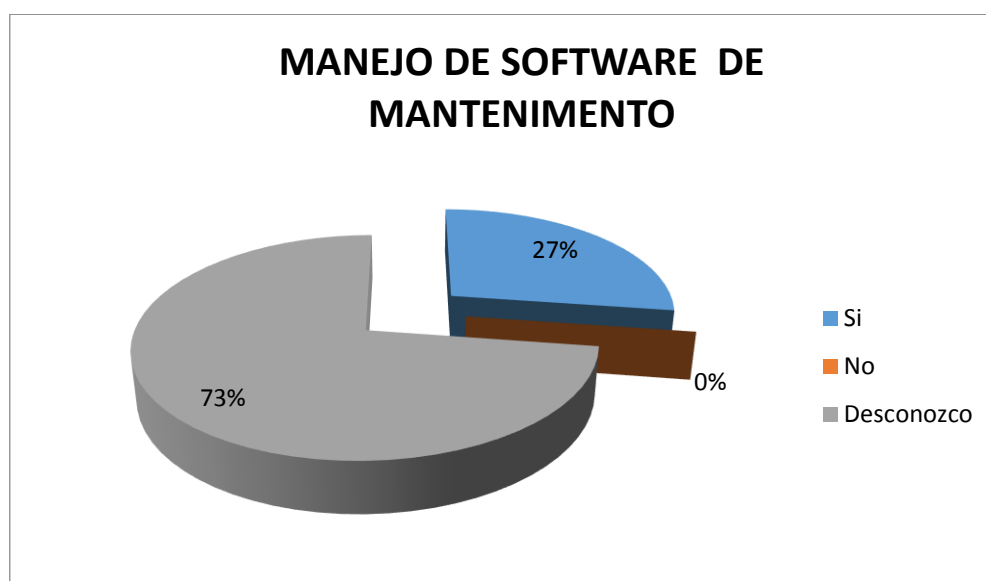
El Jefe de Generación y los Ingenieros Eléctricos de Generación coinciden en que el software es manejado correctamente, esto se observa en la tabla 5.

Tabla 5. Pregunta 4

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	3	27%
No	0	0%
Desconozco	8	73%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

Figura 42. Pregunta 4



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

INTERPRETACION: Según los resultados obtenidos en la figura 42, se puede establecer que según el personal el software de mantenimiento es utilizado para planificar el mantenimiento de la central, puesto que los encargados de la planificación del Mantenimiento que son 3 respondieron afirmativamente a esta pregunta, sin embargo, esto no garantiza la correcta planificación.

5. ¿Existen documentos de mantenimiento como Fichas Técnicas, Historiales o Bitácoras de mantenimiento de los equipos y sistemas de la Central Río Blanco?

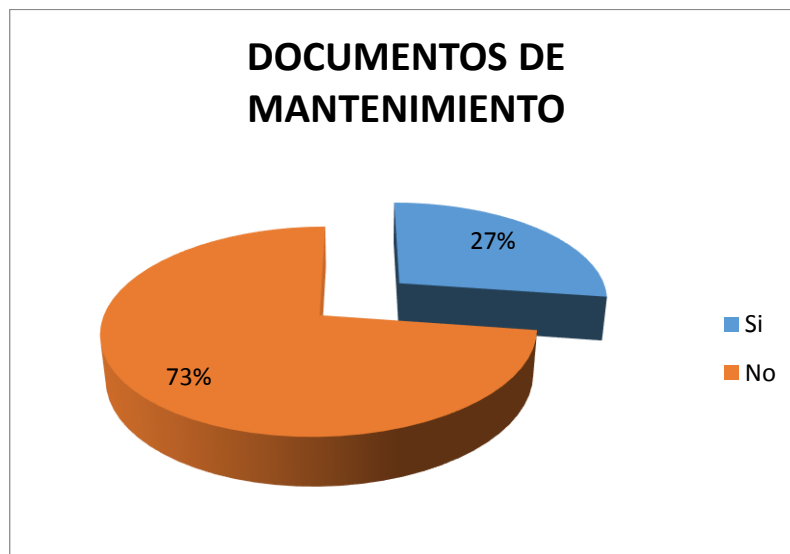
Esta pregunta va dirigida al personal encargado de la planificación del mantenimiento de la central, los resultados se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Pregunta 5

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	3	27%
No	8	73%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

Figura 43. Pregunta 5



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

INTERPRETACION: De los datos obtenidos podemos decir que según el personal que planifica el mantenimiento que corresponde al 27%, afirma que se cuenta con un registro de las actividades efectuadas en los equipos y sistemas de la central, además de los documentos de mantenimiento descritos en esta pregunta. Tal como se muestra en la figura 43.

6. ¿Podría indicar cuales fueron las fallas más comunes dentro de la central de Generación Hidroeléctrica Río Blanco en el año 2014?

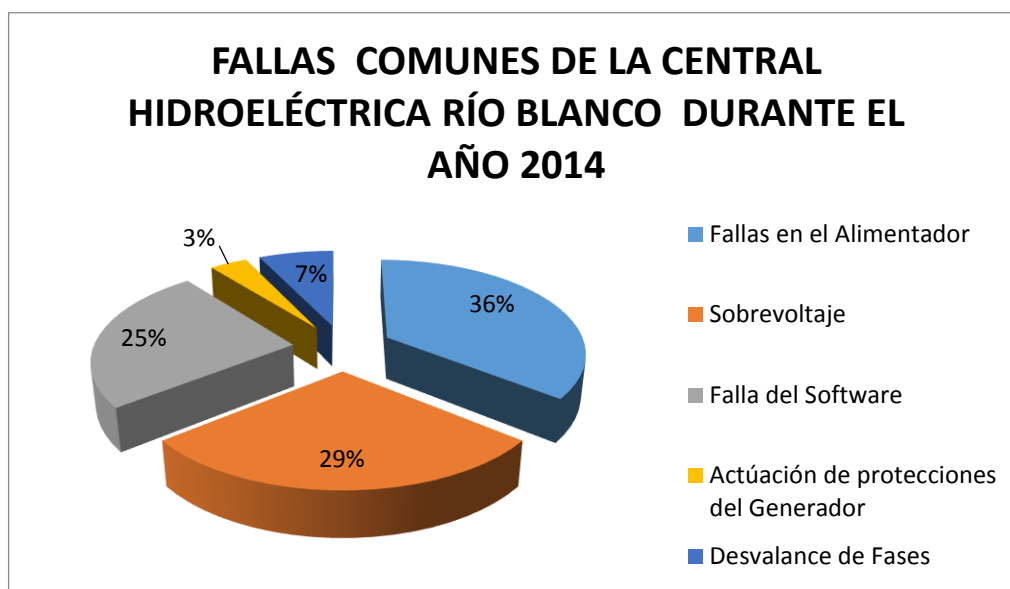
En base a la entrevista realizada a todo el personal encargado de planificar y ejecutar el mantenimiento de la Central se pudieron determinar las fallas más comunes ocurridas durante el año 2014, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Pregunta 6

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Fallas en el Alimentador	10	36%
Sobre voltaje	8	29%
Falla del Software	7	25%
Desbalance de Fases	2	7%
Actuación de protecciones del Generador	1	3%
TOTAL	28	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

Figura 44. Pregunta 6



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

INTERPRETACION: De los datos obtenidos y reflejados en la figura 44, podemos decir que durante el año 2014 se produjeron fallas de diferente índole, las cuales provocaron que la central quede fuera de servicio, siendo las predominantes fallas en el alimentador, sobrevoltaje.

7. Las consecuencias de una parada imprevista de la Central de Generación Río Blanco, se podría considerar una situación de carácter:

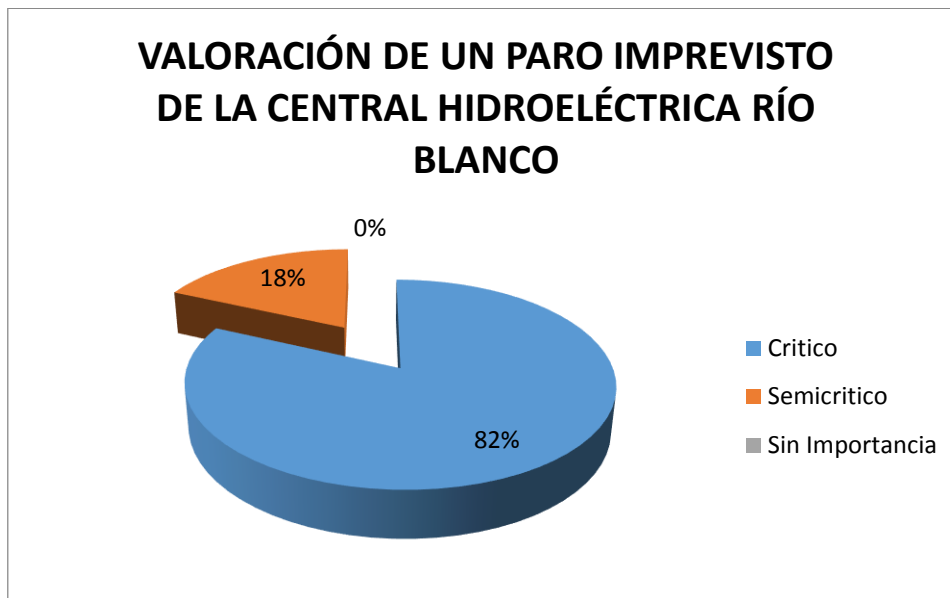
Se pudo establecer según los datos obtenidos en la tabla 8 los siguientes datos:

Tabla 8. Pregunta 7

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Critico	9	82%
Semicrítico	2	18%
Sin Importancia	0	0%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

Figura 45. Pregunta 7



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

INTERPRETACION: De los datos reflejados en la figura 45, podemos decir que la salida de la Central Hidroeléctrica Río Blanco es crítica, debido a que si falla deja de aportar en su totalidad los 3 MW al SNI (Sistema Nacional Interconectado).

