

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE PROGRAMA MAESTRO PARA LA
REPOTENCIACIÓN DE LA GRÚA PÓRTICO PROVISIONAL DE
250 TONELADAS EN EL MACRO-COMPONENTE
ALIVIADERO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO “MANUEL
PIAR” EN TOCOMA. MUNICIPIO ANGOSTURA - ESTADO
BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LA
BACHILLER ANNY GABRIELA
APONTE SOLÍS PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

CIUDAD BOLÍVAR, ENERO DE 2013

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, intitulado “**Diseño de programa maestro para la repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas en el macro-componente Aliviadero del Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocomá. Municipio Angostura - Estado Bolívar**”, presentado por la bachiller: **Aponte S., Anny G.**, ha sido aprobado, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesora: María Aray

(Asesor)

Profesor: Jorge Salomón

(Jurado)

Profesor: Jesús Figueroa

(Jurado)

Profesor Dafnis Echeverría

Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial

Ciudad Bolívar, Enero de 2013.

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, que me ha regalado este momento de dicha llena de vida, salud, esperanzas, fuerzas y emoción para poder disfrutar junto a mis más preciados tesoros familiares, de este gran logro y sueño.

Este trabajo de grado, va dedicado a los cuatro (4) pilares fundamentales de mi vida, mis padres: Carmen Solís de Aponte y Francisco Javier Aponte, y mis hermanitos: Franci Pomonti Solís y Rafael Pomonti Solís. Siendo ellos la mejor familia, merecedores de cada uno de mis logros y mis éxitos, pues sin ellos no hubiese podido llegar hasta donde estoy ahora, sin su apoyo incondicional, sus sabios consejos, sus regaños y cada una de sus palabras llenas de toda la experiencia, para concretar cada uno de los pasos que he dado en el transcurso de mi vida. Esto es sólo para ustedes. Los Amaré para siempre.

Anny G, Aponte S.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Carmen y Francisco y a mis hermanos: Franci y Rafael, por brindarme lo mejor de ellos con sus palabras de guía, apoyo, consejos y sobretodo con mucho amor para cumplir con cada uno de mis sueños, los amo. A mis tíos, abuelos, primos, demás familiares y a unas personitas muy especiales que son como de la familia, Yuli y Aaron. Los quiero, gracias por siempre poder contar con ustedes.

A mis profesores de la casa más alta (UDO) Núcleo Bolívar, por impartirme todos sus conocimientos en el transcurso de mi carrera. A mi asesora académica María F. Aray, por prestarme su colaboración en la elaboración de mi trabajo de grado. Especialmente agradezco al profesor Dionisio Morillo, porque desde los inicios de mi carrera hasta ahora, me ha prestado gran colaboración y apoyo.

A la Empresa CORPOELEC en Tocomá, especialmente a los Ingenieros: Felipe Castillo, Mariana Avendaño, Yvan Grob, Milagro Pérez, Ramón Almeida y demás miembros del Dpto. de Control y Seguimiento de Proyectos. A los Ingenieros: José Páez, José Salmerón, Martha Gil, Oscar Montes de Oca, Gregori Gudel, Rolando Brown, Carlos Morales y Tlgo. Jorge Arango y Rommy Rodríguez. A la Ing. María Carolina Rojas, Amilcar Marín, Edelis Rivas y Anderson Glod. A Todos uds gracias por el apoyo, colaboración y amistad brindada, me llevo bonitos recuerdos de uds. Al Departamento de Hidromecánica del Consorcio OIV – Tocomá por su colaboración.

A mis BMADAM: Belén, Maryx, Adriana, Danny y Mariam. A mis Jarameros: Karina, Fernando, Laura, José y Magdiel y a los padrinos del grupo, la Sra. Merlys, el Sr. Fernando y la Sra Elena, por mantenernos siempre abiertas las puertas de su casa. A mis amigos: Adriana y Edgar. Los quiero muchísimo. A todos uds, millón de gracias.

Anny G., Aponte S.

RESÚMEN

La investigación llevada a cabo tuvo como objetivo general, “Diseñar programa maestro para la repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas para efectuar maniobras de montaje y desmontaje de tapones y compuertas de mantenimiento en los ductos de desvío aguas arriba del macro-componente Aliviadero en el Proyecto Hidroeléctrico Manuel Piar en Tocomá”. Dicha investigación tuvo un período de ejecución de 6 meses, en los cuales se llevaron a cabo una serie de técnicas para la recolección de la información: entrevistas no estructuradas, con lo que se pudieron determinar las actividades operativas de la grúa. Guías de inspección, permitiendo determinar las condiciones actuales de la grúa y con la observación directa e investigación documental se conocieron los componentes que integran la grúa, así como también las funciones de cada una de ellas. De una población total de 2 grúas pórticos, una de 100Toneladas y otra de 250Toneladas, la muestra seleccionada fue la grúa de 250Toneladas. Para el análisis e interpretación de los resultados, inicialmente se realizó un diagnóstico de las condiciones actuales y componentes técnicos de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, seguidamente se determinaron las fallas potenciales con las aplicación del análisis de modo y efecto de fallos, luego se procedieron a planificar las actividades requeridas para realizar el programa maestro de repotenciación de control y seguimiento. Entre las conclusiones: se pudieron determinar y priorizar las fallas de acuerdo al NPR, obteniéndose tanto en el sistema de traslación del pórtico como en el de elevación, el motor eléctrico el que más presenta fallas. Por otro lado, se planificaron las actividades para la repotenciación de la grúa y luego se diseñó el programa maestro en Microsoft Project, así como la herramienta de control y seguimiento en Microsoft Excel para llevar a cabo el seguimiento de las actividades planificadas.

CONTENIDO

	Página
HOJA DE APROBACIÓN	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESÚMEN.....	V
CONTENIDO.....	VI
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABLAS.....	XI
LISTA DE APÉNDICES	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	5
SITUACION A INVESTIGAR	5
1.1 Situación objeto de estudio	5
1.2 Objetivos de la investigación	10
1.2.1 Objetivo general.....	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	10
1.3 Justificación de la investigación.....	11
1.4 Alcance de la investigación.....	12
1.5 Limitaciones de la investigación.....	12
CAPÍTULO II	14
GENERALIDADES	14
2.1 Reseña histórica de la empresa.....	14
2.2 Estructura organizativa de la empresa.....	19
2.3 Misión.....	21
2.4 Visión.....	21
2.5 Valores	21
2.6 Generación	23
2.7 Gerencia de Ingeniería y Proyectos de Expansión de Generación Oriente (GIPO).....	23
2.7.1Objetivo.....	24
2.7.2 Funciones	24
2.8 Departamento de Control y Seguimiento de Proyectos	26
2.8.1 Descripción de cargos del Departamento de Control y Seguimiento de Proyectos	28
2.9 Descripción general del Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocomá ..	29
2.9.1 Caracterización del Proyecto “Manuel Piar” (Tocomá).....	32
2.9.1.1 Descripción de los macro-componentes.....	33
2.9.1.2 Presa de enrocamiento izquierda	33

2.9.1.3 Presa principal (casa de máquinas)	33
2.9.1.4 Presas de Transición.....	34
2.9.1.5 Aliviadero	35
CAPÍTULO III	36
MARCO TEÓRICO	36
3.1 Antecedentes de la investigación.....	36
3.2 Bases teóricas	39
3.2.1 Centrales Hidroeléctricas	39
3.2.2 Funcionamiento de una Central Hidroeléctrica.....	39
3.2.3 Grúas	40
3.2.4 Tipos de grúas.....	40
3.2.4.1 Grúas Torre	41
3.2.4.2 Grúas de Brazo Horizontal.....	41
3.2.4.3 Grúas de Pescante.....	41
3.2.4.4 Grúas Pórtico	41
3.2.5 Grúa pórtico provisional 250 Toneladas	43
3.2.5.1 Elementos estructurales de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas	44
3.2.6 Mantenimiento	45
3.2.6.1 Mantenimiento Correctivo	46
3.2.6.2 Mantenimiento Predictivo	47
3.2.6.3 Mantenimiento Preventivo	48
3.2.7 Plan de mantenimiento	51
3.2.7.1 Pasos para desarrollar un programa de mantenimiento.....	52
3.2.8 Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)	54
3.2.8.1 Características del AMEF	55
3.2.8.2 Objetivos del AMEF	56
3.2.9 Fallo.....	57
3.2.9.1 Modo de fallo	57
3.2.9.2 Efectos potenciales de fallo	57
3.2.9.3 Causas potenciales de fallo	57
3.2.9.4 Controles actuales	58
3.2.9.5 Índices de evaluación para cada modo de fallo	58
3.2.9.6 Números de Prioridad de Riesgo (NPR)	58
3.2.9.7 Acciones de mejora	59
3.3 Definición de términos básicos	61

CAPÍTULO IV	64
METODOLOGÍA DE TRABAJO	64
4.1 Tipo de investigación	64
4.2 Diseño de la investigación.....	64
4.3 Población y muestra de la investigación	65
4.3.1 Población.....	65
4.3.2 Muestra.....	66
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	66
4.4.1 Técnicas de recolección de datos	67
4.4.1.1 Investigación Documental.....	67
4.4.1.2 Observación Directa	67
4.4.1.3 Entrevistas no estructuradas	68
4.4.1.4 Consultas académicas e industriales	68
4.4.2 Instrumentos utilizados para la recolección de datos	69
4.5 Técnicas de ingeniería industrial utilizadas en la investigación	69
4.5.1 Diagrama de Gantt	69
4.5.2 Mantenimiento industrial	69
4.5.3 Paquete computarizado	70
4.6 Flujoograma de la metodología de investigación.....	70
CAPÍTULO V	73
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	73
5.1 Análisis de los aspectos técnicos de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas.....	73
5.1.2 Diagnóstico de la situación actual.....	74
5.1.2.1 Check List	74
5.1.2.2 Entrevista no estructurada	75
5.1.3 Componentes de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas	79
5.2 Fallas potenciales de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas	81
5.2.1 Identificación de las funciones de los sub – componentes.....	82
5.3 Planificación de las actividades necesarias para la repotenciación de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas	87
5.3.1 Procedimiento para la realización de las actividades de repotenciación....	87
5.3.1.1 Recuperación de estructuras del pórtico.....	88
5.3.1.2 Recuperación de equipos eléctricos y de control	88
5.3.1.3 Recuperación de Motores	89
5.3.1.4 Recuperación de reductores	90
5.3.1.5 Recuperación de los frenos de zapata	90
5.3.1.6 Recuperación de acoples y ejes	91
5.3.1.7 Recuperación de ruedas.....	91

5.3.1.8 Recuperación de tambores y poleas	92
5.3.1.9 Recuperación de los engranajes	92
5.3.1.10 Recuperación de chumaceras y cojinetes	92
5.3.1.11 Recuperación de las guayas.....	93
5.3.2 Actividades de repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas.....	93
5.3.2.1 Actividades y recursos programados para el sistema mecánico	93
5.3.2.2 Actividades y recursos programados para el sistema eléctrico	100
5.3.3 Procedimientos para ejecución de las pruebas a la Grúa pórtico Provisional de 250 Toneladas	102
5.3.3.1 Procedimiento para las pruebas sin carga	102
5.3.3.2 Procedimiento para las pruebas con carga	104
5.3.4 Estimación de costos para las actividades de repotenciación	105
5.4 Diseño de programa maestro y herramientas de control para la repotenciación de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas	110
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
Conclusiones	118
Recomendaciones	120
REFERENCIAS	121

LISTA DE FIGURAS

	Página
1.1 Aprovechamiento del bajo Caroní. (Intranet de CORPOELEC, 2012).	6
1.2 Vista aérea del macro-componente aliviadero. (CORPOELEC, 2012).	7
2.1 Central hidroeléctrica Antonio José de Sucre15 “Macagua”. (Intranet CORPOELEC, 2012).	15
2.2 Central hidroeléctrica Simón Bolívar “Guri”.(Intranet CORPOELEC, 2012). ...	16
2.3. Central hidroeléctrica Francisco de Miranda. “Caruachi”. (intranet CORPOELEC, 2012).	18
2.4 Estructura organizativa de CORPOELEC. (CORPOELEC, 2012).	20
2.5 Estructura organizativa de la GIPO. (CORPOELEC, 2012).	26
2.6 estructura organizativa del departamento de control y seguimiento de proyectos. (CORPOELEC, 2012).	28
2.7 Ubicación geográfica del proyecto “Manuel Piar” en Tocomá. (Intranet de CORPOELEC, 2012).	30
2.8 Ubicación del proyecto “Manuel Piar” en Tocomá en el bajo Caroní. (Intranet de CORPOELEC, 2012).	30
2.9 Perfil longitudinal de los proyectos en el bajo Caroní. (Intranet de CORPOELEC, 2012).	31
2.10 Sección transversal de una unidad de la casa de máquinas. (CORPOELEC, 2012).	34
2.11 Sección transversal del aliviadero. (CORPOELEC, 2012).	35
3.1 Grúa pórtico provisional de 250 Toneladas (CORPOELEC, 2012).	43
4.1 Flujograma de la metodología de investigación utilizada. (Aponte A, 2012).	70
5.1 Vista de planta de anillo de ataguías del proyecto hidroeléctrico “Manuel..... Piar” en Tocomá. (CORPOELEC, 2012).	76
5.2 Vista de planta del proyecto hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocomá con el segundo desvío realizado. (CORPOELEC, 2012).	79
5.3 Tabla de datos para el cálculo de escalación. (CORPOELEC, 2012).	106
5.4 Vista del programa maestro de repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas en el Microsoft Project. (Aponte Anny, 2012).	111
5.5 diagrama de gantt del programa maestro de repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 toneladas (Aponte Anny, 2012).	113
5.6 Ejemplo del resumen del seguimiento de las actividades de repotenciación para un período determinado. (Aponte Anny, 2012).	115
5.7 Ejemplo del cuadro final del seguimiento de las actividades de repotenciación para la semana 8 (Aponte Anny, 2012).	116

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Formato utilizado para el vaciado de información del Análisis de modo y efecto de fallos. (Aponte Anny, 2012).....	60
5.1 Componentes y sub-componentes de la Grúa pórtico provisional de 250 Toneladas (Aponte Anny, 2012).....	80
5.2 Sub – componentes críticos del sistema de traslación del pórtico. (Aponte Anny, 2012).....	83
5.3 Sub – componentes críticos del sistema de elevación. (Aponte Anny, 2012) ..	83
5.4 Sub – componentes críticos del sistema de traslación del carro. (Aponte Anny, 2012).....	84
5.5 Acciones de mejoras en los sub – componentes del sistema de traslación del pórtico. (Aponte Anny, 2012).....	85
5.6 Acciones de mejoras en los sub – componentes del sistema de elevación..... (Aponte Anny, 2012).....	86
5.7 Acciones de mejoras en los sub – componentes del sistema de traslación del.. carro. (Aponte Anny, 2012).....	86

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A. NORMA VENEZOLANA COVENIN 3510:1999	125
A.1 Norma COVENIN 3510:1999 (Equipos de izamiento Grúas puente y p).....	126
A.2 Página 11 de la Norma COVENIN 3510:1999.	127
A.3 Página 12 de la Norma COVENIN 3510:1999.	128
A.4 Página 13 de la Norma COVENIN 3510:1999.	129
A.5 Página 14 de la Norma COVENIN 3510:1999.	130
A.6 Página 15 de la Norma COVENIN 3510:1999.	131
B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONTRATO CIVIL PROYECTO TOCOMA.....	132
B.1 Volumen IIIC. Especificaciones técnicas mecánico (Compuertas y grúas).(CORPOELEC, 2012).	133
C. CHECK LIST A LA GRÚA PÓRTICO DE 250 TONELADAS	134
C.1 Pruebas sin carga a la grúa pórtico de 250 Ton. (Aponte Anny, 2012)	135
C.2 Pruebas con carga a la grúa pórtico de 250 Ton. (Aponte A, 2012)	137
D. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLOS A LA GRÚA PÓRTICO DE 250 TONELADAS	138
D.1 Análisis de Modo y efecto de fallo potencial (AMEF). (Aponte A, 2012). ...	139
E. HERRAMIENTA DE CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA MAESTRO	
E.1 Impresión de pantalla de la base de datos de la herramienta en Microsoft Excel para llevar el control y seguimiento del programa maestro. (Aponte A, 2012)	147
F. FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA EN ESTUDIO	148
F.1 Vista Aguas abajo del Macro – componente Aliviadero.(Aponte A, 2012). ...	149
F.3 Grúa pórtico provisional de 250 Toneladas. (Aponte Anny, 2012).	150
F.4 Sistema de traslación del pórtico de la Grúa.	150
F.5 Tambor de enrollamiento de la guaya “Sistema de Elevación”. (Aponte Anny, 2012).....	151

INTRODUCCIÓN

El proceso que conlleva la construcción, implica una serie de variables que deben ser consideradas, a fin de garantizar que se alcancen los objetivos que se esperan, en los lapsos de tiempo programados. El conjunto articulado y coherente de actividades orientadas a alcanzar uno o varios objetivos siguiendo una metodología definida, es lo que se entiende como proyecto. El objetivo de un proyecto es lograr una excelente calidad de obra al menor costo posible y en el menor tiempo. Esto implica planificar adecuadamente los trabajos y prever los equipos y herramientas necesarias para el logro de los mismos. El conocimiento de los secretos de cada tarea a realizar acorta los tiempos y hace más eficiente el desarrollo de las tareas necesarias para el logro de la meta.