8. ¿Podría indicar cuáles son las máquinas y sistemas que se consideran críticos en la Central Hidroeléctrica Río Blanco?

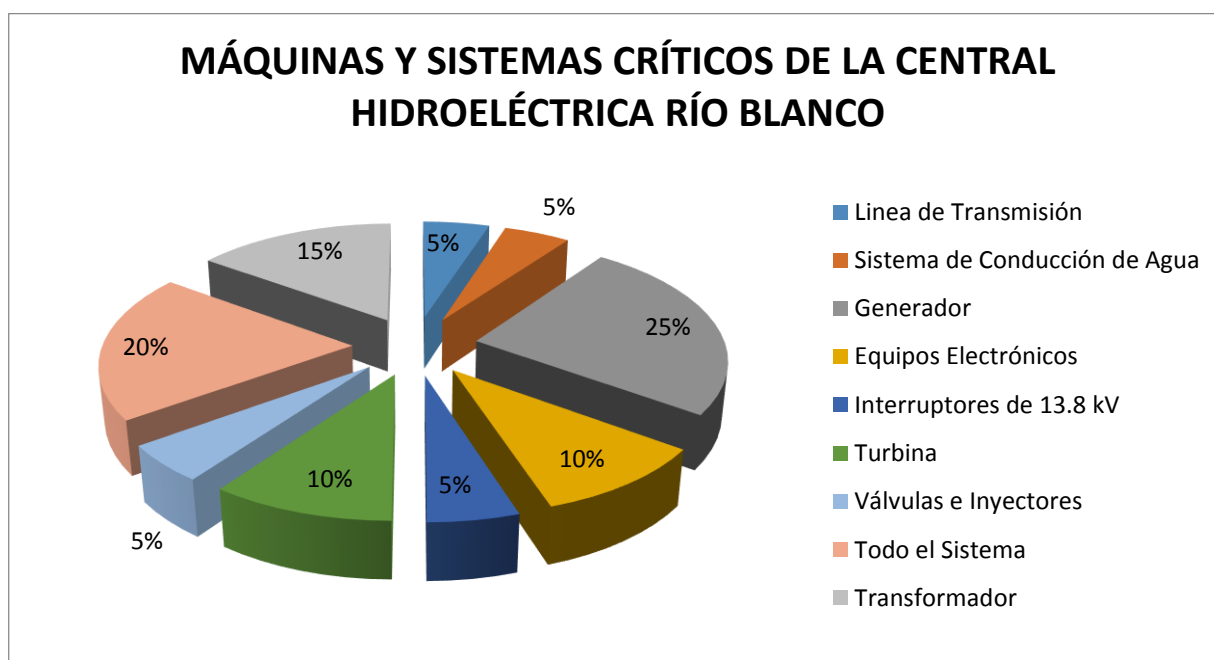
Según los datos obtenidos en la tabla 9, en cuanto a la criticidad de las máquinas y sistemas de la central se recogen diferentes criterios que se muestran a continuación:

Tabla 9. Pregunta 8

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Línea de Transmisión	1	5%
Sistema de Conducción de Agua	1	5%
Generador	5	25%
Equipos Electrónicos	2	10%
Interruptores de 13.8 kV	1	5%
Turbina	2	10%
Válvulas e Inyectores	1	5%
Todo el Sistema	4	20%
Transformador	3	15%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

Figura 46. Pregunta 8



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

INTERPRETACION: De los datos obtenidos en la figura 46 podemos decir, que según el personal encargado del mantenimiento de la central Rio Blanco la máquina crítica es el Generador debido a que si este sufre algún daño se para totalmente la generación, de igual manera está otro porcentaje que considera a todo el sistema.

9. ¿Cuál es la disponibilidad de repuestos necesarios para dar mantenimiento a la Central?

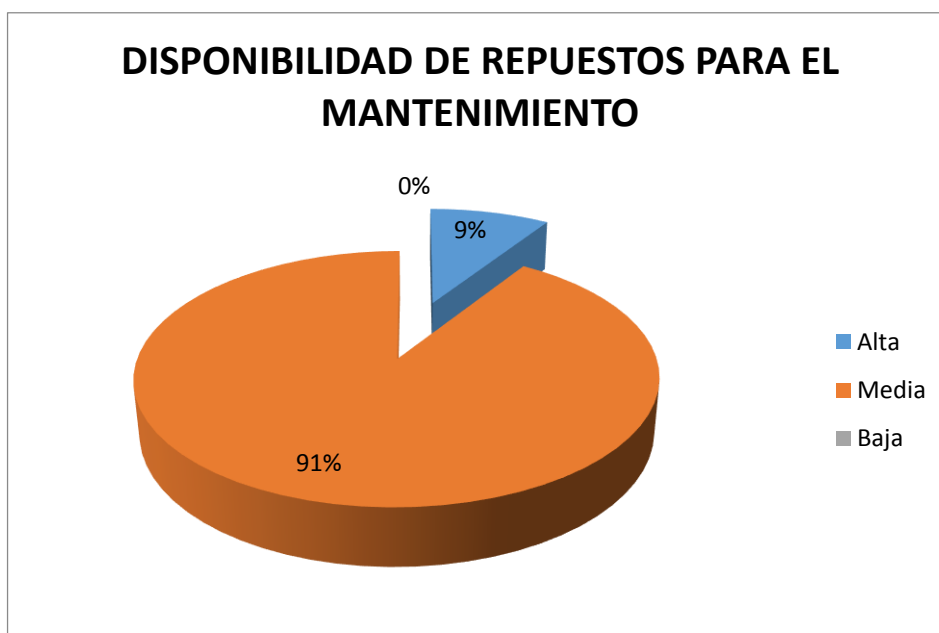
En cuanto a la disponibilidad de los repuestos para llevar a cabo el mantenimiento en la central de Rio Blanco se obtuvieron los siguientes datos mostrados en la tabla 10:

Tabla 10. Pregunta 9

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Alta	1	9%
Media	10	91%
Baja	0	0%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

Figura 47. Pregunta 9



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

INTERPRETACION: Según los datos obtenidos en la figura 47, podemos decir que la disponibilidad de repuestos para llevar a cabo las actividades de mantenimiento en la Central es media según el 91% del personal encargado del mantenimiento frente a un 9% que considera que existe una alta disponibilidad de stock de repuestos.

10. Cree usted que el mantenimiento que se realiza a la central, garantiza un alto grado de disponibilidad del sistema:

Los datos que se obtuvieron se observan en la tabla 11 y son los siguientes:

Tabla 11. Pregunta 10

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	11	100%
No	0	0%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la central Río Blanco

Figura 48. Pregunta 10



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la central Río Blanco

INTERPRETACION: En la figura 48 nos muestra los resultados y podemos decir que el 100% de los encuestados concuerda que el mantenimiento ejecutado garantiza la disponibilidad del proceso de generación hidroeléctrica.

11. ¿Podría indicar con qué frecuencia se realiza el mantenimiento a la Central Río Blanco?

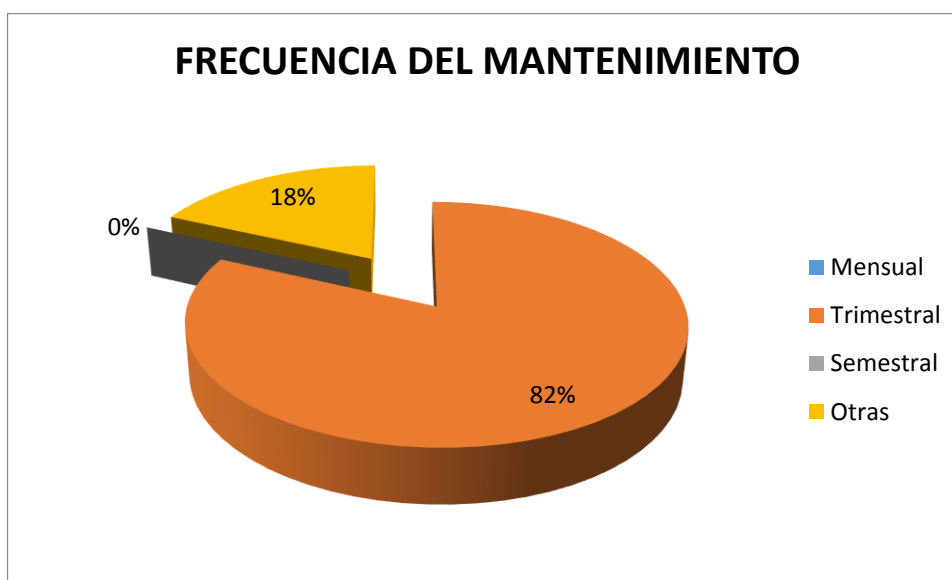
De acuerdo con la entrevista se pudo observar la frecuencia con la que se realiza el mantenimiento de la central Río Blanco, estos datos se observan en la tabla 12.

Tabla 12. Pregunta 11

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Mensual	0	0%
Trimestral	9	82%
Semestral	0	0%
Otras	2	18%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la central Río Blanco

Figura 49. Pregunta 11



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la central Río Blanco

INTERPRETACION: En base a la información obtenida en la figura 49 podemos observar que la mayoría de los encuestados conoce la frecuencia con que se realiza el mantenimiento en la central Río Blanco, el cual se lo realiza de forma trimestral.

12. ¿El departamento encargado del mantenimiento de la Central ha utilizado alguna vez una asesoría externa de mantenimiento (Outsourcing), para realizar una correcta planificación o ejecución del mantenimiento en la Central Río Blanco?

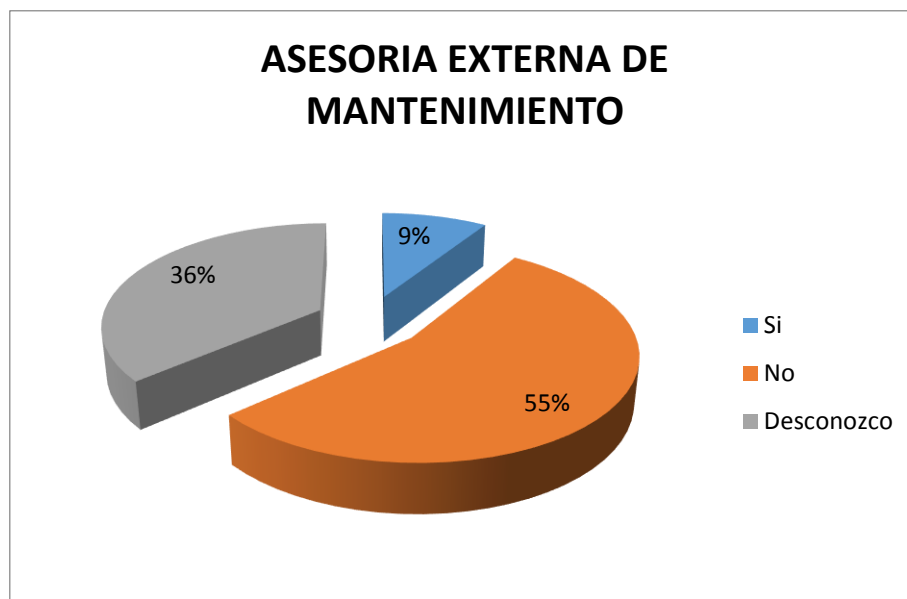
Los resultados de la encuesta se muestran en la tabla 13 e indican lo siguiente:

Tabla 13. Pregunta 12

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	1	9%
No	6	55%
Desconozco	4	36%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la central Río Blanco

Figura 50. Pregunta 12



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la central Río Blanco

INTERPRETACION: De los datos obtenidos podemos decir que el 55 % de los encuestados mencionan que no se ha utilizado asesoría externa para el mantenimiento en la Central, el 36% manifiesta desconocer si la empresa utilizó alguna vez asesoría externa, mientras que el 9% que representa el Jefe de Generación manifiesta que se efectuaron trabajos de mantenimiento en el Generador a cargo de personal externo.

13. Si su respuesta fue SI en la pregunta anterior, cite los casos puntuales en los que ha requerido contratar asesoría externa de mantenimiento para la central.

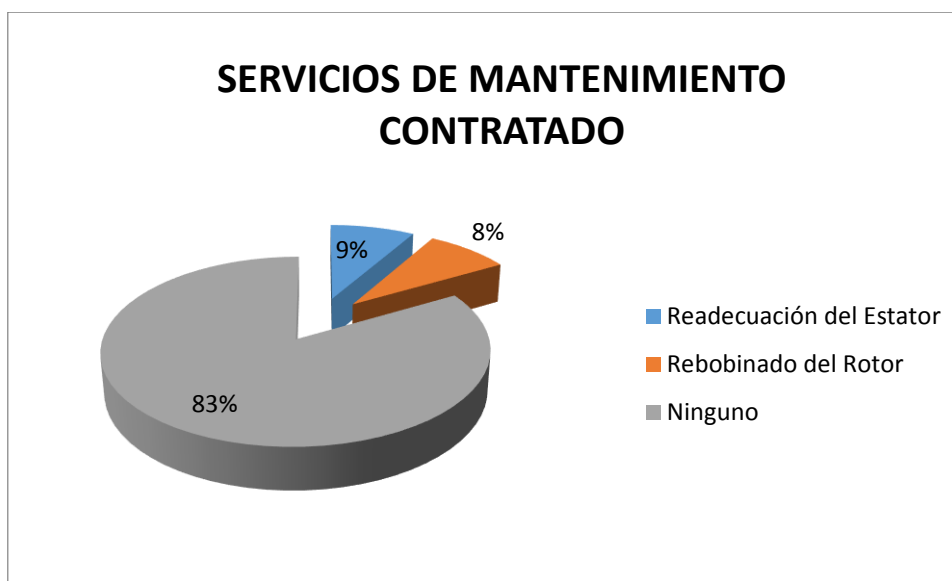
Entre los casos en los que se ha requerido contratar asesoría externa para llevar a cabo el mantenimiento de la central Río Blanco tenemos los siguientes:

Tabla 14. Pregunta 13

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Readecuación del Estator	1	9%
Rebobinado del Rotor	1	9%
Ninguno	10	91%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la central Río Blanco

Figura 51. Pregunta 13



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

INTERPRETACION: Se ha considerado únicamente la opinión del jefe generación el cual indica los casos puntuales en los que la empresa ha requerido contratar asesoría externa de mantenimiento.

14. ¿Se toman e implementan acciones de mejora para incrementar la efectividad del mantenimiento?

En cuanto a si se implementan acciones de mejora para incrementar la efectividad del mantenimiento efectuado en la central Río Blanco se ha obtenido un criterio unificado por parte del personal que lo lleva a cabo.

Tabla 15. Pregunta 14

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	11	100%
No	0	0%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la central Río Blanco

Figura 52. Pregunta 14



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la central Río Blanco

INTERPRETACION: De los datos obtenidos podemos decir que el 100% de los encuestados mencionan que si se llevan a cabo acciones de mejora en el mantenimiento que se efectúa a la central.

15. Ha escuchado hablar la estrategia de mantenimiento MCC (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad)

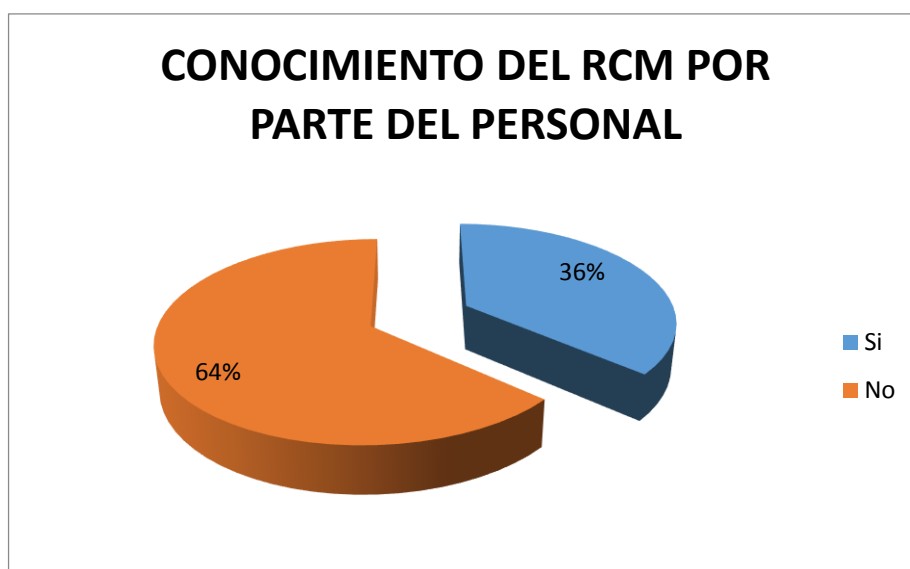
De todo el personal que se encuestó en cuanto al conocimiento de la estrategia de mantenimiento MCC arrojaron los siguientes datos.

Tabla 16. Pregunta 15

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	4	36%
No	7	64%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

Figura 53. Pregunta 15



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

INTERPRETACION: De la información obtenida en la figura 53 podemos decir que existe una mayoría con un 71% que dice desconocer de lo que se trata la estrategia del

MCC (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), frente a un 36% de los encuestados mencionan que si conocen de lo que se trata.

16. ¿Cree usted que implementar una estrategia de mantenimiento como el MCC mejoraría Gestión del Mantenimiento?

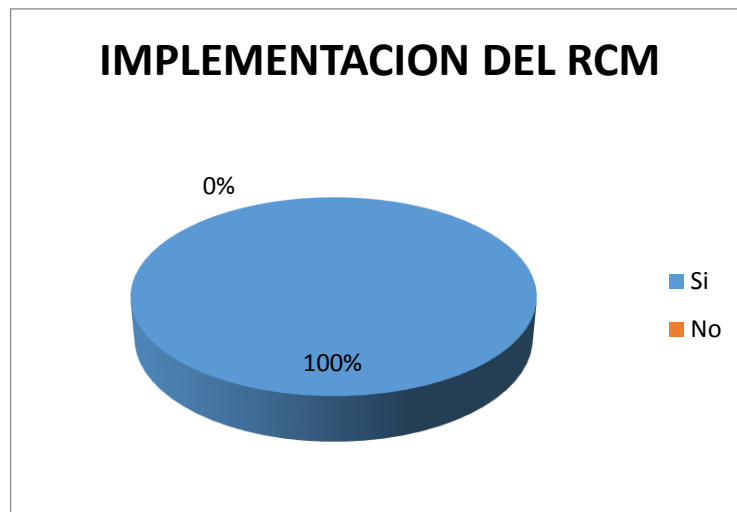
Según las respuestas obtenidas coinciden contundentemente en que la estrategia de mantenimiento MCC, sería un aporte al mantenimiento realizado en la Central de Generación Hidroeléctrica Río Blanco.