Cuando se emprende un proyecto, es importante tomar en consideración al factor tiempo, ya que representa una de las principales restricciones que se presentan en la puesta en marcha de un proyecto. Las construcciones de obras de gran envergadura, requieren un estudio más detallado en cuanto a la coordinación de los cuatro (4) elementos básicos de la administración de proyectos como lo son: planificación, organización, dirección y control, debido a que una restricción fuerte de tiempo puede significar un incremento en costos y una reducción considerable en los alcances.

El área de mantenimiento, en los últimos años ha cambiado aceleradamente, principalmente en aspectos de tipo tecnológico, organizacional, documental y económico. Esto como consecuencia a la importancia que se le atribuye en el ámbito industrial, pasando a formar parte e influyendo de forma directa sobre la gestión y sobrevivencia de cualquier empresa, puesto que actualmente es el encargado de asegurar la condición operativa de una instalación y sistema, tomando en cuenta factores importantes como: seguridad del personal y del medio ambiente, gastos generales y utilización de recursos disponibles.

En búsqueda de mejoras sobre la gestión de mantenimiento, se han creado técnicas, metodologías y filosofías, denominadas como Mantenimiento de Clase Mundial, las cuales se fundamentan en cubrir principalmente aspectos importantes y generar propuestas tanto para contextos generales como específicos.

La creciente demanda de agua y energía hidroeléctrica, ha impulsado a escala la construcción de centrales hidroeléctricas en todo el mundo. La Central Hidroeléctrica “Manuel Piar” en Tocomá, representa una obra civil de gran envergadura que cuenta con estudios completos de factibilidad técnica, evaluaciones geológicas, hidráulicas y energéticas.

La mencionada Central hidroeléctrica, tiene como objetivo asegurar que Venezuela cuente con generación eléctrica que permita atender su mercado industrial, comercial y residencial interno, como solución del mínimo costo, con sostenibilidad ambiental y social, utilizando los recursos hidráulicos del Bajo Caroní.

Para llevar a cabo la construcción de la Central Hidroeléctrica, CORPOELEC se ha visto en la necesidad de reutilizar equipos que se encontraban inoperativos, para el aprovechamiento de su vida útil.

La repotenciación constituye un factor importante para la modernización o mejora de operaciones de un equipo, considerando tiempo de uso, condiciones generales, requerimientos del equipo e importancia. De igual forma, todas las acciones de mantenimiento tienen como objetivo mantener un equipo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo sus funciones requeridas, estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

La realización de esta investigación se encuentra enmarcada en la planificación de las actividades para repotenciar la Grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, la cual es sumamente importante para las maniobras de las compuertas de

mantenimiento y el cierre de los ductos de fondo que se encuentra en el macro – componente Aliviadero, el cual está conformado por 10 pilas principales, el cual tendrá una capacidad de descarga de 28.750 m³/s, con una longitud de 175,86 m., nueve (9) compuertas radiales con descarga de superficie de 15,24 m de ancho por 21,66 m de altura, con la ojiva a la elevación 106,30 m y 18 ductos de fondo de 5,50 m de ancho por 9,00 m de altura, esto para llevar a cabo el segundo desvío del río.

La estructuración de la investigación se encuentra en 5 capítulos. Capítulo I: Situación a investigar, la cual contiene la problemática basada en la información obtenida en campo, de igual forma los objetivos general y específicos, justificación, alcance y limitaciones.

Capítulo II: Generalidades, este capítulo muestra información de la empresa, como antecedentes, reseña histórica, misión, visión y valores, estructura organizativa, ubicación del Proyecto de la Central Hidroeléctrica “Manuel Piar” en Tocomá, descripción de los macro – componentes, entre otros aspectos relevantes de la empresa.

Capítulo III: Bases teóricas, presenta información teórica que sustenta la investigación desarrollada, con bases teóricas, antecedentes de investigaciones realizadas relacionadas con el tema desarrollado y de igual forma, posee un glosario de términos para mayor comprensión del tema.

Capítulo IV: Metodología de la investigación, muestra la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación. Presenta el tipo y diseño de la investigación, población y muestra, flujograma de actividades y las técnicas de ingeniería industrial utilizadas para la elaboración de la investigación.

Capítulo V: Análisis e Interpretación de los Resultados, obtenidos con la aplicación de las técnicas e instrumentos de recolección de datos, basado en las

visitas técnicas e información recopilada en el área de operación de la grúa a fin de llevar a cabo la repotenciación. Y finalmente se obtienen las conclusiones y recomendaciones basados en el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, referencias y apéndices.

CAPÍTULO I

SITUACION A INVESTIGAR

1.1 Situación objeto de estudio

La Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC), nace con la visión de reorganizar y unificar, en una empresa única, al sector eléctrico venezolano, a fin de garantizar la prestación de un servicio confiable, de calidad y eficiente, así como también producir, transportar y comercializar energía eléctrica a precios competitivos de manera confiable.

Las represas constituyen hoy en día, una de las obras de ingeniería de mayor importancia para el desarrollo de un país y ha experimentado en las últimas décadas un auge considerable, impulsando con ello su construcción a gran escala. La ejecución de una obra de este nivel, cuyos beneficios justifican la inversión, requieren que las etapas de la ejecución de cada una de las actividades que conforman el proyecto, sean estudiadas durante la planificación de forma tal que se eviten en lo posible los impactos programáticos que tienden a afectar la consecución del proyecto, considerando el mismo como una unidad. El parque de generación del Sistema Eléctrico Nacional, asciende a unos 24.000 megavatios de capacidad instalada y está conformado por un significativo número de infraestructuras, localizadas en su mayoría, en la región de Guayana, donde funcionan los complejos hidroeléctricos más grandes del país. Éstos ofrecen más del 62% del potencial eléctrico que llega a hogares e industrias de toda la Nación.

El Proyecto “Manuel Piar” en Tocomá que se prevé finalizar en el año 2014, es el último de los desarrollos hidroeléctricos que constituyen el aprovechamiento del Complejo Hidroeléctrico del Bajo Caroní, conjuntamente con las centrales Simón Bolívar en Guri, Antonio José de Sucre en Macagua y Francisco de Miranda en

Caruachi en operación comercial. Este proyecto permitirá aprovechar el resto de la energía aún sin explotar del Bajo Caroní, utilizando de manera óptima la capacidad de regulación que ofrece el embalse del Guri.

El Proyecto “Manuel Piar” en Tocoma está ubicado al suroeste de Venezuela en el Estado Bolívar a unos 15 Km aguas abajo de la Central Hidroeléctrica Simón Bolívar en Gurí y a unos 73 Km de Ciudad Guayana, cerca de la desembocadura del río Claro en el río Caroní, ésta se encuentra en construcción y considera la instalación de 2,160 MW para producir una energía promedio anual de 12,100 Gwh. la casa de máquinas albergará 10 unidades generadoras tipo Kaplan de 216 MW cada una, con una capacidad instalada de 2.160 MW., se prevé que ingresen a operación entre diciembre de 2012 y septiembre 2014.

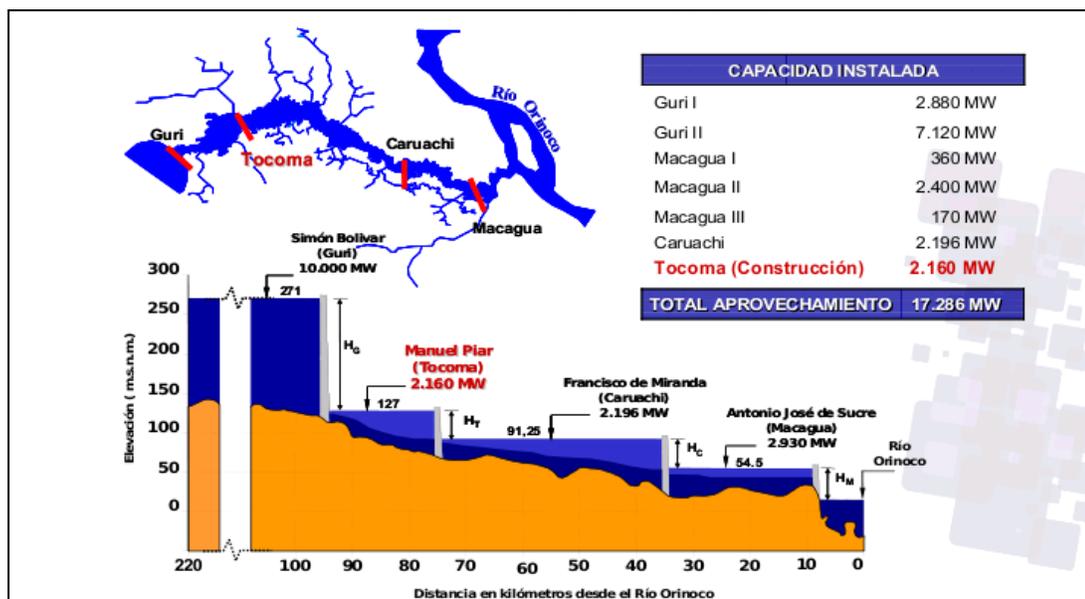


Figura 1.1 Aprovechamiento del bajo Caroní. (Intranet de CORPOELEC, 2012).

El proyecto “Manuel Piar” en Tocoma constará de unas estructuras principales: casa de máquinas integrada a la estructura de toma, nave lateral de servicio, edificio de operación y control, nave de montaje, presas de transición izquierda y derecha, presa intermedia, aliviadero con nueve compuertas radiales, presa de enrocamiento

con pantalla de concreto en la margen izquierda y presa de tierra y enrocamiento con núcleo de arcilla en la margen derecha. Estas estructuras constituirán las obras de retención y control del embalse y generación de energía eléctrica. La elevación normal del embalse será de 127,00 m.s.n.m.

Uno de los componentes principales que integran el Proyecto “Manuel Piar” en Tocomá, es el Aliviadero, incluyendo todos los equipos electromecánicos que se deben instalar bajo los estándares y las maniobras adecuadas a cada procedimiento. Este tiene una capacidad de descarga de 28.750 m³/s, volumen de concreto de 198.000 m³ con una longitud de 175,86 m, nueve (9) compuertas radiales con descarga de superficie de 15,24 m de ancho por 21,66 m de altura, con la ojiva a la elevación de 106,30 m y 18 ductos de fondo de 5,50 m de ancho por 9,00 m de altura.



Figura 1.2 Vista aérea del macro-componente Aliviadero. (CORPOELEC, 2012).

CORPOELEC, mantiene un programa maestro de construcción aprobada desde el año 2001, correspondiente a todos los contratos destinados a la realización total del

proyecto, en el cual se han planteado fechas metas cuyo cumplimiento es necesario. El esquema de contratación para el Proyecto Tocomá, describe los hitos importantes que marcaron los procesos de contratación, de manera cronológica, organizada por la fecha en que tuvieron lugar estos hechos.

Dentro del programa maestro Tocomá, se encuentra el contrato civil principal, cuyo alcance es: “construcción de las estructuras principales de concreto, suministro e instalación de los equipos hidromecánicos, construcción final de la presa izquierda, construcción de la variante del ferrocarril y construcción de la plataforma para la Sub Estación Tocomá”, el cual está siendo ejecutada por el Consorcio OIV Tocomá; las empresas consorciadas son: Constructora Norberto Odebrecht S.A., Impregilo S.P.A., Vinccler, C.A. Venezolana de Inversiones y Construcciones Clérico, Compañía Anónima y CBPO Engenharia LTDA.

En cuanto al avance físico que presenta el Proyecto de la Central Hidroeléctrica “Manuel Piar” en Tocomá, hasta la fecha es de 80,44%.

Actualmente se requiere obtener y establecer las pautas necesarias para la correcta instalación de los equipos y elementos que conforman las compuertas del aliviadero de la Central Hidroeléctrica “Manuel Piar” en Tocomá, tomando en consideración las normativas internacionales, nacionales y propias de la empresa que sean convenientes para conseguir los objetivos propuestos en el montaje. Debido a que el desvío del río es un hito fundamental para la construcción de la Central Hidroeléctrica “Manuel Piar” en Tocomá, se requiere la utilización de una Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas, aguas arriba en el macro - componente Aliviadero para la instalación y maniobras de las compuertas en los ductos de desvío y las actividades de montaje y desmontaje de tapones.

El Consorcio OIV Tocomá posee la grúa que fue cedida por CORPOELEC y en principio se encontraba en la Central Hidroeléctrica “Caruachi”, la cual fue utilizada

en su construcción. La grúa estuvo fuera de servicio durante 5 años aproximadamente, las condiciones de operatividad eran precarias, por lo que hubo la necesidad de recuperarla mediante un programa de mantenimiento correctivo con el objeto único de ser utilizada para las maniobras de operatividad y maniobrabilidad de las compuertas de mantenimiento y tapones de los ductos de desvío.

No obstante, la recuperación no fue del todo completa, puesto que hay piezas o partes de la grúa que presentan algunas fallas evidentes, de igual forma tampoco se cuenta con un plan de mantenimiento de ningún tipo que pueda mantener el control de ella mientras se encuentra en operación. Entre algunas de las fallas se pueden mencionar: distorsión de la guaya, alambres fracturados, corrosión general, problemas con el sistema eléctrico de la grúa.

Es de suma importancia incrementar la vida útil y la confiabilidad de los equipos y por ende, reducir los riesgos de fallas, para ello se planifica, programa, coordina y ejecutan los mantenimientos correspondientes, siendo necesaria la intervención de un recurso humano especializado, la utilización de equipos especiales y de una infraestructura de mantenimiento acorde con los requerimientos del sistema.

Tomando en consideración la problemática anteriormente planteada, surgen las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuáles son las condiciones actuales y componentes de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas?
2. ¿Cuáles son las fallas potenciales que presenta la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas?
3. ¿Qué actividades se requieren para efectuar la repotenciación de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas?

4. ¿Cuáles son las acciones que se deben tomar a fin de controlar las tareas que conlleven a la repotenciación de la Grúa Pórtico de 250 Toneladas?

Dada la importancia del montaje y desmontaje de tapones y compuertas de mantenimiento y motivado a lo antes expuesto, se considera viable el diseño de un programa maestro para la repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, para efectuar la operatividad y maniobras en los ductos de desvío aguas arriba del aliviadero en el Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocomá.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Diseñar programa maestro para la repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas para efectuar maniobras de montaje y desmontaje de tapones y compuertas de mantenimiento en los ductos de desvío aguas arriba del macro-componente Aliviadero en el Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocomá. Municipio Angostura - Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

Diagnosticar las condiciones actuales y componentes de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas.

Determinar las fallas potenciales de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas.

Planificar las actividades necesarias para la repotenciación de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas.

Diseñar programa maestro y herramientas de control para la repotenciación de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas.

1.3 Justificación de la investigación

La siguiente investigación fue realizada, dada la importancia que representa el buen funcionamiento de la grúa pórtico provisional en las maniobras y operatividad de las compuertas de mantenimiento y tapones, con el objeto de crear algunas condiciones directas para cumplir con los hitos contractuales de las actividades del segundo desvío del río (05/04/12) y de sobre-elevación del embalse, se requiere como condición el cierre de los ductos de desvío del aliviadero, por lo que se hace necesario tener operativa a cabalidad la mencionada grúa.

Para ambos hitos contractuales, es necesaria la operatividad de la grúa objeto de estudio, por lo que se hace ineludible tener a disposición la documentación y especificaciones necesarias para su repotenciación y de esta manera contribuir con el personal calificado en el mantenimiento de ella a objeto de tener un instrumento guía que permita realizar de forma inmediata y económica la repotenciación propuesta.

Para la Universidad de Oriente, la presente investigación sirve de antecedente a posteriores investigaciones que se efectúen y se encuentren relacionadas al tema en estudio. De igual forma, permite a estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación académica, y de esa manera dar respuesta a problemáticas a presentarse en el campo laboral a través de investigaciones detalladas, favoreciendo así su desarrollo como profesional.