Tabla 17. Pregunta 16

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	11	100%
No	0	0%
TOTAL	11	100%

Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

Figura 54. Pregunta 16



Fuente: Personal encargado del mantenimiento de la Central Río Blanco

INTERPRETACION: De los datos obtenidos podemos decir que el 100% de los encuestados mencionan que la estrategia MCC contribuiría a la mejora del mantenimiento efectuado en la Central.

3.5 Diagnóstico de la situación actual de la gestión del mantenimiento de la central Río Blanco.

A continuación, se efectúa el diagnóstico de la situación actual de la gestión del mantenimiento a partir de los resultados obtenidos a través de la encuesta realizada al personal encargado del mantenimiento de la central hidroeléctrica Río Blanco y la información facilitada por la empresa, así tenemos lo siguiente:

3.5.1 Organización de la empresa:

De acuerdo al organigrama de la Empresa Eléctrica Riobamba SA., mostrado en la figura 5, se puede observar que existe una estructura adecuada, jerarquizada y actualizada, permitiendo una comunicación efectiva entre las diferentes áreas de la empresa. Sin embargo, en este punto se observa que el departamento de mantenimiento no se presenta independiente al de operación, se presenta como operación y mantenimiento (DOM).

3.5.2 Organización y planificación del Mantenimiento:

La planificación del mantenimiento contempla el mantenimiento de todos los equipos existentes en la central hidroeléctrica Río Blanco, para lo cual se elabora un plan anual de mantenimiento (Anexo D), elaboración de órdenes de mantenimiento (Anexo F), control diario de horas de funcionamiento de equipos entre otras actividades necesarias para el cumplimiento de este propósito.

Los mantenimientos que predominan de acuerdo a la información obtenida de la encuesta efectuada a todo el personal encargado del mantenimiento de la central Río Blanco en la pregunta 1 destacan el mantenimiento preventivo y correctivo, contrastando esta información con el plan anual declarado por la empresa al organismo de control CENACE destaca tres paradas por mantenimiento en el mes de noviembre de año 2014, en donde se observan:

- **Tareas preventivas** como son: Inspección de rodete e Inyectores, limpieza y calibración de toberas, limpieza del estator, revisión de conexiones y sensores.
- **Tareas correctivas** que consiste en el cambio de rodete e inyectores

- **Actividades preventivas** de limpieza e inspección del grupo de generación.

Al preguntarle al personal que interviene en el mantenimiento de la central Río Blanco sobre la forma en la se planifican estas actividades y como se estableció una frecuencia de mantenimiento trimestral la cual se indican en la pregunta 11 de la encuesta, manifestaron que se planifica en base a las recomendaciones del fabricante o a la experiencia del personal, sin realizar un previo análisis de la realidad de su contexto operacional, contrario a lo que se afirma en la pregunta 2 sobre si se prioriza las actividades de mantenimiento en base a su criticidad, modos, efectos y consecuencias de los fallos.

Documentos de Mantenimiento

En la pregunta 5 el personal encargado de la planificación del mantenimiento manifiesta que, si existen documentos de mantenimiento como fichas técnicas, historiales o bitácoras de mantenimiento de los equipos y sistemas de la Central Río Blanco, pero al solicitar dicha información, no se evidencia un adecuado manejo del historial de mantenimiento (Anexo I), en el cual se detallen claramente los fallos, causa de las paradas, etc. No se evidencia la existencia de fichas técnicas de los equipos de la central, además existe información incompleta de planos de las máquinas, bitácoras entre otros.

Criticidad de los Equipos

De acuerdo a los resultados obtenidos en la pregunta 8 sobre si el personal de mantenimiento podría indicar cuáles son las máquinas y sistemas que se consideran críticos en la central hidroeléctrica Río Blanco, se destacan entre otros el generador y todo el sistema de la central, además según una entrevista sostenida con el jefe de Generación considera que no es necesario realizar un estudio de criticidad de las máquinas existentes en la central, pues al ser un sistema en serie se considera critico todo el sistema, contrastando con los resultados de la pregunta 7 que señalan que a la salida de la central como critico pues deja de producir energía eléctrica en su totalidad.

SISMAC

En las preguntas 3 y 4 sobre si la empresa cuenta con un software de mantenimiento y su forma de uso, efectivamente Empresa Eléctrica Riobamba S.A cuenta con el software de mantenimiento SISMAC (Sistema de Mantenimiento asistido por Computador), el cual lo utilizan el departamento de subestaciones y el departamento de generación para planificar el mantenimiento, pero mediante evidencias solicitadas se pudo determinar que no se explota todas la bondades que ofrece este software, puesto que la base de datos de los equipos que existe en el SISMAC no se encuentra actualizada, además de otros documentos que se pueden elaborar mediante este sistema.

3.5.3 Capacitación

La empresa y específicamente el departamento de mantenimiento no cuentan con un programa permanente de capacitación al personal en temas relacionados a gestión del mantenimiento, los periodos de entrenamiento y formación obedecen a decisiones subjetivas, en las que el director se encarga de nominar a las personas asignadas a los cursos. Por otro lado, se percibe que no se aplican incentivos basados en la asistencia al trabajo, calidad, iniciativa y sugerencias para mejoras, quedando a medias lo dicho en la pregunta 14 de la encuesta sobre si se implementan acciones para incrementar la efectividad del mantenimiento, en donde la capacitación es un pilar fundamental para la conseguir este propósito.

3.5.4 Estrategias de Mantenimiento

Otro punto débil detectado en la gestión del mantenimiento, es el no contar con una estrategia que este encaminada en garantizar la confiabilidad del sistema, aunque se aplican técnicas de mantenimiento predictivo, están deben ser reforzadas para la obtención de mejores resultados.

3.6 Evaluación Global de la Gestión del Mantenimiento de la Central Río Blanco

Para realizar una evaluación cuantitativa de la gestión del mantenimiento de la central Río Blanco se ha recurrido a la norma venezolana (COVENIN 2500-93, 1993), que

contempla un método cuantitativo para evaluar sistemas de mantenimiento en una empresa, mediante el análisis y calificación de los siguientes factores:

- Organización de la empresa
- Organización de la función del mantenimiento
- Planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento
- Competencia del personal

3.6.1 Procedimientos para la evaluación. Antes de aplicar esta norma es necesario disponer de la definición de los conceptos de principios básicos y deméritos, de igual manera que el establecimiento de los criterios de ponderación.

Principio Básico. “Es aquel concepto que refleja las normas de organización y funcionamiento, sistemas y equipos que deben existir y aplicarse en mayor o menor proporción para lograr los objetivos del mantenimiento.” (COVENIN 2500-93, 1993)

Criterios para la ponderación de un principio básico

- El evaluador debe mantener una entrevista con el sector dirigente de la empresa con el objeto de efectuar un análisis de los aspectos cualitativos recogidos en los distintos principios básicos.
- El evaluador deberá determinar si existe o no el principio básico y proceder a asignar la puntuación completa aun desconociendo su eficiencia real en la práctica, de no existir el principio básico procederá a evaluarlo en cero puntos.

Demérito. “Es aquel aspecto parcial referido a un principio básico, que por omisión o su incidencia negativa origina que la efectividad de este no sea completa, disminuyendo en consecuencia la puntuación total de dicho principio,” (COVENIN 2500-93, 1993)

Criterios para la ponderación de un demérito

- Para determinar la existencia real de deméritos en cada principio básico el investigador realizara una investigación minuciosa, considerando cada detalle que pueda disminuir la eficacia del contenido del principio básico

3.6.2 Ficha de evaluación

Para poder elaborar la ficha de evaluación la norma (COVENIN 2500-93, 1993) proporciona un modelo el cual indica las siguientes instrucciones para su correcto uso.

ENCABEZAMIENTO

Empresa

- Debe indicarse el nombre o razón social.

Fecha, evaluador y numero de inspección

- Se indica la fecha en la cual se realiza la evaluación, el nombre del evaluador y el número de inspección.

PUNTUACIÓN

Columna D (D1+D2+...Dn)

- Se indica el valor de los deméritos obtenidos por la empresa en cada principio básico

Columna E

- Indica la suma total de los deméritos alcanzados en la columna anterior

Columna F

- Se coloca la diferencia entre la puntuación máxima de la columna C y el valor de los deméritos de la columna E

PUNTUACIÓN GRÁFICA

- En las casillas correspondientes a los totales obtenidos se indica la suma de las puntuaciones obtenidas en la columna F
- El valor obtenido en el punto anterior se compara con la puntuación obtenible (columna C) y se calcula el porcentaje
- Se trazan barras horizontales que parten de la casilla correspondiente a los totales obtenidos en la columna F y se prolongan hasta el porcentaje parcial de cada capítulo obtenido y previamente indicado en la columna F
- Mediante la línea poligonal que una a los extremos de estas barras horizontales se obtiene el perfil de la empresa

PUNTUACIÓN PORCENTUAL

- Se indica al final de la columna F, el total de las puntuaciones obtenidas (casilla indicada con el numero dos)
- Se colca al final de la columna C, la puntuación máxima obtenible (casilla indicada con el numero uno)

$$\text{Puntuación Porcentual Global} = \frac{2*100}{1}$$

A continuación, se resume en la Tabla 18, los resultados cuantitativos que arrojaron después de realizada la auditoría a la gestión de mantenimiento de la central Río Blanco durante el año 2014, que de manera ampliada y en destalle se encuentra en el **Anexo O**.

Tabla 18. Ficha de evaluación Global de la Gestión del Mantenimiento de la Central Río Blanco

EVALUACIÓN GLOBAL CUANTITATIVA A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO															
FICHA DE EVALUACIÓN															
EMPRESA:	EMPRESA ELECTRICA RIOBAMBA SA.				FECHA:	17/7/2016									
AREA:	GENERACIÓN				EVALUADOR:	JUAN CARLOS GRANIZO RODRIGUEZ									
CENTRAL:	RIO BLANCO				INSPECCIÓN N°:									1	
A	B	C	D (D1+D2+...+Dn)	E	F	G%									
AREA	PRINCIPIO BASICO	PTS		TOTAL DEMERITO	PTS	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	60	0	0	60										
	AUTORIDAD Y AUTONOMIA	40	10	10	30										
	SISTEMA DE INFORMACION	50	5	5	45										
	TOTAL OBTENIBLE	150	TOTAL OBTENIDO	135											
ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	80	(15+15+15)	45	35										
	AUTORIDAD Y AUTONOMIA	50	0	0	50										
	SISTEMA DE INFORMACION	70	(10+10)	20	50										
	TOTAL OBTENIBLE	200	TOTAL OBTENIDO	135											
PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	OBJETIVOS Y METAS	70	(20+20+15)	55	15										
	POLITICAS PARA PLANIFICACIÓN	70	(20+20)	40	30										
	CONTROL Y EVALUACIÓN	60	(10+10+5)	25	35										
	TOTAL OBTENIBLE	200	TOTAL OBTENIDO	80											
PERSONAL DE MANTENIMIENTO	CUANTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL PERSONAL	70	20	20	50										
	SELECCIÓN Y FORMACIÓN	80	(10+10+10)	30	50										
	MOTIVACIÓN E INCENTIVOS	50	(10+10+10)	30	20										
	TOTAL OBTENIBLE	200	TOTAL OBTENIDO	120											
RECURSOS	EQUIPOS	30	0	0	30										
	HERRAMIENTAS	30	0	0	30										
	INSTRUMENTOS	30	0	0	30										
	MATERIALES	30	0	0	30										
	REPUESTOS	30	0	0	30										
	TOTAL OBTENIBLE	150	TOTAL OBTENIDO	150											
ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS	80	(20+20+20)	60	20										
	PLANIFICACIÓN	40	20	20	20										
	PROGRAMACIÓN E IMPLANTACIÓN	70	10	10	60										
	CONTROL Y EVALUACIÓN	60	(15+10)	25	35										
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO	135											
		1150			755	Puntuación Porcentual Global									65.65%

Fuente: (COVENIN 2500-93, 1993)

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA

Mediante la evaluación realizada a la gestión del mantenimiento de la central Río Blanco durante el año 2014 se detectaron algunos puntos débiles, la presente propuesta pretende fortalecer el sistema de mantenimiento existente y encaminarlo hacia la mejora continua.

4.1 Estructura Organizacional

Algo importante que permita fortalecer la gestión del mantenimiento de la central Río Blanco es el aspecto organizacional, en donde exista el compromiso de la alta Gerencia de la empresa en brindarle al departamento de mantenimiento autoridad y autonomía, para establecer una adecuada asignación de recursos técnicos, económicos y como no decirlo de personal específicamente especializado en mantenimiento, quienes sean los encargados de brindar una perspectiva diferente de lo que significa hacer mantenimiento.

Una muestra de ello es que el personal que se encarga del mantenimiento de la central no distingue plenamente los sistemas serie y paralelo que presentes en el proceso de generación, esto provoca obviar algunas actividades necesarias para la planificación del mantenimiento, como es un análisis de criticidad de los sistemas y un análisis de la disponibilidad, algo con lo que un Ingeniero de mantenimiento está plenamente familiarizado y es capaz de brindar el apoyo necesario en estos aspectos.

4.2 Mejorar el plan de mantenimiento de la Central Río Blanco de la EERSA, mediante la aplicación del MCC.

La propuesta se basa en recomendar una estrategia de mantenimiento que permita optimizar las actividades de mantenimiento en los sistemas, instalaciones y equipos en función a su impacto en la operación de central.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es una estrategia que brinda la posibilidad de desarrollar actividades de mantenimiento apropiadas que permitan reducir los tiempos de parada por mantenimiento, incrementar los niveles de confiabilidad y disponibilidad del sistema, además es una filosofía que está encaminada a contribuir con el cumplimiento de los objetivos y políticas empresariales, identificando las funciones, modos, efectos y consecuencias de los fallos ocurridos anteriormente para elaborar las tareas de mantenimiento eficaces analizando la factibilidad de las mismas.

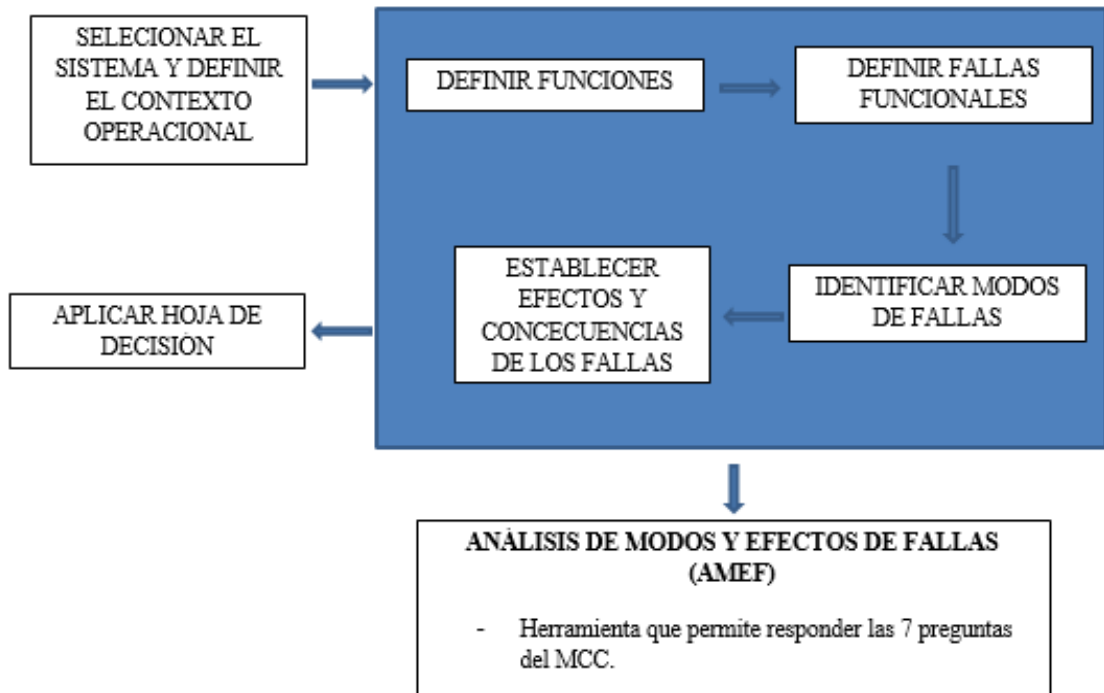
En el libro mantenimiento centrado en la confiabilidad (MOUBRAY, 2000), conceptualiza al MCC como un *“proceso utilizado para determinar que debe hacerse para asegurar que todo activo continúe haciendo lo que sus usuarios quieran que hagan en su actual contexto operacional”*, a partir del análisis de las siguientes siete preguntas:

1. ¿Cuál es la función del activo?
2. ¿De qué manera puede fallar?
3. ¿Que origina la falla?
4. ¿Qué pasa cuando falla?
5. ¿Importa si falla?
6. ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?
7. ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?

4.2.1 Fases de Implantación del MCC

En la figura 53 se observa las etapas para implantar el mantenimiento centrado en la confiabilidad, donde la herramienta principal de este tipo de mantenimiento lo constituye el Análisis de los Modos y Efectos de Fallas (AMEF), permitiéndonos la optimización de la gestión del mantenimiento, identificar los problemas antes de que estos ocurran y puedan afectar o impactar al proceso.

Figura 55. ETAPAS PARA IMPLANTAR EL MCC



Fuente: (MOUBRAY, 2000)

4.2.2 Selección del equipo

El sistema a seleccionar comprende el grupo de generación, por ser un sistema de importancia para la producción de energía eléctrica.

4.2.3 Contexto Operacional

Indica las condiciones de operación del activo, y afecta a todo el proceso de formulación de estrategias de mantenimiento, comenzando por la definición de funciones. Algunos de los factores importantes que deben ser considerados son:

- Aplicación
- Turnos de trabajo.
- Sobrecargas.
- Condición física del lugar.

La Central de Generación Hidroeléctrica Rio Blanco posee 1 Grupo de Generación de 3 MW de potencia, en cual opera en el cuarto de máquinas de la Central de 4x10x8m, y es accionado por una turbina hidráulica tipo pelton los 365 días de año.

La generación es utilizada al entrar en paralelo con el alimentador 4/3 con una tensión de 13800kV, con el fin de contribuir con la demanda de consumo eléctrico de la provincia, además es utilizada para el abastecimiento eléctrico propio de la Central.

4.2.4 Funciones y estándares de ejecución

En esta parte del proceso de implantación del MCC, el grupo de trabajo debe:

- Definir función y diferenciar los distintos tipos de funciones según el MCC.
- Aclarar los estándares de ejecución (operacionales) de cada activo.
- Registrar los estándares de ejecución esperados asociados a cada función.

4.2.5 Funciones.

La descripción de la función de un activo debe consistir de un verbo, un objeto y un parámetro de funcionamiento deseado, los que deben ser descritos tomando en cuenta el contexto operacional del activo. (MOUBRAY, 2000)

Todo activo físico tiene más de una función, frecuentemente varias, y todas ellas deben ser identificadas junto con sus parámetros de funcionamiento específicos. Las funciones se dividen en dos categorías principales: funciones primarias y secundarias.