La investigación permite establecer las mejores prácticas de mantenimiento, tomar decisiones en cuanto a operación y frecuencia de mantenimiento, lo cual mejora los índices de confiabilidad y la continuidad del servicio de la grúa pórtico

provisional. A través de dicho estudio, se espera disminuir los costos por mantenimiento correctivo, prolongar la vida útil de los equipos e incrementar la seguridad de las personas que se encuentran directamente involucradas en la operación de la grúa.

1.4 Alcance de la investigación

La investigación se encuentra enmarcada en el macro-componente aliviadero en el Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocomá, y abarcó el diseño de un programa maestro para la repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, con el fin de efectuar maniobras de montaje y desmontaje de tapones y compuertas de mantenimiento en los ductos de desvío aguas arriba, mejorando así la función y habilidad de la grúa, relacionado con la seguridad y disponibilidad, previniendo sus fallos y minimizando el costo de mantenimiento.

La repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, es uno de los factores que compromete directamente otras actividades, así como también, los hitos para la ejecución y operatividad de la obra, es por esta razón que debió elaborarse un programa detallado y organizado con las actividades necesarias de repotenciación para mantener su desempeño y así disminuir las probabilidades de retraso, daños en los equipos o accidentes de cualquier índole, y cumpliendo con los estándares de calidad y eficiencia establecidos por la empresa, siendo esta función primordial de la repotenciación propuesta para una mejor instalación y funcionamiento del desarrollo del proyecto.

1.5 Limitaciones de la investigación

La limitación más resaltante de esta investigación, fue la dificultad para la obtención de datos, debido a la ausencia de un departamento de mantenimiento dentro

de las instalaciones de CORPOELEC en Tocomá, motivo por el cual no se encuentra a disposición información documentada sobre reparaciones, inspecciones, registros de fallas, así como también la carencia de los planos necesarios para el análisis estructurado de las especificaciones técnicas de la grúa.

La movilización directa en el macro-componente aliviadero representó otra de las limitantes, riesgos de accidente personales en la obra con respecto a la integridad física de quien realiza dicha investigación. Asimismo, la dedicación de profesionales encargados a tiempo completo a esta investigación, fué una limitante debido al cumplimiento de sus labores dentro de la empresa.

Es importante hacer énfasis, en el hecho de que no se pudieron obtener mayores detalles sobre datos económicos de las actividades planificadas para repotenciar, debido a políticas de privacidad de costos que posee el Consorcio encargado de la grúa objeto de estudio.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Reseña histórica de la empresa

La Corporación Venezolana de Fomento (CVF), fue creada en el año 1947, con el mandato, entre otros, de estudiar la potencialidad del país en materia hidráulica, y determinar la conveniencia de satisfacer la demanda nacional con plantas termoeléctricas o centrales hidroeléctricas. La CVF inició entonces un amplio programa de unificación del sistema eléctrico nacional, construyó plantas térmicas en las principales ciudades y amplió el sistema de transmisión para alimentar poblaciones vecinas. Además, ordenó los estudios del potencial hidroeléctrico de los ríos andinos Motatán, Chama y Uribante, y del Caroní, en Guayana.

Ya con los resultados de una evaluación preliminar que la CVF había ordenado a la firma norteamericana Burns & Roe INC, en el año 1949, el gobierno del General Marcos Pérez Jiménez se interesó en profundizar las investigaciones sobre la factibilidad de generar energía eléctrica aprovechando el potencial del río Caroní. La motivación inicial estaba orientada a asegurar la demanda energética que requería la planta siderúrgica a instalarse en Guayana, para la explotación de las minas de hierro de El Pao y Cerro Bolívar.

A principios de 1955 se definió el primer anteproyecto de construcción de la central hidroeléctrica Antonio José de Sucre (Macagua I), en el salto del mismo nombre, a filo de agua. En 1959 Comenzó a funcionar la primera de las seis unidades generadoras de esta central. Los primeros receptores del servicio eléctrico, fueron los habitantes de Ciudad Guayana (San Félix y Puerto Ordaz) y la Empresa Siderúrgica del Orinoco (SIDOR). En el año de 1960 comenzaron los estudios de factibilidad para la construcción de la central hidroeléctrica Simón Bolívar en Guri. (Figura 2.1).

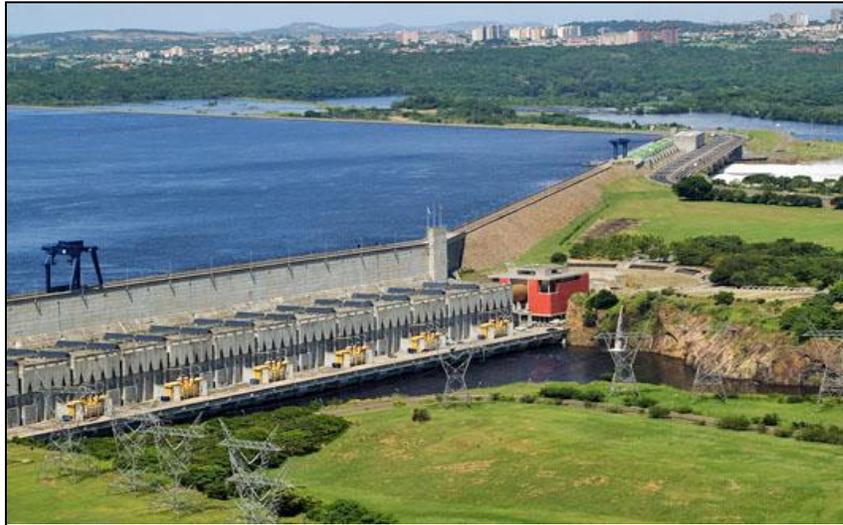


Figura 2.1 Central hidroeléctrica Antonio José de Sucre “Macagua”. (Intranet CORPOELEC, 2012).

El 23 de julio de 1963 se constituye formalmente la empresa CVG ELECTRIFICACIÓN DEL CARONÍ, C.A (CVG EDELCA), de acuerdo con el cumplimiento del artículo 31 del Estatuto Orgánico de la Corporación Venezolana de Guayana. Inicia sus operaciones con un capital de 514 millones de bolívares. Esta, surge con el fin de aprovechar al máximo el potencial hidroeléctrico del Caroní para poder abastecer las necesidades del país, en cuanto al suministro de energía eléctrica.

En aquel entonces, EDELCA era una empresa del estado al servicio de la colectividad nacional, organización líder en la prestación del servicio eléctrico comprometida con la conservación del medio ambiente, dotada de tecnología de vanguardia y conformada por un recurso humano competente, orientada a la obtención de adecuados índices de calidad, rentabilidad y eficiencia, que satisficieran los requerimientos de sus clientes, empleados, accionistas y proveedores.

El 8 de agosto de 1963, se firmó el contrato de la construcción de la Central Hidroeléctrica Simón Bolívar (Guri), situada en el cañón Necuima a unos 100 km de la Central Hidroeléctrica Antonio José de Sucre (Macagua). En ese mismo año

comenzó la construcción de la primera etapa de Guri, entrando en operación la primera unidad Francis en 1968 y la última en 1978. El proyecto Guri se concluye totalmente el 8 de noviembre de 1986, con una dotación de 20 unidades y capacidad para generar de 10.000 MW, convirtiéndose en aquel entonces en la central hidroeléctrica más grande del mundo después de Itaipú, localizada en la frontera entre Brasil y Paraguay, ubicada en el curso del río Paraná. En este mismo año, el Presidente de la República, Doctor Jaime Lusinchi, inauguró la central hidroeléctrica Simón Bolívar. Esta representa la culminación de un esfuerzo de 23 años de notable acción creadora, convirtiéndose esta central, por algunos años, la de mayor capacidad instalada en el mundo. (Figura 2.2).

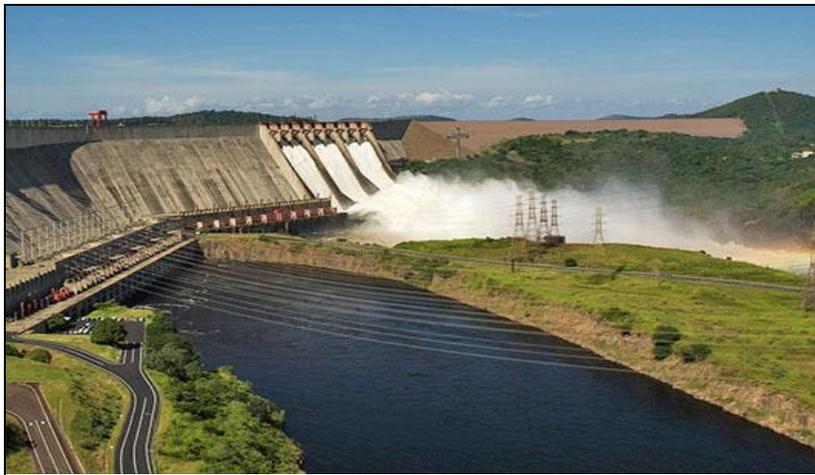


Figura 2.2 Central hidroeléctrica Simón Bolívar “Guri”.
(Intranet CORPOELEC, 2012).

Durante el año 1988 se firmó el segundo contrato (convenio) del Sistema Interconectado Nacional entre las compañías del ramo eléctrico, que son: CVG EDELCA, CADAPE, C.A., La Electricidad de Caracas y ENELVEN.

La década de los años 90 se inició con el primer desvío del río Caroní para la construcción de la Planta “Francisco de Miranda” (Caruachi), la cual complementa el desarrollo de un programa de tres presas en curso del Caroní, comprendido entre Guri

y Macagua aledaño a Ciudad Guayana, teniendo una capacidad instalada de 2430 MW.

El 23 de enero de 1997 se inaugura la actual Central Hidroeléctrica “Antonio José de Sucre”, denominada en aquel entonces “Complejo Hidroeléctrico 23 de enero”, en homenaje a la fecha insignia del sistema democrático venezolano, con la puesta en marcha de las etapas Macagua II y Macagua III.

Esta obra representa un aporte de 2.540 megavatios a la producción nacional de electricidad. En esa misma fecha CVG EDELCA firmó un acuerdo con la empresa Electronorte, con el objeto principal de suministrarle energía eléctrica a la Ciudad de Boa Vista, zona norte de Brasil.

En enero del año 2002 se iniciaron los trabajos preliminares del Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” (Tocoma), allí se realizó el inventario de los materiales geológicos para su reutilización durante la construcción de esta obra. Asimismo, se construyó la ataguía en la margen izquierda del río, para realizar el primer desvío hacia la margen derecha, y así poder iniciar la construcción de las obras principales.

El último gran logro de la empresa CVG EDELCA fue la construcción del Proyecto Hidroeléctrico “Francisco de Miranda” (Caruachi). Esta Represa fue inaugurada el 31 de marzo del año 2.006 con la puesta en marcha de la unidad número 12.

Este desarrollo consiste en la construcción de las presas de enrocamiento, y de una Central Hidroeléctrica con una capacidad instalada de 2.160 Megavatios y está situado a 25 kilómetros aguas arriba de la Central Hidroeléctrica “Antonio José de Sucre” (Macagua). En el mismo año se llevó a cabo el primer vaciado estructural fundacional de la Planta “Manuel Piar” (Tocoma). (Figura 2.3).



Figura 2.3. Central hidroeléctrica Francisco de Miranda. “Caruachi”.
(Intranet CORPOELEC, 2012).

En Julio del año 2007, en cumplimiento con el Decreto Presidencial N° 5330, CVG EDELCA se convierte en filial de la Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC), organización creada por el Estado Venezolano y cuyo capital está determinado y suscrito en 75% por la República Bolivariana de Venezuela, a través del Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo y 25% por Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA). En este año 2012, el Proyecto de la Central Hidroeléctrica “Manuel Piar” en Tocoma, ha tenido un avance físico programado de 88,61% y avance físico real de 80.44%; dichos valores hasta la fecha 11/10/2012.

Actualmente el país cuenta con una Ley Orgánica del Servicio Eléctrico, la cual se encuentra en proceso de revisión y destaca entre sus aspectos fundamentales la connotación de la energía eléctrica como un servicio público de acceso universal. En octubre del año 2007, bajo las resoluciones N° 190 y N° 276, se realizó la reorganización territorial para el ejercicio de la actividad de distribución de potencia y energía eléctrica. En febrero del año 2008 se designa la Junta Directiva de

CORPOELEC y en octubre del año 2009 se crea el Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica (MPPEE), bajo cuyo paraguas se adscribe a CORPOELEC. Este mandato, que se publicó como Decreto N° 6.991 en la Gaceta Oficial 39.294 del 28 de octubre, dispone que el titular de ésta cartera sea, a su vez, la máxima autoridad de CORPOELEC.

Con la posterior Ley de Reforma Parcial del Decreto, en agosto de 2010 (Gaceta Oficial N° 39.493), el estatus de fusión de las empresas cambia al de integración, la cual se cumplió el 31 de diciembre de 2011. También destaca en esta reforma el cambio de la denominación de Decreto con Rango y Fuerza de Ley, por la de Ley Orgánica de Reorganización del Sector Eléctrico.

2.2 Estructura organizativa de la empresa

Desde Julio del año 2007, según la Ley Orgánica de Reorganización del Sector Eléctrico (Decreto N° 5.330), en su artículo 02: “Se crea la Sociedad Anónima Corporación Eléctrica Nacional, CORPOELEC, S.A.; encargada de realizar las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de potencia y energía eléctrica”. Y en su artículo 06: las empresas deberán fusionarse en una persona jurídica única la (Corporación Eléctrica Nacional), en un plazo de tres (3) años.

La Corporación será la sucesora universal de todos los derechos y obligaciones de las empresas eléctricas fusionadas.

CORPOELEC, es una institución que reorganiza, unifica el sector eléctrico venezolano, a fin de garantizar la prestación de un servicio confiable, de calidad y eficiente, no excluyente y con sentido social. En la figura 2.4 se describe la estructura organizacional de Generación de la empresa CORPOELEC, para el año 2012.

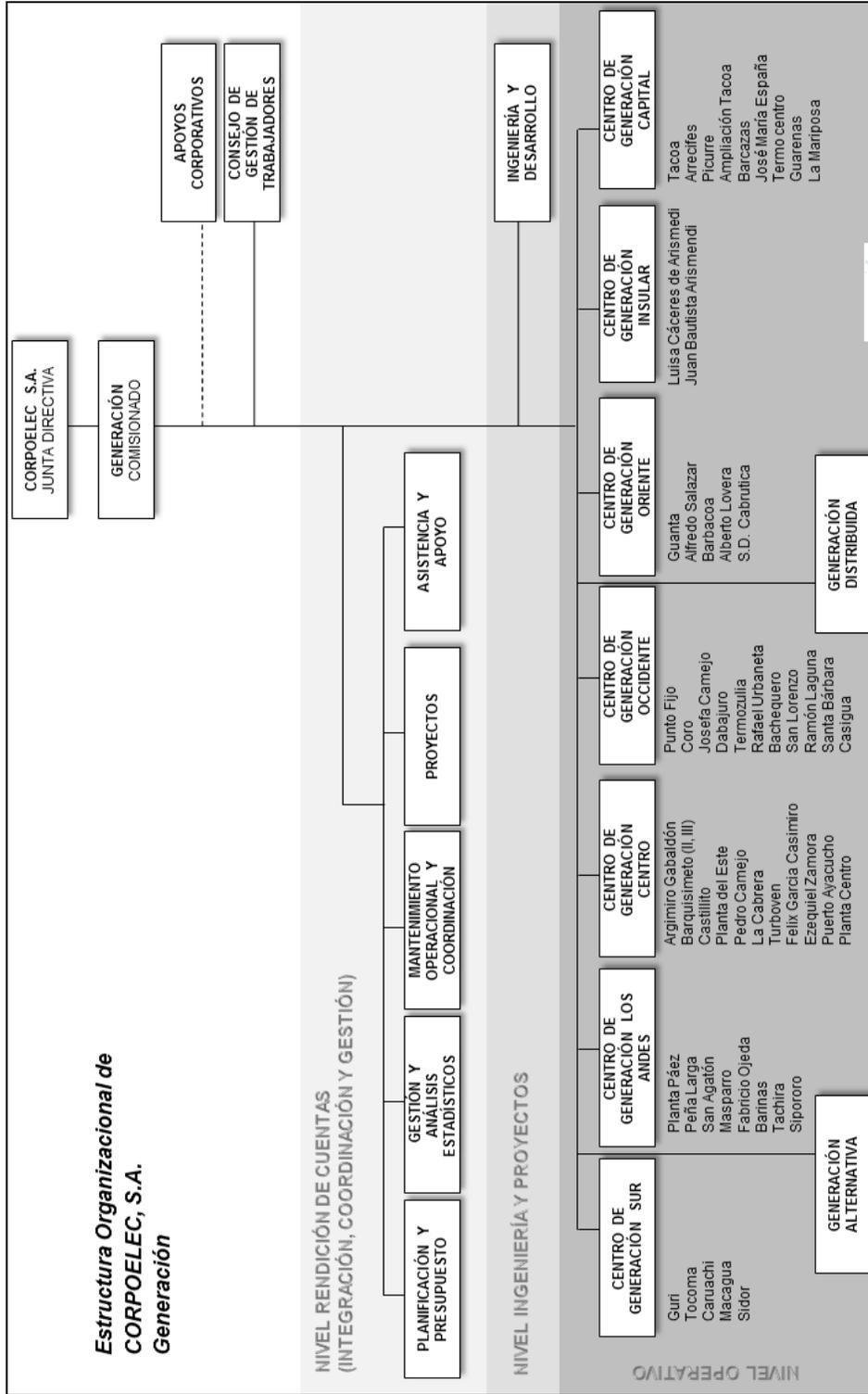


Figura 2.4 Estructura Organizativa de CORPOELEC. (CORPOELEC, 2012).