Funciones Primarias. Son la razón principal de porque es adquirido y existe el activo, por eso se debe cuidar de definir las tan precisamente como sea posible. Las funciones primarias son fáciles de reconocer, por lo general el nombre de la mayoría de los activos físicos industriales se basa en su función primaria en este caso para el grupo generador su función es:

- *Transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando 3MW de potencia.*

Funciones secundarias. Se pretende que la mayoría de los activos cumplan una o más funciones además de la primaria, las cuales se conocen como funciones secundarias.

La función o funciones secundarias son menos obvias que la principal, pero a veces requieren mayor atención y las consecuencias de falla de estas pueden ser de mayor gravedad que las primarias, por lo que deben ser claramente identificadas, hecho por el cual se justifica el invertir gran cantidad de tiempo y esfuerzo para su análisis con el fin de preservar el buen funcionamiento de este tipo de funciones. Estas funciones incluyen:

- Contención
- Soporte
- Apariencia
- Higiene y seguridad y pueden existir más.

Aplicado al grupo generador tenemos las siguientes funciones:

- *Contener el caudal de 1.3 m³/s de agua que ingresa a la turbina (función secundaria de contención).*
- *Soportar los sistemas de conversión de energía: turbina y generador (función secundaria de soporte)*
- *Operar de forma segura y confiable en condiciones normales de operación (función secundaria de seguridad).*

Funciones de Protección. Son las funciones de protección de los equipos, las cuales solo reaccionan cuando algo malo está ocurriendo, haciendo en la mayoría de los casos que el activo deje de cumplir con sus funciones principales. En la mayoría de los casos, el propósito de los equipos de protección será básicamente proteger en primer lugar al ser humano de los posibles efectos de las fallas y, en segundo lugar, a los activos (usualmente ambos casos). El estudio del grupo generador tiene las siguientes funciones de protección:

- *Llamar la atención de los operadores mediante el monitoreo en la sala de mando: indicadores de nivel, valores eléctricos, protectores de sobrecarga y sobrevelocidad, sensores de vibración, indicadores de temperatura.*
- *Eliminar condiciones anormales que puedan causar daño mediante uso de equipos contra incendios, equipos de emergencia médica, elementos aislantes.*

Funciones de Control. El funcionamiento de los equipos de control consiste en tomar mediciones con dispositivos especiales, los cuales se encargan de captar señales (temperatura, presión, flujo, cantidad de compuesto, etc.) las cuales serán traducidas en valores específicos y comparadas con rangos normales de operación previamente establecidos, permitiendo de esta forma controlar y vigilar el buen funcionamiento de los distintos procesos. Para el grupo generador es el siguiente:

- *Ser capaz de enviar señales de parada de equipo en el caso en los que los sensores eléctricos, presión, temperatura, vibración detecten anomalía en sus funciones.*

Funciones Subsidiarias. Funciones subsidiarias ocurren cuando un activo posee equipos adicionales ajustados a un particular y adicional proceso diferente del proceso principal. En otras palabras, son funciones realizadas en el proceso principal por equipos especiales adecuados a procesos específicos que no están relacionados directamente con el producto final del proceso principal. El grupo consta de tres equipos importantes:

- *Excitatriz: Proporcionar corriente continua al rotor para inducir una fuerza electromotriz en los devanados del estator.*
- *Regulador de velocidad: Controlar las rpm de la turbina*
- *Radiador: Mantener una temperatura adecuada de trabajo al Generador*

4.2.6 Estándares de Ejecución.

El Libro Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MOUBRAY, 2000) define un estándar de ejecución como el parámetro que permite especificar, cuantificar y evaluar de forma clara la misión de un activo con respecto a la función que según la

confiabilidad de diseño o la capacidad de diseño es capaz el activo de cumplir, o con respecto a la función que se espera (desea) que el activo cumpla dentro de un contexto operacional específico". Entonces para nuestro estudio es el siguiente estándar de ejecución de diseño del activo:

- *Transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una potencia no menos de 3MW de potencia.*

4.2.7 Fallas Funcionales asociadas a cada función del activo.

Una vez que se ha analizado la función o funciones específicas en un contexto operacional dado, el próximo paso es determinar cómo dejan de cumplir los activos sus funciones.

(MOUBRAY, 2000) señala que una falla funcional puede ser una pérdida total de una función o también puede ser en las que el comportamiento funcional queda al margen de los parámetros de funcionamiento establecidos.

Cada activo tiene más de una función, por lo que es posible que cada una de éstas falle, se deduce que cualquier activo puede tener una variedad de estados de fallas diferentes. Entonces es preciso definir una falla en términos de “pérdida de una función específica” y no con la “falla del activo como un todo”. Dado que este se aplica a funciones individuales, podemos definir una falla funcional como: “la incapacidad de cualquier activo de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario”

4.2.8 Nivel de identificación de los modos de fallas.

El nivel al cual se gestiona el mantenimiento de un activo, se relaciona con el nivel al cual se identifica el modo de falla. Muchas veces el nivel al cual se identifica el modo de falla no corresponderá al nivel de detalle seleccionado para analizar el activo y sus funciones, por lo cual, para poder desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento de un determinado grupo de activos en un contexto operacional, es necesario identificar el nivel al cual se producirán los distintos modos de fallas asociados a las funciones de un activo en su actual contexto operacional (MOUBRAY, 2000).

Fuentes de Información sobre modos y efectos de Fallas. Las fuentes de información más comunes acerca de modos de falla y sus efectos son las siguientes:

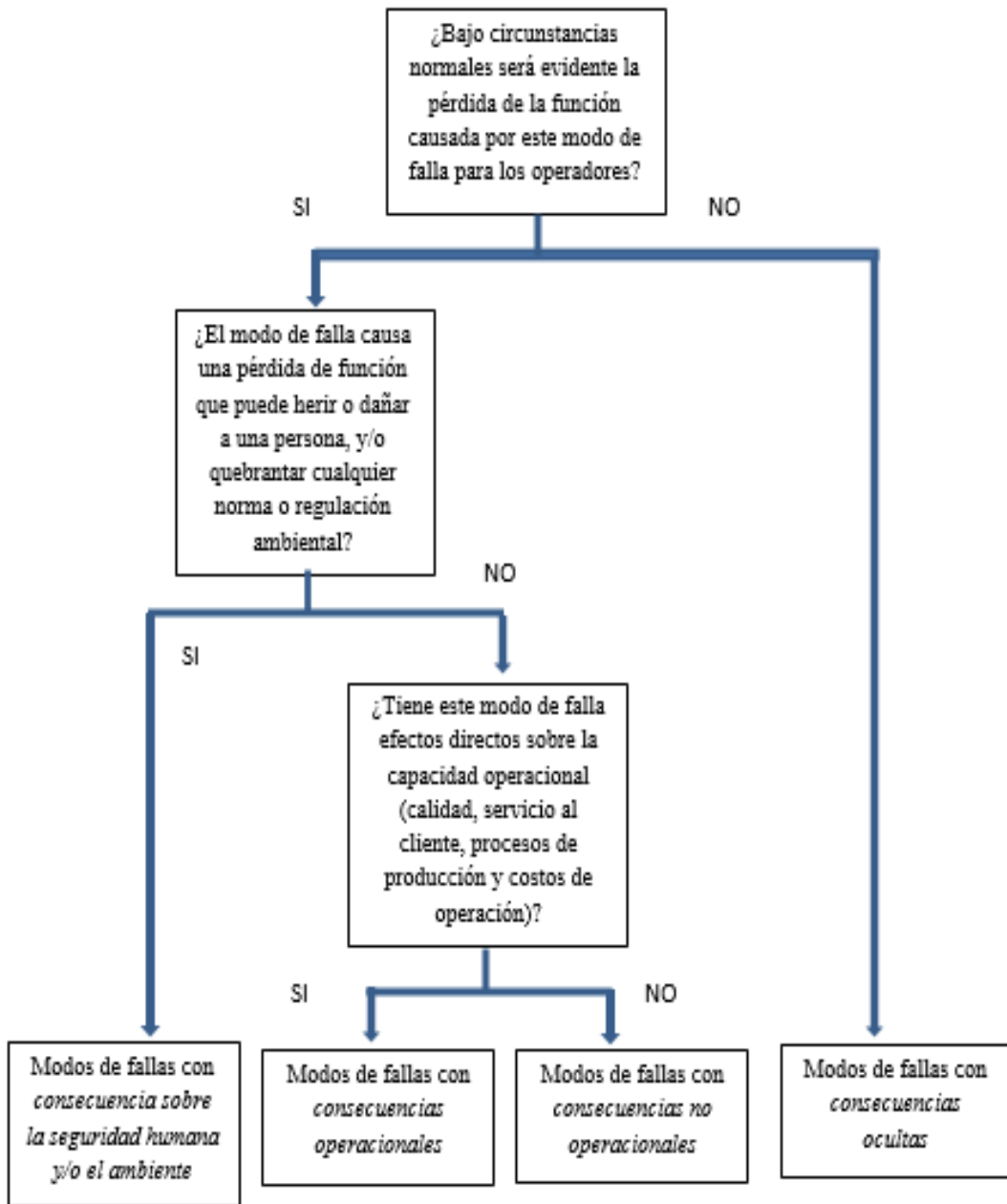
- El fabricante o proveedor del equipo.
- Otros usuarios de la misma maquinaria.
- Personal de mantención.
- Operadores del equipo.
- Listas genéricas de modos de falla.

Las fuentes de información anteriores, son importantísimas a la hora de establecer un análisis MCC, pero no deben ser absolutas ni las únicas, ya que no siempre se adecuarán a las funciones, parámetros de funcionamiento y contexto operacional del activo a analizar (MOUBRAY, 2000).

4.2.9 Consecuencias de los modos de fallas

El objetivo principal del grupo de trabajo MCC, en esta parte del proceso, consiste en identificar lo que sucederá en el contexto operacional si ocurriese cada modo de falla previamente identificado. La identificación de los efectos de fallas deberá incluir toda la información necesaria que ayude a soportar la evaluación de las consecuencias de las fallas (MOUBRAY, 2000). Para identificar y describir de forma precisa los efectos producidos por cada modo de falla, se debe responder las preguntas de la figura 56:

Figura 56. Consecuencias de las fallas funcionales.



Fuente: (MOUBRAY, 2000)

4.2.10 Selección de actividades de mantenimiento

Una vez identificadas las consecuencias por cada modo de falla, el equipo de trabajo implicado debe identificar el tipo de actividad de mantenimiento, apoyándose en el árbol lógico de decisión del MCC. (Ver Anexo N).

Las decisiones a tomar de acuerdo a las preguntas anteriores son:

Actividades preventivas

- Tareas programadas en base a condición
- Tareas de reacondicionamiento cíclico
- Tareas de sustitución – reemplazo programado
- Tareas de búsqueda de fallas ocultas

Actividades correctivas

- Rediseño
- Actividades de mantenimiento no programado

4.2.11 *Aplicación del MCC*

A continuación, en la tabla 19 se presenta el análisis de consecuencia de fallos funcionales y las actividades de mantenimiento.

Tabla 19. Aplicación del MCC

CENTRAL HIDROELECTRICA RIO BLANCO					HOJA DE INFORMACIÓN MCC		
SISTEMA / ACTIVO: GRUPO GENERADOR					FECHA: 2017 -06-25		
FUNCIÓN		AMEF			PLAN DE MANTENIMIENTO		
TIPO DE FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN DE FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DEL MODO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	TIPO DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
PRINCIPAL	Transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando 3 MW de potencia	El grupo generador deja de producir energía repentinamente	Descarga atmosférica	Consecuencia oculta	Revisión de estado de pararrayos y línea de guarda	Actividad preventiva	Anual
			Falta de agua	Consecuencia operacional			
			Sobrecalentamiento de devanados del generador	Consecuencia operacional	Inspecciones termográficas	Actividades preventivas en base a condición	Semestral
		El grupo generador produce menos de 3MW de potencia	Bajo nivel de agua	Consecuencia operacional	Limpieza de canales y revisión de sensores de nivel	Actividad correctiva	Trimestral
			Obstrucción en Inyectores	Consecuencia oculta	Limpieza	Actividades preventivas en base a condición	Trimestral
			Regulador de velocidad en mal estado	Consecuencia operacional	Lecturas de vibración, revisión de partículas en aceite del regulador, inspección de mecanismos de regulación.	Actividades preventivas en base a condición	Trimestral
			Desgaste en la turbina	Consecuencia operacional	Recuperación de superficie	Actividad correctiva	2 años
			Pérdida de aislamiento en rotor	Consecuencia oculta	Pruebas de aislamiento	Tareas programadas en base a condición	Semestral
			Carbones desgastados	Consecuencia operacional	Sustitución de carbones	Reemplazo programado	Semestral

Continuación de la Tabla 19.

SECUNDARIA	Contener el caudal de 1.3 m ³ /s de agua que ingresa a la turbina	Incapaz de poder controlar el caudal	Tubería con fisuras	Consecuencia sobre la seguridad humana	Mantenimiento con ultrasonido para medición de espesor	Tareas programadas en base a condición	Anual
			Pernos flojos	Consecuencia sobre la seguridad humana	Reajuste	Actividades preventivas en base a condición	Trimestral
			Válvulas de ingreso en mal estado	Consecuencia operacional	Revisión del sistema hidráulico y mecánico	Actividad correctiva	Anual
	Soportar los sistemas de conversión de energía: turbina y generador	No ser capaz de soportar los diversos equipos de generación	Desgaste en rodamientos	Consecuencia operacional	Análisis de vibraciones	Tareas programadas en base a condición	Anual
			Eje fracturado	Consecuencia operacional	Rediseño	Actividades correctivas	
			Chaveta y/o chavetero desgastados	Consecuencia operacional	Reemplazo	Tareas de sustitución	2 años
	Ser capaz de prevenir daños a la central y al recurso humano	No ser capaz de soportar vibraciones	Turbina y/o rotor desalineados	Consecuencia operacional	Alineación y balanceo	Actividades preventivas en base a condición	2 años
			Paletas de turbinas desgastadas	Consecuencia no operacional	Recuperación y mejoramiento en material de paletas	Tareas de reacondicionamiento	2 años
			Anclaje en mal estado	Consecuencia no operacional	Reajuste	Actividades preventivas en base a condición	Trimestral
	Operar de forma segura y confiable en condiciones normales de operación	Incapaz de brindar seguridad y confiabilidad en la operación	Elementos de protección mecánicas y eléctricas en mal estado	Consecuencia oculta	Inspecciones termográficas	Actividades preventivas en base a condición	Semestral

Fuente: Autor


4.3 SISMAC

Algo que se debe mejorar en cuanto al software que posee la Empresa Eléctrica Riobamba SA, específicamente el departamento de operación y mantenimiento, es el modo en el que se utiliza el software, a fin de hacer un buen uso de esta herramienta informática actualizando los datos periódicamente para evitar una programación errónea del mantenimiento de los equipos, una muestra de ello son las fichas técnicas y los historiales de mantenimiento.

4.3.1 Fichas Técnicas

Un aspecto imprescindible en un departamento de mantenimiento es poseer fichas técnicas de las máquinas completas y actualizadas, el software *SISMAC* cuenta con una función que le permite al usuario crear sus propias fichas técnicas lo cual ayuda a realizar consultas avanzadas, así como incorporar documentos tales como manuales, planos, imágenes de los elementos y partes de las maquinas, necesarios para agilizar el proceso de adquisición ya sea de repuestos u otra información como se muestra en la figura 57.

Figura 57. Fichas Técnicas de SISMAC.



The screenshot shows a software window titled "[SM91106] Motor rotor devanado". It contains a photograph of a large industrial motor on the left and a form with technical specifications on the right. The form fields are as follows:

Proveedor	FULLER	
Fecha fabricación	Fecha	
	4/1/199	
Peso, Lbrs	Largo, Plg	A
17463.600	78.740157	1
Prioridad	Vital	
Marca	GENERAL ELECTRIC	
Modelo	5M85117201	
No. Serie	ER8410632	
Potencia, HP	2500	
Corriente del estator, A AC	322	
Corriente del rotor, A AC	699	
Rendimiento a plena carga, %	9	
Par de arranque con resistencia, %	1	
Par de arranque máximo, %	2	

Fuente: (C&V Ingeniería, 2016)

4.3.2 Historial de Mantenimiento

Otra de las bondades que posee el SISMAC y que evidenció un manejo inadecuado de esta herramienta informática es el módulo de consultas de mantenimiento o historial de mantenimiento (Figura 58), el cual permite entre otras cosas tener un control pormenorizado de cada actividad ejecutada y por ejecutarse, así como un seguimiento de estados (programada, retrasada, pendiente, etc.) en función de los parámetros de programación que le correspondan tanto al bien en general como a una actividad en particular, por lo tanto si se tiene este programa tratar de vincular la información facilitada en hojas de Excel (Anexo I) a este programa.

Figura 58. Historial de tareas ejecutadas en SISMAC.

[SM41028] Historial de tareas ejecutadas						
Datos encontrados						
Cm.				<input checked="" type="checkbox"/> P	<input checked="" type="checkbox"/> N	Items: 247
Cod.Equipo	Equipo	Tarea	Frec.	+ UOp.	+ %Frc	+ Días H
	Motor de combustion Caterpil	Cambio de aceite y filtro de aceite de	170 Hr	69 Hr	40.6 %	-788 Día
	Motor de combustion Caterpil	Relleno nivel de aceite				
	Motor de combustion Caterpil	Verificación del nivel de aceite	1 Días			-837 Día
T1-X-001_-MMC01	Motor de combustion Caterpil	Cambio de filtro(s) de aire.	500 Hr	350 Hr	70.0 %	-786 Día
	Motor de combustion Caterpil	Cambio de filtro(s) de combustible.	170 Hr	37 Hr	21.8 %	-788 Día
	Motor de combustion Caterpil	Limpieza de filtro(s) y/o depurador de	1 Días			-837 Día
	Motor de combustion Caterpil	Cambio de filtro de agua	500 Hr	324 Hr	64.8 %	-786 Día
T1-X-001_-MST02	Transmisión al árbol de levas	Verificación del nivel de aceite	1 Días			-837 Día
T1-X-001_-MST03	Tren de rodaje	Verificación del nivel de aceite	1 Días			-837 Día
T1-X-001_-MST05	Transmisión hidráulica ó com	Cambio de aceite	1000 Hr	824 Hr	82.4 %	-782 Día
T1-X-001_-MRD01	Reductor o caja de velocidad	Cambio de aceite	1000 Hr	824 Hr	82.4 %	-782 Día
	Reductor o caja de velocidad	Verificación del nivel de aceite	84 Días			-860 Día
	Mando final Derecho	Cambio de aceite del mando final	1000 Hr	824 Hr	82.4 %	-782 Día
T1-X-001_-MST09	Mando final Derecho	Relleno nivel de aceite				
	Mando final Derecho	Verificación del nivel de aceite del m.	250 Hr	149 Hr	59.6 %	-787 Día
	Mando final Izquierdo	Cambio de aceite del mando final	1000 Hr	824 Hr	82.4 %	-782 Día
T1-X-001_-MST10	Mando final Izquierdo	Verificación del nivel de aceite del m.	250 Hr	149 Hr	59.6 %	-787 Día
	Mando final Izquierdo	Verificación del nivel de aceite	250 Hr	149 Hr	59.6 %	-787 Día
	Deposito de aceite hidraulico	Relleno nivel de aceite				
T1-X-001_-MDP02	Deposito de aceite hidraulico	Cambio de aceite hidraulico	1000 Hr	716 Hr	71.6 %	-783 Día
	Deposito de aceite hidraulico	Verificación del nivel de aceite hidraul	1 Días			-837 Día
	Deposito de aceite hidraulico	Cambio de filtro de aceite hidraulico	1000 Hr	824 Hr	82.4 %	-782 Día

Fuente: (C&V Ingeniería, 2016)

Sería recomendable acudir a la empresa proveedora del software puesto que podría ser necesario un servicio de postventa en donde se brinde una capacitación de sobre las bondades que ofrece su producto e ir retroalimentando permanentemente los conocimientos del personal que se encarga de su manejo.