2.3 Misión

Desarrollar, proporcionar y garantizar un servicio eléctrico de calidad, eficiente, confiable, con sentido social y sostenibilidad, en todo el territorio nacional, a través de la utilización de tecnología de vanguardia en la ejecución de los procesos de generación, transmisión, distribución y comercialización del Sistema Eléctrico Nacional, integrando a la comunidad organizada, proveedores y trabajadores calificados, motivados y comprometidos con valores éticos socialistas, para contribuir con el desarrollo político, social y económico del país.

2.4 Visión

Ser una Corporación con ética y carácter socialista, modelo en la prestación de servicio público, garante del suministro de energía eléctrica con eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad financiera. Con un talento humano capacitado, que promueva la participación de las comunidades organizadas en la gestión de la Corporación, en concordancia con las políticas del Estado para apalancar el desarrollo y el progreso del país, asegurando con ello calidad de vida para todo el pueblo venezolano.

2.5 Valores

Ética Socialista: crear una sólida arquitectura ética de valores que conformen a la comunidad moral-socialista. En la recuperación de los valores éticos de todos los ciudadanos y ciudadanas de la organización.

Responsabilidad: cumplir en forma oportuna, eficiente y con calidad los deberes y obligaciones, basados en las leyes, normas y procedimientos establecidos,

con lealtad, mística, ética y profesionalismo para el logro de los objetivos y metas planteadas.

Autocrítica: atender una a una las necesidades de la organización y darle respuestas efectivas, eficientes, agotando todos los recursos en la solución de cada una de ellas.

Respeto: trato justo, digno y tolerante, valorando las ideas y acciones de las personas, en armonía con la comunidad, el ambiente y el cumplimiento de las normas, lineamientos y políticas de la Organización.

Honestidad: gestionar de manera transparente y sincera los recursos de la empresa, con sentido de equidad y justicia, conforme al ordenamiento jurídico, normas, lineamientos y políticas para generar confianza dentro y fuera de la organización.

Eficiencia: utilización óptima de los recursos disponibles de la empresa con el fin de obtener los resultados propuestos.

Compromiso: disposición de los trabajadores y la organización para cumplir los acuerdos, metas, objetivos y lineamientos establecidos con constancia y convicción, apoyando el desarrollo integral de la Nación.

El Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica (MPPEE), busca garantizar una articulación eficiente del sector a través de los procesos de generación, transmisión, distribución, y comercialización a cambio de garantizar un suministro seguro y confiable de energía y potencia, perfilándose como una oportunidad de mejorar la planificación integrada y coordinada de los sistemas en operación y en desarrollo.

2.6 Generación

El parque de generación del Sistema Eléctrico Nacional, asciende a unos 24.000 megavatios de capacidad instalada y está conformado por un significativo número de infraestructuras, localizadas en su mayoría, en la región de Guayana, donde funcionan los complejos hidroeléctricos más grandes del país. Éstos ofrecen más del 62% del potencial eléctrico que llega a hogares e industrias de toda la Nación. Otro 35% de la generación de electricidad proviene de plantas termoeléctricas, y casi un 3% corresponde al sistema de generación distribuida, conformada por grupos electrógenos. Esto ha sido posible, gracias al rescate del parque de generación por parte de la Corporación Eléctrica Nacional, que viene de sufrir más de dos décadas de desinversión, lo que le ha proporcionado fragilidad al sistema eléctrico.

2.7 Gerencia de Ingeniería y Proyectos de Expansión de Generación Oriente (GIPO)

Está definida como la unidad operativa que tiene la responsabilidad de llevar a cabo la construcción de las centrales hidroeléctricas de CORPOELEC, así como el mantenimiento de las instalaciones físicas de ellas, con el objeto que, una vez culminada la planta, ésta pase a formar parte como unidad operativa de producción, a través de la generación, transmisión y comercialización de la energía eléctrica. (Figura 2.5).

Para lograr su misión, la GIPO lleva a cabo un trabajo coordinado con las cuatro superintendencias siguientes que la integran:

1. Estudios e Ingeniería de Expansión.
2. Construcción e Inspección de Obras Civiles.
3. Construcción e Inspección de Instalaciones Electromecánicas.
4. Soporte de Gestión de Proyectos.

2.7.1 Objetivo

Desarrollar la expansión del sistema de generación de energía eléctrica, a través de la ingeniería de los proyectos y la ejecución de las obras de generación en el oriente del país, en armonía con el ambiente, a fin de disponer de la capacidad de generación planificada, para satisfacer la demanda eléctrica nacional y contribuir con el bienestar social; cumpliendo con los parámetros de seguridad, calidad, costo y oportunidad.

2.7.2 Funciones

1. Desarrollar los estudios de ubicación de posibles sitios de generación hidroeléctrica y termoeléctrica asignada a la Ingeniería y Proyectos de Expansión de Generación Oriente, de acuerdo a los lineamientos establecidos por Planificación CORPOELEC.

2. Desarrollar los proyectos hidroeléctricos y termoeléctricos asignados a la Ingeniería y Proyectos de Expansión de Generación Oriente, para expandir la capacidad de generación del sistema.

3. Desarrollará la Ingeniería básica y la Ingeniería de detalle de los proyectos de generación hidroeléctrica y termoeléctrica.

4. Desarrollar detalladamente los estudios de ingeniería para la gestión de diseño y fabricación de piezas electromecánicas requeridas en la construcción de las obras.

5. Desarrollar los estudios para el diseño de los esquemas de ingeniería requeridos por la empresa para el desarrollo de las obras.

6. Ejecutar los proyectos de generación, montaje de equipos y sistemas e instalaciones, inspeccionar las obras y ejecutar las pruebas de aceptación.

7. Gestionar las Obras de Ingeniería y Proyectos de Expansión de Generación Oriente, a fin de controlar y hacer el respectivo seguimiento a la ejecución de cada uno de los proyectos, administrando los contratos y preparando la ejecución del Proyecto.

8. Preparar la ejecución del proyecto, tramitando permisología, gestionando avalúos y recuperaciones ecológicas, servicios topográficos de las obras de Ingeniería y Proyectos de Expansión de Generación Oriente.

9. Gestionar la elaboración de los planos como construidos de las Obras de Generación.

10. Mejorar continuamente los procesos, conforme a los lineamientos establecidos a través de la capacitación continua del personal de la organización, resaltando los parámetros de calidad y oportunidad establecidas por la organización.

11. Cualquiera actividad relacionada con el objetivo de la unidad y que contribuya al desarrollo profesional del personal y por ende al desarrollo de la organización.

12. Gestión de las actividades y temas relevantes de Ingeniería y Proyectos de Expansión de Generación Oriente.



Figura 2.5 Estructura Organizativa de la GIPO. (CORPOELEC, 2012).

2.8 Departamento de Control y Seguimiento de Proyectos

El objetivo de este departamento es controlar los proyectos de la Gerencia de Ingeniería y Proyectos de Expansión de Generación Oriente, a través de la planificación, programación, fijación de metas, registro de avance físico y control de la gestión, para mantener los proyectos dentro de los parámetros de tiempo y costos determinados. Las funciones del departamento se mencionan a continuación:

1. Consolidar la información de los planes y programas de los proyectos a cargo de la Gerencia de Expansión de Generación Oriente.
2. Realizar la gestión de los proyectos, mediante el seguimiento y control.

3. Revisar y evaluar los programas de obras, suministros y servicios profesionales, comparándolos con los programas establecidos por cada proyecto para determinar posibles desviaciones.

4. Elaborar redes lógicas detalladas de los proyectos o de sus componentes en función de las metas previstas y de los recursos disponibles, identificando las actividades críticas dentro de cada programa para su correspondiente seguimiento y control.

5. Asegurar el cumplimiento de las disposiciones contractuales en cuanto al desarrollo y finalización de las obras y analizar las solicitudes de prórroga presentadas por los contratistas de obras, suministros y servicios profesionales de los proyectos de ingeniería y expansión Oriente.

6. Emitir periódicamente reportes de seguimiento y control que reflejen el desarrollo real de los proyectos.

7. Emitir informes de gestión que reflejen el cumplimiento de las metas del plan corporativo y estratégico.

8. Analizar y dar respuesta a los temas relacionados con el área de planificación, programación seguimiento, control y evaluación de los proyectos.

9. Registrar la información resaltante de cada proyecto en cuanto a programas de ejecución, tipos de contratos, horario de trabajo, relaciones laborales, solicitudes de prórroga y financiamiento, entre otros.

2.8.1 Descripción de cargos del Departamento de Control y Seguimiento de Proyectos

- **Coordinador de Proyectos:** coordinar y asistir al Jefe del Departamento y al personal de la Dirección de Construcción en las áreas de planificación, programación, estimaciones de costos y control de gestión con el objeto de asegurar la calidad de los procesos, la calidad y la oportunidad de la información y la correcta aplicación de las normas y estándares aplicables a la gerencia de proyectos.
- **Planificador Controlador de Proyectos:** participar en el desarrollo y control de planes, programas, estimaciones de costos e informes para las obras y proyectos de generación y transmisión, con el fin de proporcionar información básica pertinente para la toma de decisiones que asegure el cumplimiento de las metas establecidas por la empresa en cuanto a tiempo y uso de recursos, de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos para tal fin. (Figura 2.6).

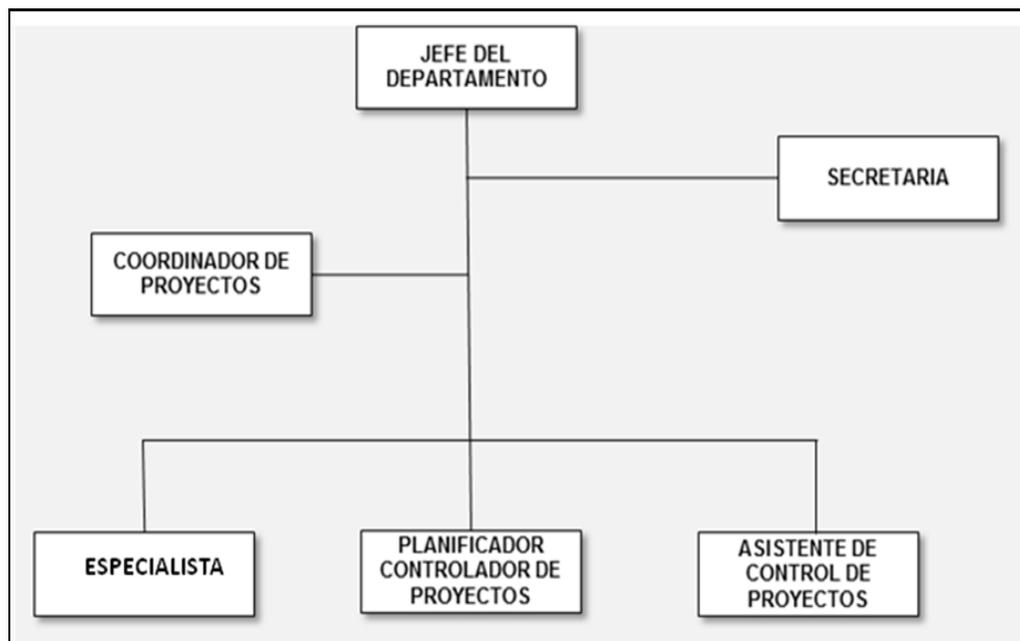


Figura 2.6 Estructura Organizativa del Departamento de Control y Seguimiento de Proyectos. (CORPOELEC, 2012).

- Especialista: programar, coordinar y participar en estudios e investigaciones en materia relacionada con su área de experticia, con el fin de producir soluciones prácticas y recomendaciones técnicas que apoyen a su Unidad en la toma de decisiones o para la optimización de los procesos y la gestión, siguiendo los objetivos definidos por su Unidad y las normas y procedimientos de la empresa.
- Asistente de Control de Proyectos: participar en la elaboración de planes, programas, estimación de costos, informe de proyecto y de gestión, así como en la verificación del control de producción y productividad que ejecuta la Dirección de Construcción, con el fin de proporcionar información de base para la toma de decisiones en la administración y control de los proyectos, siguiendo las normas y políticas establecidas para tal fin.

2.9 Descripción general del Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocomá

El Proyecto “Manuel Piar” en Tocomá, es el último de los desarrollos hidroeléctricos que constituyen el aprovechamiento del complejo Hidroeléctrico del Bajo Caroní, conjuntamente con las centrales “Simón Bolívar” (Guri), “Antonio José de Sucre” (Macagua) y “Francisco de Miranda” (Caruachi) en operación comercial.

Este Proyecto permitirá aprovechar el resto de la energía aún sin explotar del Bajo Caroní, utilizando de manera óptima la capacidad de regulación que ofrece el embalse de Guri. Está ubicado a unos 15 Km. aguas abajo de la Central Hidroeléctrica “Simón Bolívar” (Guri), entre la población de Río Claro y la Serranía de Terecay.

El acceso terrestre al sitio del Proyecto “Manuel Piar” en Tocomá, se realiza desde la Carretera Nacional de acceso a Guri, aproximadamente seis kilómetros antes de la alcabala de entrada a la Central Hidroeléctrica “Simón Bolívar” (Guri). El acceso tiene 6,7 km. hasta el sitio de la obra.

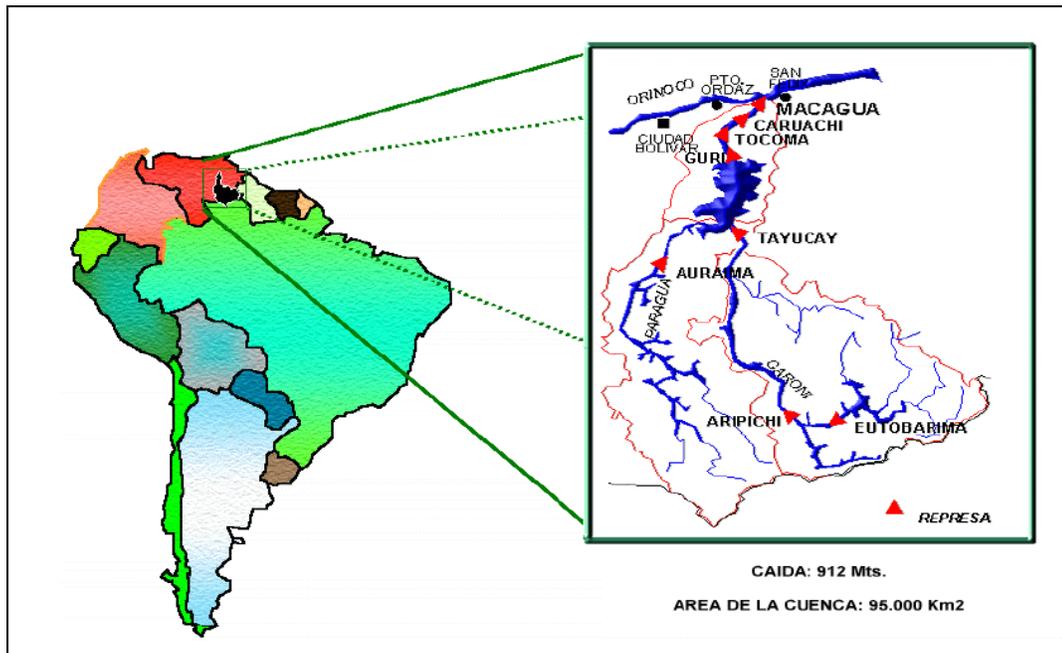


Figura 2.7 Ubicación Geográfica del Proyecto “Manuel Piar” en Tocomá. (Intranet de CORPOELEC, 2012).