4.4 Análisis de Criticidad

Un análisis de criticidad de todo el sistema, permitirá al personal que planifica el mantenimiento obtener una diferenciación entre activos, de tal manera que si se tiene un equipo crítico plenamente identificado, se pueda realizar tareas de mantenimiento que permitan reducir o de ser posible eliminar las consecuencias de su fallo, evitando de esta forma tener un impacto negativo en la seguridad del personal, medio ambiente y producción que ocasione un incremento en los costos por mantenimiento.

4.5 Búsqueda de Fallas Ocultas

Establecer una estrategia de búsqueda de fallas ocultas para reducir la probabilidad de ocurrencia de una falla múltiple y tener la posibilidad de llevarla a un nivel tolerable. Si no es posible encontrar una manera adecuada de prevenir una falla oculta, es posible reducir el riesgo de una falla múltiple revisando la función oculta periódicamente para saber si sigue funcionando. Si ésta revisión es llevada a cabo a intervalos adecuados y si la función es restaurada en cuánto se descubre que está defectuosa, todavía es posible asegurar altos niveles de disponibilidad.

4.6 Capacitación al Personal

Es muy común que a veces las empresas capacitan a su personal sin saber para qué lo hacen, por lo que es necesario señalar que los programas de capacitación deberán realizarse a medida y de acuerdo a las necesidades de la empresa y su personal.

En primer lugar se deben identificar las razones que impulsan a la empresa a capacitar a su personal, asegurándose que lo que se enseñe cumpla realmente sus expectativas y necesidades, y que lo que se enseña sea aprendido para ser trasladado en sus tareas cotidianas y se sostenga en el tiempo.

La única forma de asegurarnos que todo esto suceda es a través de una buena evaluación, estudio y análisis antes, durante y después de la implementación de cualquier programa de capacitación en la empresa.

Capacitar al personal en lo referente a seguridad y salud ocupacional es muy importante puesto que el factor humano es primordial, sin embargo, también se debe tener en cuenta otros temas los cuales estén encaminadas a la formación continua y el entrenamiento del personal específicamente en Mantenimiento de centrales eléctricas, RCM, Gestión del Mantenimiento, manejo del software SISMAC entre otros, lo cual le permitan al personal explorar nuevos criterios entorno a lo que constituye hacer mantenimiento.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se ha realizado el estudio descriptivo y detallado de los equipos que posee la central hidroeléctrica Rio Blanco la cual es una fuente energía limpia que posee la Empresa Eléctrica Riobamba SA.
- Las actividades de mantenimiento que predominan en la central Río Blanco son preventivas y correctivas, esto por la planificación que se realiza anualmente y en base a los fallos imprevistos.
- En la encuesta realizada a todo el personal de mantenimiento se determinaron algunas deficiencias en la gestión del mantenimiento, por lo que se recomendaron algunas mejoras que le permitan fortalecer dicha gestión.
- Una implementación del MCC contribuiría de buena manera a detectar a tiempo los fallos que puedan estarse dando en el sistema de generación hidroeléctrica, así como a escoger la actividad de mantenimiento adecuada y factible para mejorar la forma en la que se planifica el mantenimiento en la Central.
- El sistema informático de mantenimiento SISMAC debe ser periódicamente actualizada toda su información para obtener una adecuada programación del mantenimiento, ya que el uso incorrecto de esta herramienta puede derivar en tareas en ocasiones innecesarias.
- El personal de mantenimiento no distingue plenamente los sistemas serie y paralelo que presentes en el proceso de generación, esto provoca obviar algunas actividades necesarias para la planificación del mantenimiento como es un análisis de criticidad de los sistemas y un análisis de la disponibilidad

5.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar un análisis de criticidad de todo el sistema, pues esto permitirá al personal que planifica el mantenimiento obtener una diferenciación entre activos, de tal manera que si se tiene un equipo crítico plenamente identificado, se pueda realizar tareas de mantenimiento que permitan reducir o de ser posible eliminar las consecuencias de su fallo, evitando de esta forma tener un impacto negativo en la seguridad del personal, medio ambiente y producción que ocasione un incremento en los costos por mantenimiento.
- Algo importante para obtener buenos resultados en la planificación del Mantenimiento es el talento humano ya que se debe sentir comprometido y motivado, esto se lo logra mediante la capacitación oportuna y adecuada por lo que se recomienda tomar en cuenta las sugerencias del personal que efectúa el mantenimiento y opera la central, pues ellos están a diario en contacto con los equipos de la central
- Concienciar a la alta gerencia de la empresa sobre la importancia de la gestión del mantenimiento en el correcto funcionamiento de la central Río Blanco, en lo que se refiere al aspecto organizacional se recomienda brindarle al departamento de mantenimiento autoridad y autonomía, para establecer una adecuada asignación de recursos técnicos, económicos y como no decirlo de personal específicamente especializado en mantenimiento, quienes sean los encargados de brindar una perspectiva diferente de lo que significa hacer mantenimiento.
- Se recomienda tener en cuenta al momento de implementar una estrategia como el mantenimiento centrado en la confiabilidad, que sus resultados no son inmediatos, se podrá cuantificar y evaluar de forma segura y confiable en un período de tres años aproximadamente según lo señala la experiencia en el proceso de implementación de dicha estrategia. El presente trabajo debe ser un proyecto de largo alcance y con visión de futuro.

- La empresa debe establecer indicadores que le permitan dar seguimiento a la efectividad del mantenimiento y poder cuantificar los resultados de las medidas adoptadas por el departamento de mantenimiento.
- Por último, se recomienda establecer una estrategia de búsqueda de fallas ocultas, para reducir la probabilidad de ocurrencia de una falla múltiple y tener la posibilidad de llevarla a un nivel tolerable. Si no es posible encontrar una manera adecuada de prevenir una falla oculta, es posible reducir el riesgo de una falla múltiple revisando la función oculta periódicamente para saber si sigue funcionando. Si ésta revisión es llevada a cabo a intervalos adecuados y si la función es restaurada en cuánto se descubre que está defectuosa, todavía es posible asegurar altos niveles de disponibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

ENRÍQUEZ, Gilberto. *Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas. Vol. III.* México : LIMUSA, 2004. pág. 524.

KROCHIN, SVIATOSLAV. *Diseño Hidraulico.* 3° ed. Quito : Escuela Politécnica Nacional , 1986. págs. 317-350.

MOUBRAY, JHON. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.* 2° ed. España: Aladon Ltd, 2000. pág. 9.

OLADE. *Manual Latinoamericano y del Caribe para el Control de Pérdidas Eléctricas.* Bogota: Organización Latinoamericana de Energía, 1990.

UNE-EN 13306. *Mantenimiento: Terminología del Mantenimiento.* Parte 3: Servicio, organización, gestión y calidad de empresas.

UNE-EN 16646. *Mantenimiento: Mantenimiento en la Gestión de los activos físicos.* Parte 1: Organización y gestión de empresas en general.

COVENIN 2500-93. *Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento de la industria.* Caracas : FONDONORMA, 1993. págs. 1,2.

C&V Ingeniería. *Fichas Técnicas e Historial de Tareas Ejecutadas en SISMAC* [en línea]. Ecuador: Ing Bladimir Carrillo, 2016. [Consultado: 10 de Julio de 2016]. Disponible en: www.sismac.net/pages/pag21.htm.

CODIGO ELECTRICO ECUATORIANO. *Factor de Potencia* [en línea]. Ecuador: Escuela Politecnica Nacional,2001. [Consultado: 13 de Julio de 2016]. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.19.1.2001.pdf>. 2001.

EMPRESA ELECTRICA RIOBAMBA S.A. *Reseña Historica de la Central Hidroelectrica Rio Blanco* [en línea]. Ecuador: Ministerio de Electricidad,2016. [Consultado: 10 de Julio de 2016]. Disponible en: www.eersa.com.ec

GOODENERGY. *Central de Generacion Hidroelectrica de paso* [en línea]. Argentina: Goodenergygroup.S.A.,2014. [Consultado: 03 de Mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.goodenergy.cl/hidroelectricas.html>

LEY DE REGIMEN DEL SECTOR ELECTRICO. *Normativa Legal. Articulos Sobre Estructura y Continuidad del Sector Eléctrico* [en línea]. Ecuador: Ministerio de Electricidad,1997. [Consultado el: 10 de Julio de 2016]. Disponible en: www.regulacionelectrica.gob.ec.