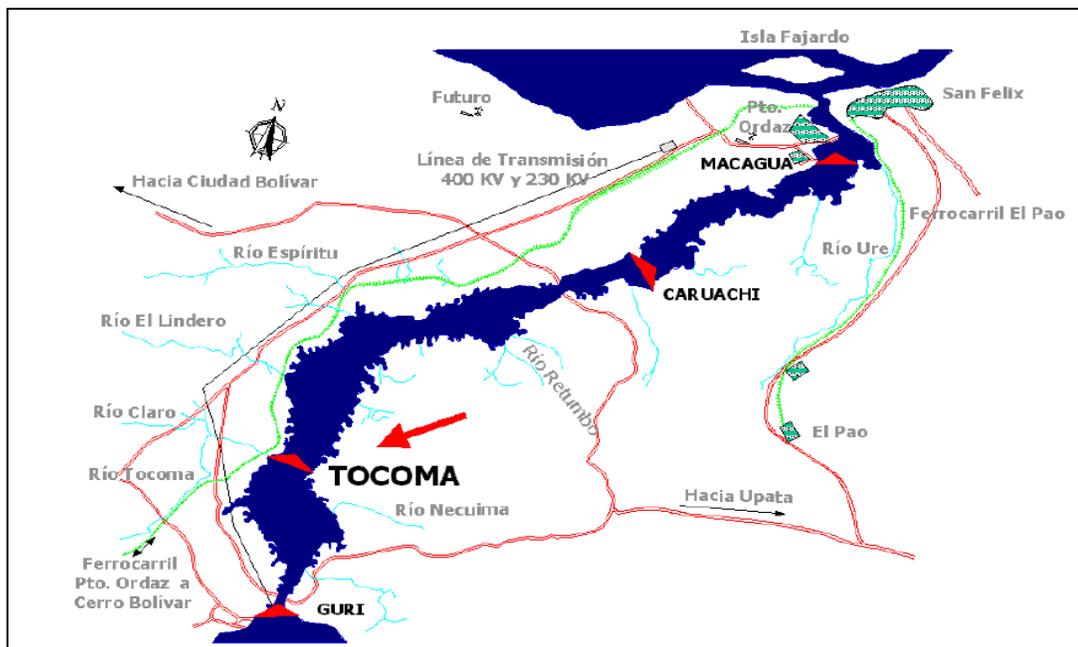


Figura 2.8 Ubicación del Proyecto “Manuel Piar” en Tocomá en el Bajo Caroní. (Intranet de CORPOELEC, 2012).

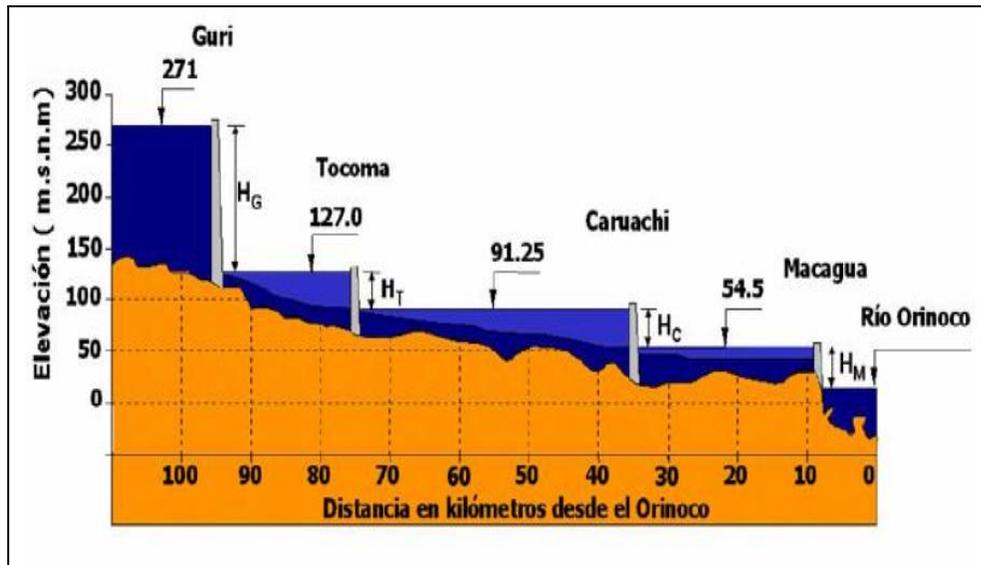


Figura. 2.9 Perfil longitudinal de los Proyectos en el Bajo Caroní.
(Intranet de CORPOELEC, 2012).

En las figuras 2.7, 2.8 y 2.9 se muestra la ubicación relativa de los distintos sitios de presa ubicados en la cuenca del Caroní, la ubicación más detallada de los sitios de Presa en el Bajo Caroní, así como la escalera de elevaciones correspondientes a los embalses de cada uno de los proyectos del bajo Caroní y el nivel fluctuante del río Orinoco. Asimismo, se muestra la distancia progresiva respecto a la desembocadura en el río Orinoco para cada uno de los sitios de presa de los Proyectos del Bajo Caroní.

En la actualidad, el conjunto de las Centrales: Guri/Macagua/Caruachi entrega una energía promedio de 76.440 GWh/año. El Proyecto de la Central Hidroeléctrica “Manuel Piar” en Tocolma, completará el desarrollo del potencial energético del bajo Caroní con una energía promedio anual de 12.060 GWh/año, siendo una de las mejores bondades de este proyecto la poca fluctuación de los niveles, tanto aguas arriba como aguas abajo, que beneficiará a la generación de una mayor cantidad de energía firme. El Proyecto consta de diez (10) unidades generadoras, las cuales tendrán una potencia de aproximadamente 216 MW cada una, para un total de 2.160

MW de capacidad instalada. En el segundo trimestre de 1998 se dio inicio al Proyecto “Manuel Piar” en Tocomá, con el proceso licitatorio del Contrato Preliminar que incluía en su alcance “La Construcción de Ataguías, Excavación para las Estructuras Principales y Construcción Parcial de las Presas de Enrocamiento Izquierda con pantalla de concreto y de la Presa de Tierra y Enrocamiento Derecha”.

Para reiniciar el Proyecto “Manuel Piar” (Tocomá), se consideró necesario esperar nuevas condiciones tanto para EDELCA como para el país, así como, la implantación de la nueva ley del sector eléctrico y la aparición de nuevos factores en el campo de la generación; así mismo, la estrategia de establecer un esquema de contratación basado en un número reducido de contratos. En consecuencia el proceso de licitación del contrato preliminar para las perforaciones exploratorias y sus obras asociadas fue completado en diciembre de 2001, ejecutándose las obras entre enero de 2002 y mayo de 2003. El 03 de julio de 2003 se firmó el segundo contrato de obras, “Excavación de las Estructuras Principales y Construcción Parcial de la Presa Izquierda” y se dio inicio a los trabajos a principios del mes de agosto de 2003.

El Proyecto “Manuel Piar” (Tocomá), es el último proyecto en el programa de desarrollo del Bajo Caroní y contará con una capacidad instalada del orden de 2160 MW. El aumento del consumo de energía eléctrica en el país exige esfuerzos sostenidos de inversión para atenderlo de manera satisfactoria.

2.9.1 Caracterización del Proyecto “Manuel Piar” (Tocomá)

Su estructura geológica principal es la falla de El Pao, ubicada entre el Cañón de Necuima y la prolongación del río Claro hacia la Serranía de Terecay. La extensión de esta falla es de aproximadamente 200 km, con un ancho de unos siete kilómetros aguas arriba del sitio. El río Caroní aporta caudales anuales promedio de 4.824 m³/s, habiéndose registrado una creciente máxima de 17.576 m³/s y un gasto mínimo de 188 m³/s.

2.9.1.1 Descripción de los macro-componentes

Los componentes principales que conforman el Proyecto Tocomá son los siguientes, incluyendo todos los equipos electromecánicos asociados:

2.9.1.2 Presa de enrocamiento izquierda

La presa de enrocamiento izquierda contará con una pantalla de concreto y estará fundada sobre roca. Se tiene previsto construir una presa de enrocamiento con pantalla de concreto, por la necesidad de utilizar los materiales provenientes de las excavaciones requeridas para las estructuras principales y el canal de descarga y por la dificultad de disponer de material arcilloso en cantidades suficientes, en la margen izquierda. La utilización de suelos en la margen izquierda estará asociada al acarreo de materiales desde préstamos ubicados aguas arriba de la presa izquierda.

2.9.1.3 Presa principal (casa de máquinas)

La presa principal estará conformada por seis (6) monolitos dobles de 60 m de ancho, 5 de los cuales contendrán las estructuras de toma y el restante a la nave de montaje. La presa principal tendrá una altura de 65 m y una longitud de 360 m. En la cresta, cuya elevación será de 130,00 m.s.n.m. y a todo lo largo de las presas, está prevista una carretera de servicio.

La casa de máquinas, integrada a la estructura de Toma, estará constituida por cinco (5) monolitos de 60 m de ancho cada uno, que albergarán a diez (10) unidades generadoras (2 Unidades por monolito). La casa de máquinas cumplirá además la función de presa principal. La junta de contracción que separa a cada monolito estará parcialmente provista de trabas para optimizar su comportamiento estructural si se requiere. Adicionalmente, la casa de máquinas incluirá en su extremo derecho, al edificio de operación y control. En la página anterior está ilustrada la sección

transversal de la casa de máquinas con los equipos electromecánicos principales. (Figura 2.10).

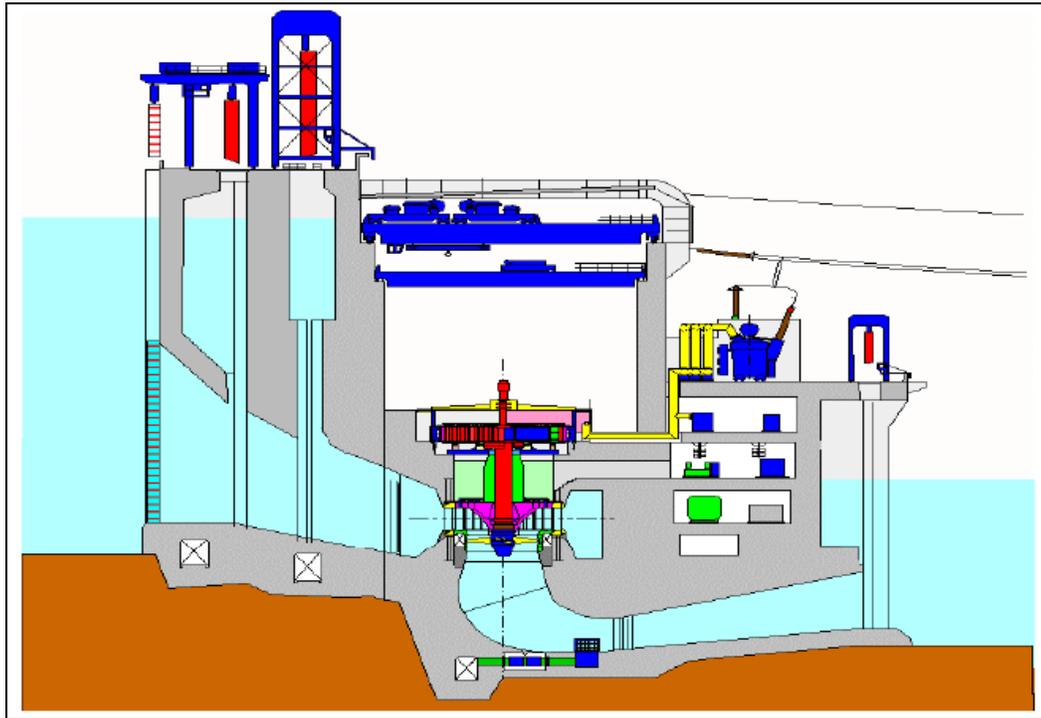


Figura 2.10 Sección transversal de una unidad de la casa de Máquinas. (CORPOELEC, 2012).

2.9.1.4 Presas de Transición

La presa de transición izquierda estará ubicada entre la presa de enrocamiento con pantalla de concreto y la nave de montaje; constará de tres (3) monolitos de los cuales dos (2) tendrán 18 m cada uno y uno de 30 m de ancho, medidos a lo largo de la línea base. La presa de transición intermedia estará ubicada entre la casa de máquinas y el aliviadero, tendrá una longitud de 70 m y constará de tres (3) monolitos, uno (1) de ellos en forma de “cuña”. La presa de transición derecha, ubicada entre el aliviadero y la presa de enrocamiento derecha, constará de cinco (5) monolitos transversales de geometría variable.

2.9.1.5 Aliviadero

El aliviadero tendrá una capacidad de descarga de 28.750 m³/s, con una longitud de 175,86 m, nueve (9) compuertas radiales con descarga de superficie de 15,24 m de ancho por 21,66 m de altura, con la ojiva a la elevación 106,30 m y 18 ductos de fondo de 5,50 m de ancho por 9,00 m de altura. (Figura 2.11).

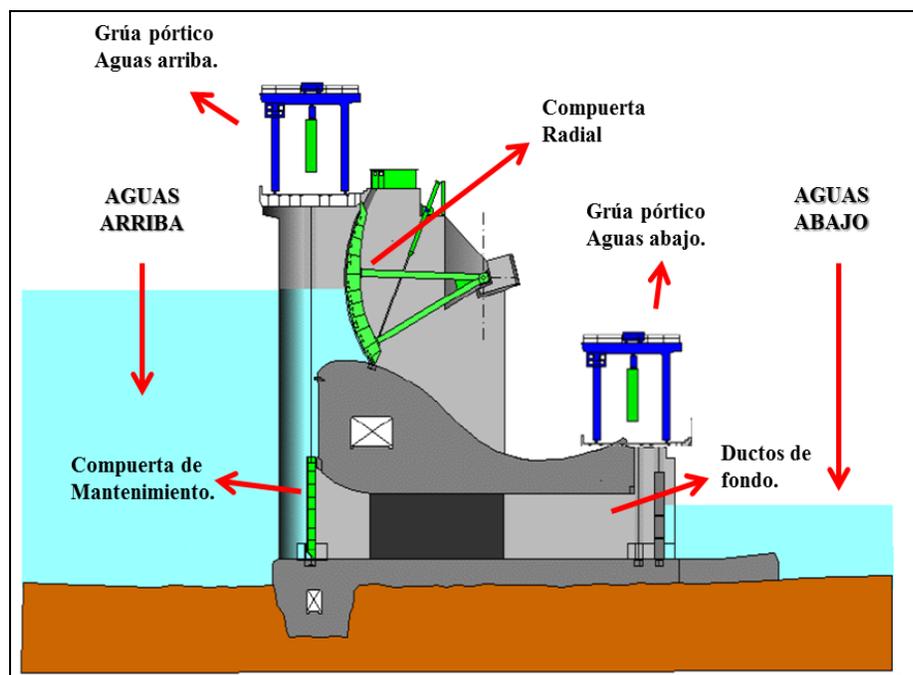


Figura 2.11 Sección transversal del Aliviadero.
(CORPOELEC, 2012).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

A fin de cumplir con los objetivos propuestos para el Trabajo de Grado, fue necesario recurrir a diversas fuentes de información que a continuación se presentan:

González, Edgar (2012), “Diagnostico del Sistema de Gestión de mantenimiento preventivo mecánico de la Línea de Limpieza Electrolítica 1 de la Planta de Laminación en Frío en la Empresa Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” SIDOR”. Concluye que: para mantener operativos los equipos por más tiempo es necesario cumplir con las medidas correctivas establecidas, realizando seguimiento a su cumplimiento, realizar pronto cambio de piezas desgastadas, y definir con el personal operativo los espesores máximos y mínimos a procesar a fin de evitar sobrecarga, de esta manera se puede mantener la tendencia de disminución de demoras que se viene presentando y lograr cumplir con las metas establecidas.

El presente trabajo de investigación se relaciona con la mencionada investigación, puesto que es de gran importancia programar actividades de mantenimiento en equipos en los cuales se sabe que tienen tanto tiempo en uso, más en el caso de la grúa pórtico de 250 Toneladas que paso 1 año es estado de inoperatividad, es por ende que se le debe hacer mayor énfasis en la revisión periódica de cada una de sus piezas, a fin de procurar la operatividad del equipo que es de mayor relevancia para la continuidad de las maniobras de las compuertas de mantenimiento y tapones en el macro-componente Aliviadero.

Figuroa, Yetsiret y Ramos, Jorge (2011), “Evaluación por medio de un Análisis de Modo y Efectos de Fallas (AMEF) del proceso de elaboración de virolas de la

Empresa Calpre S.A.”. En su investigación realizada: se pudieron determinar cuatro (4) posibles causas principales que generan fallas al proceso de elaboración de virolas afectando así la productividad estas son materia prima, mano de obra, maquinaria y métodos. Para solucionar, reducir o prevenir estas fallas se elaboró una planificación de actividades de mantenimiento para las máquinas calandra de virola y el troquel de 45 Toneladas que garanticen el buen funcionamiento de las mismas, y que contribuyan al mejoramiento del proceso y calidad del producto. Estas actividades están representadas por verificaciones, inspecciones, limpiezas, lubricaciones y cambios de algunos componentes de las máquinas.

En relación con el trabajo mencionado, en la presente investigación también es de gran importancia realizar un análisis de modo y efecto de fallos (AMEF), con el objeto de determinar cuáles son las piezas o elementos estructurales de la grúa que han presentado mayor cantidad de fallos, causando de alguna u otra forma un retraso en la continuidad de las actividades a realizar con ella.

Martínez, Keyla (2010), “Análisis de fallas aplicado a los equipos de carga tipo Scoop de Mina Isidora – Valle Norte, perteneciente a la empresa Minera Venrus, C.A.” Señala: de un buen mantenimiento depende, no sólo un funcionamiento eficiente de los equipos, sino que además, es preciso llevarlo a cabo con rigor para conseguir otros objetivos como son el control del ciclo de vida de los mismos sin disparar los presupuestos destinados a mantenerlas. La investigación anterior se relaciona con el tema en desarrollo, en cuanto a que se debe mantener un constante control a la Grúa por parte del personal calificado, a fin de detectar cualquier anomalía que pueda afectar la operatividad del equipo durante la ejecución de su proceso así como también reducir los costos por mantenimiento correctivo, y de esta forma poder cumplir con las fechas meta de la obra.

Yerovi, Raúl (2008), “Evaluación del uso de la Grúa Pórtico PA 1-20 para la optimización del proceso de rehabilitación en el Departamento de Mantenimiento de

Vías de la Gerencia de Ferrocarril en CVG Ferrominera Orinoco”. Concluye que: existe una variante en el uso, posicionamiento y viaje del equipo en el área de trabajo lo cual implica una demora innecesaria. Se recomendó ejecutar la solicitud obligatoria de la licencia del software de instalación de la Grúa Pórtico así como para su chequeo y detección de fallas. Reasignar al personal del cual se prescinde por el uso de la grúa hacia otras actividades del proceso.

La investigación anterior se relaciona con el tema en desarrollo, puesto a que la correcta operación de la Grúa, permitirá la trascendencia del equipo en el tiempo, siempre y cuando puedan atenderse a tiempo las fallas potenciales, y de ser necesario el reemplazo de piezas para la mejora de su funcionamiento.

Martínez, Jesús (2008), “Estudio de las nuevas metodologías constructivas para la optimización programática del Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocoma, Municipio Raúl Leoni, Estado Bolívar”. Concluye: dado que los hitos principales del proyecto están asociados a la culminación de los trabajos en la estructura del aliviadero y casa de máquinas, se determinó el impacto programático existente en los ejecución de los trabajos de ambos macro-componentes, encontrándose para el aliviadero un atraso de 35% (9 meses) y para la casa de máquinas un porcentaje de atraso físico en el orden de 7% (5,60 meses); estas observaciones permitieron concluir que el programa de trabajo debe someterse a revisión con la finalidad de conservar las fechas de los hitos como son el segundo desvío del río para marzo del 2010 y la puesta en operación comercial de la primera unidad prevista para julio de 2012.

Las pilas que conforman el aliviadero, se caracterizan por ser construcciones típicas para el resto del proyecto, y además es una estructura crítica dado que viene restringida por la realización del desvío del río. La Grúa Pórtico de 250 Toneladas, es requerida para el cumplimiento de las actividades de desvío y sobre-embalse del río, por lo cual se necesita que se encuentre en óptimas condiciones a fin de evitar

demoras en la obra, es por esta razón que la investigación anterior guarda estrecha relación con la presente investigación.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Centrales Hidroeléctricas

Según Wikipedia Foundation, Inc. (2012). Una central hidroeléctrica puede ser diseñada como un conjunto de obras y equipamientos cuya finalidad es la generación de energía, a través del aprovechamiento del potencial hidráulico existente en un caudal de agua. El potencial hidráulico es proporcionado por el flujo hidráulico y por la concentración de los desniveles existentes a lo largo del curso de un río. Esto puede dar:

- De manera natural, cuando el desnivel está concentrado en una catarata.
- A través de una presa, cuando pequeños desniveles son concentrados en la altura de la presa.
- A través del desvío del río de su lecho natural, concentrándose los pequeños desniveles en ese desvío.

3.2.2 Funcionamiento de una Central Hidroeléctrica

Según Wikipedia Foundation, Inc. (2012). Entre los niveles: aguas arriba, el cual se genera por la construcción de un muro que represa el cauce de un río formando un embalse, y el nivel aguas abajo; se coloca la turbina que será movida por el descenso o caída del fluido, que pasa por una tubería forzada, hasta chocar con los álabes o hélices de la turbina esto produce una rotación que a través de un eje transmite a un generador y se produce energía eléctrica; una vez que el agua pasa por la turbina hidráulica es restituida al lecho natural del río, a través del canal de descarga; con esto se quiere decir que se utiliza la energía potencial del agua

represada para convertirla, primero en energía mecánica, haciendo que la turbina gire, y luego, cuando gira el generador que está acoplado mecánicamente a la turbina, la energía mecánica es transformada en energía eléctrica. La energía así generada es conducida a través de cables o barras conductoras de los terminales del generador hasta el transformador elevador, donde su tensión (voltaje) es ascendida para la adecuada conducción, a través de líneas de transmisión, hasta los centros de consumo.

El proceso de transformación de energía toma en consideración un factor importante: la caída de agua. Dicho factor es decisivo para la selección de la turbina, ya que para una caída alta (entre 800 a 2000 pies) se requiere una turbina para alta presión, de impulso o tipo Pelton, si la caída es intermedia (entre 200 y 800 pies), entonces se escoge una turbina de reacción tipo Francis y para caídas bajas (menores de 200 pies) se utiliza una turbina de reacción tipo Kaplan.

3.2.3 Grúas

Según Richard Sousa (2003), Son máquinas fijas o móviles, destinadas a la elevación y desplazamiento (traslación y rotación de cargas reunidas y aseguradas por medio de un gancho, cubeta, cajones, garras, incluyendo las grúas automáticas y electroimanes para el transporte de materiales).

Las grúas son unas de las principales máquinas que se utilizan para grandes construcciones, etc. Permite el traslado de forma vertical y horizontal de los materiales o cargas. Las grúas además de levantar una gran cantidad de peso, deberán siempre estar en equilibrio. Para esto posee un dispositivo que es utilizado para mantenerlo firme, esto es posible gracias a los apoyos que tienen.

3.2.4 Tipos de grúas

Según Richard Sousa (2003), las grúas pueden dividirse de la siguiente forma:

3.2.4.1 Grúas Torre

Las grúas torre son utilizadas para elevar y distribuir las cargas, ya que poseen un gancho que cuelga de un cable, lo cual se desplaza por un carro a lo largo de una pluma. Estas grúas poseen un soporte giratorio que se ajustan sobre la parte superior de una torre vertical y la parte inferior se une a la base de esta. Son utilizadas generalmente en las construcciones, está compuesta por un brazo que gira horizontalmente, por una torre metálica, y por los motores de elevación, orientación y transportación de las cargas.

3.2.4.2 Grúas de Brazo Horizontal

Las grúas de brazo horizontal tienen ventajas importantes cuando la función del equipo de manejo es mover materiales solamente dentro de los límites estrechos de una determinada de trabajo. El área barrida por estas grúas es generalmente el sector descrito por la longitud de su brazo. Estas grúas se utilizan generalmente para elevar cargas pesadas.

3.2.4.3 Grúas de Pescante

Consiste de una viga Doble T horizontal fija en uno de sus extremos a un elemento vertical o columna de soporte. De la Viga cuelga una señorita o polipasto que constituye el mecanismo de alzar. Estas se utilizan en fábricas y talleres de reparaciones y construcción. Su capacidad de carga varía desde 2 hasta 25 T, con radios hasta de 25' (7.65m).

3.2.4.4 Grúas Pórtico

Una grúa pórtico es una máquina de elevación, de movimientos discontinuos destinado a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho. Las

grúas pórticos tienen 4 puntos de apoyo en el suelo, desplazándose sobre ruedas por carriles de rodadura en superficies o empotrados.

El no necesitar de estructura de soporte, las hace especialmente indicadas para el trabajo en espacios diáfanos o a la intemperie.

Las grúas pórtico, por otro lado pueden operar en un área limitada, lo que significa no tener que inhabilitar carriles en la vía, ni tener restricciones mientras se está trabajando. Estas grúas pueden operar con generadores diesel y ser manejados con mandos a distancia, requieren de menos operarios y trabajadores, lo cual resulta en costos operativos más bajos, una mayor productividad y un manejo seguro de las cargas. Estas grúas son diseñadas para cada trabajo en particular, así que las dimensiones de la zona del trabajo raramente son un problema. También ofrece ventajas sobre la grúa torre y las grúas pluma, en el caso de vías en particular aquellas que están siendo rehabilitadas que no pueden soportar cargas muertas considerables, las pórticos imponen cargas significativamente menores, son hasta en un 90% más livianas.

La grúa puente consta de un elemento portador formado por una o dos vigas móviles, apoyadas o suspendidas, sobre las que se desplaza el carro con los mecanismos elevadores. La grúa pórtico difiere de la grúa puente en que los rieles de desplazamiento están en un plano horizontal muy inferior al del carro.

❖ Generalidades: se requieren cuatro grúas pórtico para la Casa de Máquinas integrada y el Aliviadero, para el manejo, colocación y remoción de las compuertas de toma, compuertas de mantenimiento, rejas, compuertas de los tubos de aspiración y las compuertas de mantenimiento del aliviadero y sus equipos asociados. Tres de las grúas estarán localizadas en tope de la estructura de las tomas en la El. 130,00 y la otra se ubicará sobre la plataforma de transformadores en la El. 97,50.

3.2.5 Grúa pórtico provisional 250 Toneladas

Según especificaciones técnicas del contrato Volumen IIC del proyecto Tocomá (2005). La grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, se utilizará para la colocación, remoción y manejo de compuertas de mantenimiento provisionales durante la fase de desvío del río y cierre de ductos del aliviadero. Es del tipo pórtico desplazable, operada eléctricamente desde una cabina de control, provista de cuatro patas. Esta posee 5,80 m de luz y dispone de un solo winche el cual es fijo. Fue diseñada para trabajar en la construcción de centrales hidroeléctricas (aguas arriba), sin embargo, si a futuro se quiere emplear para otro tipo de función se tendría que hacer algunos cambios por muy parecidos que sean los trabajos a realizar.



Figura 3.1 Grúa pórtico provisional de 250 Toneladas (CORPOELEC, 2012).

❖ Capacidad:

Velocidad de Elevación: 0 – 2 m/min.

Altura de Elevación: 65 m.

❖ Winche de Elevación

Capacidad: 250 Toneladas

Velocidad de Elevación: 0 – 8 m/min.

Altura de Elevación: 65 m

❖ Mecanismo de Avance del carro:

Velocidad de Avance: V – 0 – 10 m/min.

❖ Mecanismo de traslación de la Grúa:

Velocidad de traslación: V = 0 – 15 m/min

Ancho de vía del carro: 5.8 m

Largo vía de la Grúa: 180 – 200 m

❖ Características técnicas de la grúa:

Capacidad: 250 Toneladas

Luz: 5,80 m

3.2.5.1 Elementos estructurales de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas

Según especificaciones técnicas del contrato Volumen IIC del proyecto Tocomá (2005), los elementos estructurales de la grúa pórtico son los que se muestran a continuación:

❖ Pórtico: es el conjunto formado por todos los cajones de estructura metálica, pasarelas, escaleras, barandas y caseta de protección del carro.

❖ Patas: conjunto formado por las cuatro estructuras de carga que sirven de apoyo a la grúa. Cuatro de éstas están ubicadas en el nivel inferior y cuatro en el nivel superior, unidas en dos de sus lados mediante una viga travesaño (secciones H).

❖ Vigas: conjunto formado por las cuatro vigas principales ubicadas en la parte superior de las estructuras de apoyo o patas.

❖ Testeros: son las vigas ubicadas en la parte inferior de la grúa, donde se apoyan las patas.

❖ Balancines: conjunto mecánico utilizado para el traslado del pórtico de la grúa, instalado en las vigas testeros mediante un pasador, el cual actúa como pivote. Está formado por ruedas, ejes, engranajes y rodamientos. Dos están provistos de motor reductor y frenos.

❖ Winche: mecanismo de la grúa utilizado para la elevación y descenso de la carga. Está compuesto por motor, reductor, engranajes, reductores, frenos de zapata, poleas, tambores de enrollado, aparejo del gancho, acoplamientos, ejes, chumaceras, guayas, entre otros.

❖ Aparejo: es el conjunto donde está instalado el gancho de la grúa. Está conformado por varias poleas de desvío de guayas, rodamientos y ejes que le permiten movimientos de rotación y medio giro al gancho.

❖ Carro: conjunto donde se instala el winche, permitiéndose un movimiento de traslación perpendicular al movimiento de traslación del pórtico de la grúa. Está conformado por una estructura metálica rígida (bastidor), motor, reductor, frenos de zapatas, ruedas, engranajes, ejes, rodamientos, entre otros.

3.2.6 Mantenimiento

Según Duffuaa, S. y otros. (2000). Se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen en..., o se restablece a..., un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un

factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa. No obstante, también se define el mantenimiento como el trabajo que permite conservar los sitios, edificios, máquinas y equipos de control en condiciones de seguridad y de trabajo eficiente, de tal manera que se realicen sus funciones adecuadamente. Asimismo, el mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción.

3.2.6.1 Mantenimiento Correctivo

Según Nava J. (2001). Es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos que se realiza cuando aparece el fallo. Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir los fallos y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad. Tiene como inconvenientes, que el fallo puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Asimismo, fallos no detectados a tiempo, ocurridos en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso coste, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación.

❖ Ventajas

- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.
- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos.

❖ Desventajas

- Las averías se presentan de forma imprevista lo que origina trastornos a la producción.
- Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de un “stock” de repuestos importante.
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo para reparar.

3.2.6.2 Mantenimiento Predictivo

Según Nava J. (2001). Es el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo (monitorización) de un sistema, que permiten una intervención correctora inmediata como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo.

El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de los fallos se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de un futuro fallo, bien a simple vista, o bien mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, medición y de algunos parámetros relevantes que representen el buen funcionamiento del equipo analizado. Por ejemplo, estos parámetros pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, los ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc.

En otras palabras, con este método, tratamos de seguir la evolución de los futuros fallos. Este sistema tiene la ventaja de que el seguimiento nos permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallos repetitivos; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento.

❖ Ventajas

- Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo.
- Ejecución sin interrumpir el funcionamiento normal de equipos e instalaciones.

❖ Desventajas

- Requiere personal mejor formado e instrumentación de análisis costosa.
- No es viable una monitorización de todos los parámetros funcionales significativos, por lo que pueden presentarse averías no detectadas por el programa de vigilancia.

3.2.6.3 Mantenimiento Preventivo

Según Duffuaa, S. y otros. (2000). Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados, si la segunda y tercera no se realizan, la tercera es inevitable. Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizaran las acciones necesarias, engrasan, cambian correas, desmontaje, limpieza.

❖ Ventajas

- Se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.
- El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los continuos.

- Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.
- Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

❖ Desventajas

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.
- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.

❖ Actividades del mantenimiento preventivo

Según Duffuaa, S. y otros. (2000). El estudio de fallas de un equipo deriva dos tipos de averías; aquellas que generan resultados que obliguen a la atención de los equipos mediante Mantenimiento Correctivo y las que se presentan con cierta regularidad y que ameriten su prevención.

El Mantenimiento Preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, y otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de fallas. El Mantenimiento Preventivo es el conjunto de acciones necesarias para conservar un

equipo en buen estado independientemente de la aparición de las fallas. Este tipo de mantenimiento busca garantizar que las condiciones normales de operación de un equipo o sistema sean respetadas es decir que el equipo esté libre de polvo, sus lubricantes conserven sus características y sus elementos consumibles. El Mantenimiento Preventivo clásico prevé fallas a través de sus cuatro áreas básicas:

- Limpieza: las máquinas limpias son más fáciles de mantener operan mejor y reducen la contaminación. La limpieza constituye la actividad más sencilla y eficaz para reducir desgastes, deterioros y roturas.

- Inspección: se realizan para verificar el funcionamiento seguro, eficiente y económico de la maquinaria y equipo. EL personal de mantenimiento deberá reconocer la importancia de una inspección objetiva para determinar las condiciones del equipo. Con las informaciones obtenidas por medio de las inspecciones, se toman las decisiones a fin de llevar a cabo el mantenimiento adecuado y oportuno.

- Lubricación: un lubricante es toda sustancia que al ser introducida entre dos partes móviles, reduce el frotamiento calentamiento y desgaste, debido a la formación de una capa resbalante entre ellas. La lubricación es la acción realizada por el lubricante. Aunque esta operación es normalmente realizada de acuerdo con las especificaciones del fabricante, la ubicación física y geográfica del equipo y maquinaria; además de la experiencia, puede alterar las recomendaciones.

- Ajuste: Es una consecuencia directa de la inspección; ya que es a través de ellas que se detectan las condiciones inadecuadas de los equipos y maquinarias, evitándose así posibles fallas. El mantenimiento preventivo se realiza normalmente a través de inspecciones y operaciones sistemáticas. Estas pueden realizar con el equipo en marcha, inmovilizado pero sin necesidad de desmontaje, inmovilizado con desmontaje. Puede asumir también la forma de sustituciones sistemáticas de

componentes, órganos o equipos completos, que busquen prolongar la vida útil del sistema, disminuyendo la probabilidad de ocurrencia de fallas de estos elementos, normalmente en su etapa de desgaste.

Cuando la falla se presenta de manera progresiva, pueden monitorearse ciertos parámetros físicos que permiten decidir la intervención del equipo antes de la ocurrencia de la falla. Este tipo de mantenimiento no contemplado en la clasificación general del mantenimiento por ser una subdivisión del Mantenimiento Preventivo) se conoce como Mantenimiento por Condición o Predictivo ya que busca efectuar la reparación del equipo en el umbral de ocurrencia de la falla, es decir, en el preciso momento de su aparición; bajo condiciones programadas, minimizando así los costos globales de mantenimiento.

Este mantenimiento se lleva a cabo usando herramientas de predicción física (ultrasonidos, rayos X, termografía, vibrometría, análisis espectrográficos de lubricantes) o estadísticos uso de técnicas de confiabilidad.

Cuando el mantenimiento preventivo implica la puesta a nuevo de un equipo a través de la sustitución sistemática de todos sus componentes que muestran desgaste, se habla también de un Overhaul, gran revisión o revisión mayor, que pueden ser hechos por etapas (cambiando un componente a la vez) o de manera global, como es el caso de las paradas de planta.

3.2.7 Plan de mantenimiento

Según Zambrano, Carlos (2006). Se define como un conjunto de actividades o trabajos de mantenimiento planeados y rutinarios. Está integrado por posiciones de mantenimiento, que es el elemento que liga a diferentes hojas de ruta con los equipos.

3.2.7.1 Pasos para desarrollar un programa de mantenimiento

1. Administración del plan: para iniciar la administración del plan, el primer paso en el desarrollo de un programa de mantenimiento que se debe llevar a cabo, consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan. Por esta razón, se designara a una sola persona como jefe de la fuerza de trabajo, además que es esencial el compromiso de la dirección para el cumplimiento exitoso del plan. Zambrano, Carlos (2006).

2. Inventario de las instalaciones: el inventario de las instalaciones es una lista de todas las instalaciones o equipos. Se elabora con fines de identificación. Se deberá elaborar una hoja de inventario de todo el equipo que muestre la identificación de este, la descripción de la instalación, su ubicación, tipo y prioridad (importancia). Zambrano, Carlos (2006).

3. Registro de las instalaciones o equipos: el registro de las instalaciones o equipos es un archivo que contiene los detalles técnicos acerca de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento. Estos son los primeros que deben alimentarse el sistema de información del mantenimiento.

4. El registro del equipo debe contener información como el número de identificación, ubicación, tipo de equipo, fabricante, tipo de equipo, fecha de fabricación, número de serie, especificaciones, tamaño, capacidad, velocidad, peso, energía de servicio, detalles de conexión, dimensiones generales, tolerancias, número de plano de referencia, número de referencia para los manuales de servicio, etc. Zambrano, Carlos (2006).

5. Programa específico de mantenimiento: debe elaborarse un programa específico de mantenimiento para cada equipo dentro del programa general. El programa es una lista completa de las tareas de mantenimiento que se van a realizar

en el equipo. El programa incluye el nombre y número de identificación del equipo, su ubicación, número de referencia del programa, lista detallada de las tareas que se llevaran a cabo, frecuencias de cada tarea, tipo de técnicos requeridos para realizar la tarea, tiempo para cada tarea, tipo de técnicos requeridos para realizar la tarea, herramientas especiales que se necesitan materiales necesarios. Zambrano, Carlos (2006).

6. Especificación del trabajo: es un documento que proporciona los detalles de cada tarea en el programa de mantenimiento, la especificación del trabajo puede indicar el número de identificación de la pieza (equipo), ubicación de la misma, referencia del programa de mantenimiento, frecuencia del trabajo, tipo de técnicos requeridos para el trabajo, detalles de la tarea, componentes que se van a reemplazar, herramientas y equipos especiales necesarios, planos de referencia, y manuales y procedimiento de seguridad a seguir. Zambrano, Carlos (2006).

7. Programa de mantenimiento: el programa de mantenimiento es una lista donde se asigna las tareas de mantenimientos a periodos de tiempos específicos. Cuando se ejecuta el programa de mantenimiento, debe realizarse mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción, está es la etapa donde se programa el mantenimiento planeado para su ejecución. Zambrano, Carlos (2006).

8. Control del programa: el programa de mantenimiento debe ejecutarse según se ha planeado. Es esencial una vigilancia estricta para observar cualquier desviación con respecto al programa. Si se observan desviaciones, es necesaria una acción de control. Se utilizan de herramientas que sirven para llevar un control del programa. Zambrano, Carlos (2006).

3.2.8 Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

Según Horacio y Pereira (1995). Es una metodología de un equipo sistemáticamente dirigido que identifica los modos de falla potenciales en un sistema, producto u operación de manufactura/ensamble causadas por deficiencias en los procesos de diseño o manufactura/ensamble. También identifica características de diseño o de proceso críticas o significativas que requieren controles especiales para prevenir o detectar los modos de falla. AMEF es una herramienta utilizada para prevenir los problemas antes de que ocurran.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

1. Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
2. Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema. Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
3. Analizar la confiabilidad del sistema.
4. Documentar el proceso.

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

El AMEF se ha introducido en las actividades de mantenimiento industrial gracias al desarrollo del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad o RCM – Reliability Center Maintenance que lo utiliza como una de sus herramientas básicas. En un principio se aplicó en el mantenimiento en el sector de aviación (Plan de mantenimiento en el Jumbo 747) y debido a su éxito, se difundió en el mantenimiento de plantas térmicas y centrales eléctricas. Hoy en día, el AMEF se utiliza en numerosos sectores industriales y se ha asumido como una herramienta clave en varios de los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM). (Horacio y Pereira, 1995).

3.2.8.1 Características del AMEF

Las siguientes características, facilitarán la comprensión de la naturaleza de esta metodología:

1. **Carácter preventivo:** el anticiparse a la ocurrencia del fallo en los productos/servicios o en los procesos permite actuar con carácter preventivo ante los posibles problemas, ayuda a que se mantenga la planificación en las etapas significativas en el diseño y procesos productivos. (Horacio y Pereira, 1995).

2. **Sistematización:** el enfoque estructurado que se sigue para la realización de un AMEF asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas. El estudio por partes y ordenado de los elementos permite comprender a fondo el producto o el proceso, dando paso a la detección de errores coyunturales y no coyunturales, que pueden ser analizados para su pronta solución.

3. **Guía en la priorización:** la metodología del AMEF permite priorizar las acciones necesarias para anticiparse a los problemas dando criterios para resolver conflictos entre acciones con efectos contrapuestos. Además de anticiparse a los problemas, nos facilita identificar los problemas potenciales, lo que induce a la

aplicación de soluciones prioritariamente a estos problemas que pueden estar ya existentes. (Horacio y Pereira, 1995).

4. Participación: la realización de un AMEF es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas.

Deben ser equipos multidisciplinarios, para atacar a los problemas desde cualquier perspectiva. Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total.

3.2.8.2 Objetivos del AMEF

Según Horacio y Pereira (1995). Los objetivos principales del AMEF son los siguientes:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales, las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto, y consecuencias importantes respecto a criterios como disponibilidad, seguridad, confiabilidad y calidad. (Horacio y Pereira, 1995).
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- Identificar las acciones que podrán prevenir, eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial y precisar que cada modo de fallo dispone de los medios de detección.
- Analizar la confiabilidad del sistema.
- Documentar el proceso y evidenciar los fallos de modo común.

3.2.9 Fallo

Según Horacio y Pereira (1995). Este vocablo simplemente significa que un componente o un sistema no satisfacen o no funcionan de acuerdo con la especificación. Los fallos con respecto a la especificación pueden presentarse en:

- Duración (ciclos).
- Dispersiones lineales (tolerancias).
- Cargas.
- Espesores.
- Acabado superficial.

3.2.9.1 Modo de fallo

Según Horacio y Pereira (1995). Es la manera en que una pieza o sistema no satisface la especificación dada. El modo de fallo es la respuesta a la pregunta: ¿Cómo ha podido fallar el componente o el sistema?

3.2.9.2 Efectos potenciales de fallo

Según Horacio y Pereira (1995). Para cada modo potencial de fallo se identificarán todas las posibles consecuencias que éstos pueden implicar para el cumplimiento de las actividades del equipo.

3.2.9.3 Causas potenciales de fallo

Según Horacio y Pereira (1995). Para cada modo de fallo se identificarán todas las posibles causas ya sean estas directas o indirectas, que afectan el funcionamiento de un equipo.

3.2.9.4 Controles actuales

Según Horacio y Pereira (1995). En este paso se buscarán los controles diseñados para prevenir las posibles causas del fallo, tanto los directos como los indirectos, o bien para detectar el modo de fallo resultante.

3.2.9.5 Índices de evaluación para cada modo de fallo

Según Horacio y Pereira (1995), existen tres (3) índices de evaluación para cada modo de fallo, los cuales se mencionan y describen a continuación:

1. Índice de gravedad (*G*): evalúa la gravedad del efecto o consecuencia de que se produzca un determinado fallo. La evaluación se realiza en una escala del 1 al 10, asignándosele el valor dependiendo de la gravedad de la ocurrencia del efecto.

2. Índice de Ocurrencia (*O*): evalúa la probabilidad de que se produzca el modo de fallo por cada una de las causas potenciales en una escala del 1 al 10. es decir, la frecuencia que hay en que se produzca tal efecto.

3. Índice de Detección (*D*): evalúa, para cada causa, la probabilidad de detectar dicha causa y el modo de fallo resultante.

3.2.9.6 Números de Prioridad de Riesgo (NPR)

Según Horacio y Pereira (1995). Para cada causa potencial, de cada uno de los modos de fallo potenciales, se calculará el número de prioridad de riesgo multiplicando los índices de gravedad (*G*), de ocurrencia (*O*) y de detección (*D*) correspondientes.

$$\text{NPR} = \text{G} * \text{O} * \text{D} \quad (3.1)$$

Donde:

G = Gravedad

O = Ocurrencia

D = Detección

El valor resultante podrá oscilar entre 1 y 1.000, correspondiendo a 1.000 el mayor potencial de riesgo. El resultado final de un AMEF es, por tanto, una lista de modos de fallo potenciales, sus efectos posibles y las causas que podrían contribuir a su aparición clasificados por unos índices que evalúan su impacto en el equipo.

3.2.9.7 Acciones de mejora

Según Horacio y Pereira (1995). Cuando se obtengan números de prioridad de riesgo (NPR) elevados, deberán establecerse acciones de mejora para reducirlos. Con carácter general, se seguirá el principio de prevención para eliminar las causas de los fallos en su origen.

En la figura 3.1, se detalla el formato utilizado para vaciar la información recabada sobre los modos y efectos de fallos de la grúa objeto de estudio.

Tabla 3.1 Formato utilizado para el vaciado de información del Análisis de modo y efecto de fallos. (Aponete Anny, 2012).

Análisis de Modo y Efecto de Fallo Potencial (AMEF)										I				
DESCRIPCIÓN	NOMBRE DEL EQUIPO: GRÚA PÓRTICO PROVISIONAL 250 TON			PÁGINA		PREPARADO POR: Br. Aponete Anny	REVISADO POR: Asesor Industrial: Ing. Milagro Pérez Asesor Académico: Ing. María Aray			G	O	D	NPR	NPR Promedio
	RESPONSABLE DEL EQUIPO: OPERADOR DEL EQUIPO	FECHA DE ELABORACIÓN: 19/09/2012	MODELO	EFECTO	CAUSA									
COMPONENTE	Sub - componente	Función	Modo	Fallo Efecto	Causa	Controles Actuales	G	O	D	NPR	NPR Promedio			

3.3 Definición de términos básicos

Aliviadero: consiste en descargar el agua excedente que no cabe en el espacio destinado para almacenamiento, tiene como objetivo dejar pasar los excedentes que no se envían al sistema de derivación. Wikipedia Foundation, Inc. (2012).

AMEF: proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales. Horacio y Pereira (1995).

Ataguía: macizo de tierra arcillosa u otro material impermeable, para atajar el paso del agua durante la construcción de una obra hidráulica. Especificaciones técnicas del contrato Volúmen IIIC del proyecto Tocomá (2005).

Compuerta: parte móvil de una unidad de compuerta que cierra un pasaje de agua de la casa de máquinas o un ducto de desvío del aliviadero. Especificaciones técnicas del contrato Volúmen IIIC del proyecto Tocomá (2005).

Compuerta de mantenimiento: compuerta del tipo plana deslizante que cierra un pasaje de agua de la casa de máquinas, para realizar el mantenimiento de la unidad de generación, o para ser colocada en el lado aguas arriba del aliviadero, para hacerle el mantenimiento a una compuerta radial. Especificaciones técnicas del contrato Volúmen IIIC del proyecto Tocomá (2005).

Compuerta radial: compuerta utilizada en el proyecto para efectuar la descarga del excedente de agua en el aliviadero, para mantener la regulación del nivel de agua en el embalse. Especificaciones técnicas del contrato Volúmen IIIC del proyecto Tocomá (2005).

Diagrama de Gantt: es una popular herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. Wikipedia Foundation, Inc. (2012).

Embalse: gran depósito que se forma artificialmente, por lo común cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa, y en el que se almacenan las aguas de un río o arroyo, a fin de utilizarlas en el riego de terrenos, en el abastecimiento de poblaciones, en la producción de energía eléctrica, etc. Wikipedia Foundation, Inc. (2012).

Hito: es un evento significativo en el proyecto, generalmente la terminación de una entrega principal del proyecto. Especificaciones técnicas del contrato Volumen IIIC del proyecto Tocomá (2005).

Microsoft Project: es un software de administración de proyectos diseñado, desarrollado para asistir a administradores de proyectos en el desarrollo de planes, asignación de recursos a tareas, dar seguimiento al progreso, administrar presupuesto y analizar cargas de trabajo. Wikipedia Foundation, Inc. (2012).

Presa: es una estructura hidráulica que se construye con la finalidad de crear un embalse para regular los escurrimientos de un río, o bien con el propósito de desviar sus aguas fuera de su cauce natural. Wikipedia Foundation, Inc. (2012).

Sargento: herramienta manual que se utiliza para sujetar piezas que van a ser mecanizadas (si son metales) o van a ser pegadas con cola si se trata de madera. Wikipedia Foundation, Inc. (2012).

Señorita: herramienta mecánica, utilizada para operaciones de elevación o en lugares de altura. Wikipedia Foundation, Inc. (2012).

Tapón metálico: compuerta del tipo plana deslizante que cierra un ducto de desvío del aliviadero para realizar su cierre de clausura permanente. Especificaciones técnicas del contrato Volumen IIIC del proyecto Tocomá (2005).

Tirfor: es un aparato portátil y muy polivalente, imprescindible para tirar, elevar, tensar y asegurar cargas. Wikipedia Foundation, Inc. (2012).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Arias, Fidias G, define una investigación aplicada como: “Este tipo de investigación puede tener una aplicación inmediata en la solución de problemas” (Arias, Fidias G 2006 p. 22).

Por su propósito se considera una investigación aplicada, debido a que se ha diseñado y desarrollado un sistema que permite al personal de mantenimiento ejecutar las actividades de mantenimiento preventivo necesarias para la Grúa Pórtico de 250 Toneladas

Sampieri opina: “Los estudios descriptivos pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a los que se refieren”. (Sampieri, 2003. p. 117).

De acuerdo con la naturaleza de la investigación, presenta por sus características ser un estudio de tipo descriptivo, debido a que se necesita diferenciar cada uno de los elementos que en el intervienen como un sistema.

4.2 Diseño de la investigación

Tamayo y Tamayo define una investigación de campo como: “Aquella en la cual los datos se recogen directamente de la realidad, su valor radica en que permiten cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos, lo cual facilita su revisión o modificación en caso de surgir dudas” (Tamayo 2004. p.110).

Arias, Fideas G opina: “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información sin alterar las condiciones existentes”. (Arias, Fideas G 2006 p. 31).

Se considera para este estudio que la investigación es de campo, es decir, las causas que provocan las fallas, las condiciones operativas fueron tomadas directamente del área de trabajo donde se encuentra la grúa pórtico.

Arias, Fideas G, afirma que una investigación documental es: “Un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas” (Arias, Fideas G 2006 p. 27).

Por otro lado esta investigación también es de tipo documental, porque se hizo necesario utilizar distintas fuentes de información impresas y electrónicas como: libros, informes de investigación, trabajos, tesis de grado, para ampliar y profundizar el estudio del problema.

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población

Según Arias, Fideas G: “La población es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación” (Arias, Fideas G 2006 p.81). Para efectos de esta investigación se consideró como la totalidad de la población, las 2 grúas pórticos provisionales para el control, mantenimiento y maniobras de las compuertas de mantenimiento y tapones, ubicadas en el macro-componente aliviadero del complejo

hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocomá”. La primera es la grúa pórtico con capacidad de 100 Toneladas y la segunda es la grúa pórtico con capacidad de 250 Toneladas.

4.3.2 Muestra

Según Arias, Fidias G: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible. En este sentido, una muestra representativa es aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido”. (Arias, Fidias G 2006 p.83).

Para efectos de estudio, se tomó como muestra a conveniencia, la Grúa Pórtico de 250 Toneladas, ubicada aguas arriba en el macro-componente aliviadero del complejo hidroeléctrico “Manuel Piar” Tocomá”, motivado a que su uso es estrictamente necesario para el cumplimiento de algunos de los hitos contractuales que se necesitan realizar en el área del Aliviadero, por el cual la mencionada grúa debe estar en óptimas condiciones.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Sabino (2002). Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos son, en principio, cualquier recurso del cual se vale el investigador para estudiar los fenómenos y extraer de ellos información.

A continuación, se definen y describen cada una de las técnicas y de igual forma los instrumentos utilizados para la recolección de datos durante la investigación.

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

4.4.1.1 Investigación Documental

Según Arias, Fideas G “la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”. A través de esta técnica, se pudo obtener información sobre las características técnicas, función y habilidad, referencias bibliográficas, especificaciones técnicas y de diseño, programas de trabajo, planos de la grúa e informes referentes al macro-componente aliviadero, suministrado por la empresa CORPOELEC. Asimismo, la búsqueda de información mediante el uso de la WEB.

4.4.1.2 Observación Directa

Según Arias, Fideas G expresa que “la observación directa, es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”. (Arias, Fideas G 2006 p.69).

A través de la aplicación de la técnica de la observación directa, se pudo observar con apoyo de la investigación de campo, el funcionamiento y estructuración de la grúa pórtico de 250 Toneladas, a fin de conocer cada uno de sus componentes y sub - componentes. De esta manera, se obtiene información más clara sobre las necesidades y requerimientos del equipo una vez visualizado completamente durante su operación.

4.4.1.3 Entrevistas no estructuradas

Según Arias, Fidas G concluye que “la entrevista no estructurada consiste en la planeación y el plan es seguido estrictamente, en la cual no se dispone de una guía de preguntas elaboradas previamente, sino que se orienta por unos objetivos preestablecidos, lo que permite definir el tema de la entrevista, mediante la cual el analista debe poseer una gran habilidad para formular las interrogantes sin perder la secuencia y coherencia de las ideas” (Arias, Fidas G 2006 p.73).

Gracias a esta técnica se puede obtener información verbal por parte del personal calificado encargados directamente con la operación y funcionamiento de la grúa, preguntas de interés, necesarias para llevar a cabo el estudio.

4.4.1.4 Consultas académicas e industriales

Según Arias, Fidas G: “la entrevista, más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un dialogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida”. (Arias, Fidas G 2006 p.73).

Para la aplicación de ésta técnica se pudo contar con la colaboración tanto del asesor académico, como del asesor industrial además de los profesionales que prestaron el apoyo para la elaboración de este trabajo de grado, con el objeto de una mejor orientación, a fin de abordar desde un mejor punto de vista el problema, y de esta forma aclarar posibles dudas referentes a la presente investigación.

4.4.2 Instrumentos utilizados para la recolección de datos

Según Arias, Fideas G: “un instrumento de recolección de datos es un dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar la información.” (Arias, Fideas G 2006 p.69).

- Cámara digital.
- Lápiz y libreta de anotaciones.
- Computadora.
- Dispositivos de almacenamiento.
- Teléfono móvil.

4.5 Técnicas de ingeniería industrial utilizadas en la investigación

Para llevar a cabo el estudio, fue necesario poner en práctica, las técnicas que se describen a continuación:

4.5.1 Diagrama de Gantt

Es una herramienta que le permite al usuario, modelar la planificación de las tareas necesarias para la realización de un proyecto. Pero también es un buen medio de comunicación entre las diversas personas involucradas en el proyecto.

4.5.2 Mantenimiento industrial

Utilizando como herramienta el método de Análisis de modo y efecto de fallos (AMEF), el cual permite diagnosticar las fallas, efectos y causas que presenta la grúa pórtico. El (AMEF) es utilizado para detectar por anticipado los posibles modos de falla, con el fin de establecer los controles que eviten la ocurrencia de defectos.

4.5.3 Paquete computarizado

Se utilizaron programas computarizados de Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point y para la elaboración del programa maestro de repotenciación se utilizó el programa de Microsoft Project.

4.6 Flujograma de la metodología de investigación

La elaboración del flujograma de la metodología, permitió el ordenamiento de las actividades realizadas para de esta forma dar respuesta a cada uno de los objetivos planteados. En la Figura 4.1 se muestra el flujograma de la metodología de la investigación utilizado.

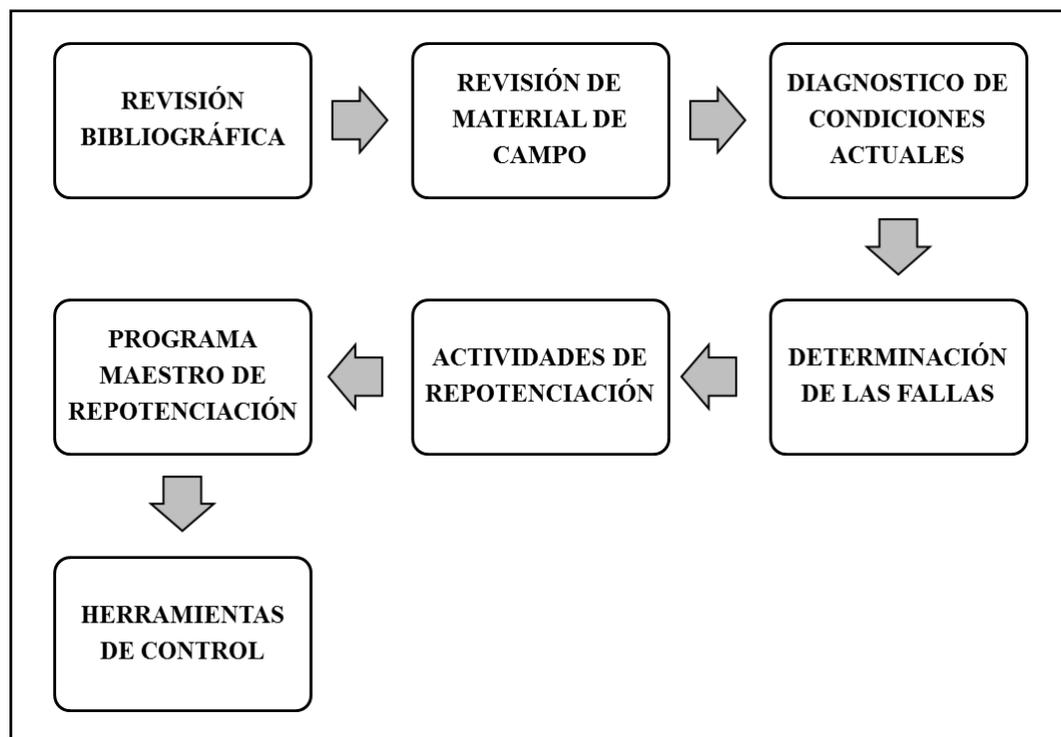


Figura 4.1 Flujograma de la metodología de investigación utilizada.
(Aponte Anny, 2012).

1. Revisión e interpretación del material bibliográfico: en esta etapa se realizaron investigaciones bibliográficas como trabajos de grado, Norma COVENIN, especificaciones técnicas del contrato Civil, de igual forma visitas a páginas Web para dar basamento a la investigación realizada.

2. Revisión de material de campo y visitas técnicas a obra: esta fase compone las visitas técnicas realizadas a la obra, en la cual se pudo tener acercamiento con el objeto en estudio para de esta forma identificar los problemas existentes en búsqueda de las posibles soluciones; de igual forma revisión de planos, especificaciones técnicas del objeto en estudio.

3. Diagnóstico de las condiciones actuales: se pudieron identificar las actividades a realizar en el macro – componente Aliviadero, así como también a cumplir para las cuales está destinada la operación de la Grúa objeto de estudio, y a través de entrevistas y diálogos con el personal e inspecciones, determinar las condiciones actuales en que esta se presenta a fin de arrojar un diagnóstico preliminar.

4. Determinación de fallas potenciales: con la utilización del Análisis de modo y efecto de fallos, se determinaron todas aquellas fallas presentes en la grúa objeto de estudio, con el fin de priorizar los modos de fallos los cuales fueron identificados y a través del Número de Prioridad de Riesgo (NPR), se pudo determinar su ocurrencia, detección y gravedad del modo de fallo.

5. Actividades de repotenciación: al determinarse las condiciones actuales de la grúa objeto de estudio y la priorización de las fallas ocurridas en ella, se procedió a la planificación de las actividades que permitirán la elaboración del programa de repotenciación, con el fin de mantener la operación de la grúa para prevenir cualquier percance que pudiese evitar el cumplimiento de sus actividades.

6. Elaboración de programa maestro de repotenciación: una vez realizada la planificación de las actividades de repotenciación, se procedió con el vaciado de la información en Microsoft Project para la elaboración del programa maestro, el cual permitirá la rehabilitación general de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, una vez que se ejecute el 100% de las actividades.

7. Herramientas de control: para llevar a cabo el control y seguimiento de la ejecución de las actividades de repotenciación, se diseñó una tabla en Microsoft Excel, que podrá ser llenada por el personal directo de control y seguimiento y controlar que se lleven a cabo cada una de las actividades en cumplimiento con lo establecido.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Análisis de los aspectos técnicos de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas

Fue necesario el análisis de los aspectos técnicos de la grúa, basándose en la Norma Venezolana COVENIN 3510:1999 (Equipos de Izamiento. Grúas Puente y Pórtico), a fin de diagnosticar las condiciones actuales en las que se encuentra la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas, objeto de estudio. La mencionada norma Venezolana, establece los requisitos mínimos que deben cumplirse en la construcción, instalación, inspección, prueba, mantenimiento y operación de equipos de izamiento de tipo grúas puente y grúas pórtico. (Ver Apéndice A).

Por otro lado se hizo necesario el análisis de las especificaciones del volumen IIIC (Especificaciones Técnicas Mecánico. Compuertas y Grúas) del contrato Civil dentro del programa maestro Tocoma. La cual especifica los requisitos técnicos generales para las compuertas y las grúas pórtico para la Casa de Máquinas y el Aliviadero del Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocoma. (Ver Apéndice B).

La evaluación realizada a la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas, la cual se encuentra ubicada aguas arriba en el macro – componente Aliviadero en el Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocoma, se basó en el cumplimiento de la Norma Venezolana y de las Especificaciones Técnicas del Contrato (Requerimientos contractuales), con la elaboración de check list y entrevista no estructurada, llevada a cabo en campo con la ayuda de los operadores de la grúa (mano de obra capacitada y especializada), quienes fueron las personas responsables de prestar todo el apoyo necesario en cuanto a las preguntas realizadas.

El trabajo de investigación tiene como objeto, la detección de las fallas y requerimientos necesarios para la repotenciación, mejora de los índices de disponibilidad, incremento de la vida útil, mejora de la eficiencia y disminución de la indisponibilidad de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, a fin de contar con una grúa en óptimas condiciones, que garantice realizar las maniobras que se requieren durante el cierre de los ductos de fondo del macro – componente Aliviadero, sin pérdidas de tiempo que perturben la continuidad de los trabajos.

5.1.2 Diagnóstico de la situación actual

La entrevista no estructurada y el check list realizados tanto en campo como en área de oficina, permitió arrojar el diagnóstico preliminar de las condiciones en las cuales se encuentra la Grúa pórtico provisional de 250 Toneladas y los requerimientos de ella en el macro – componente Aliviadero.

5.1.2.1 Check List

En cumplimiento de la Norma COVENIN 3510:1999, se realizó una inspección ocular, la cual permitió el diagnóstico de las condiciones en las que se encuentra cada componente de la grúa pórtico Provisional de 250 Toneladas, a fin de verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas del contrato en cuanto al mantenimiento, rehabilitación y repotenciación de este equipo. De esta manera, se puede determinar la criticidad de los elementos que lo componen.

El período de verificación fue de (3) tres días, (2) dos días para las pruebas sin cargas, y (1) día para las pruebas con carga. Tanto en las pruebas sin carga, como en pruebas con carga, fue notoria la corrosión general que presentaba la grúa objeto de estudio, como el desgaste en la guaya de acero. Por otro lado, la capacidad de la grúa, estaba debidamente

identificada y correspondía efectivamente con la operación de cargas que la misma realiza. Los cables de acero no estaban debidamente enrollados, se encontraba uno sobre los demás, motivado a que el tambor de enrollamiento de la grúa había presentado durante el tiempo de investigación, una fractura y se tuvo que realizar una medida correctiva, a fin de no detener las maniobras. Por otra parte, los pasadores sólo mostraron corrosión, no presentaron discontinuidad alguna.

En cuanto a las ruedas, estas presentaron un desgaste general, presentaron agrietamientos, sin embargo los sujetadores no presentaron fracturas y las vigas horizontales no se encontraban flexionadas. En general, existe una falta de lubricación, principalmente en los cables de acero y ruedas. (Ver Apéndice C).

5.1.2.2 Entrevista no estructurada

Se realizaron entrevistas no estructuradas a los asesores externos, las cuales permitieron conocer los elementos principales que conforman la grúa y sus funciones operativas, así como también, los tipos de maniobras que puede realizar este equipo y la importancia que representa durante la ejecución del segundo desvío del río, cierre de los ductos de fondo del macro – componente Aliviadero y ejecución de los vaciados de clausura de los mencionados ductos de fondo. Las funciones de la grúa pórtico provisional en el macro – componente Aliviadero, pueden detallarse en las actividades de maniobrabilidad que esta debe hacer. Las actividades del segundo desvío del río, y el procedimiento de cierre mecánico de tapones y compuertas de mantenimiento para que posteriormente se realice el achique de los ductos de fondo, para ejecutar el vaciado de clausura e inicie el paso normal del río.

❖ Desvío del Río por los ductos del Aliviadero: el desvío del río en su primera etapa, consiste en la construcción de una ataguía en forma de anillo que permitirá mantener en seco el área donde se iniciarán los trabajos de excavación de

las estructuras principales del Proyecto, desviándose parcialmente el río de su cauce natural. Posteriormente, la segunda etapa de desvío corresponde al cierre definitivo del cauce natural del río y su desvío a través de 18 ductos de fondo del Aliviadero, lo cual permitirá completar las obras civiles necesarias para embalsar y sobre elevar el nivel de las aguas en la zona aguas arriba.

Los estudios tanto para la primera y segunda etapa de desvío se realizaron para caudales de 4.000 a 14.000 m³/s. Los niveles de agua, aguas abajo del sitio de la Presa, serán impuestos por el remanso aguas arriba del embalse de Caruachi.

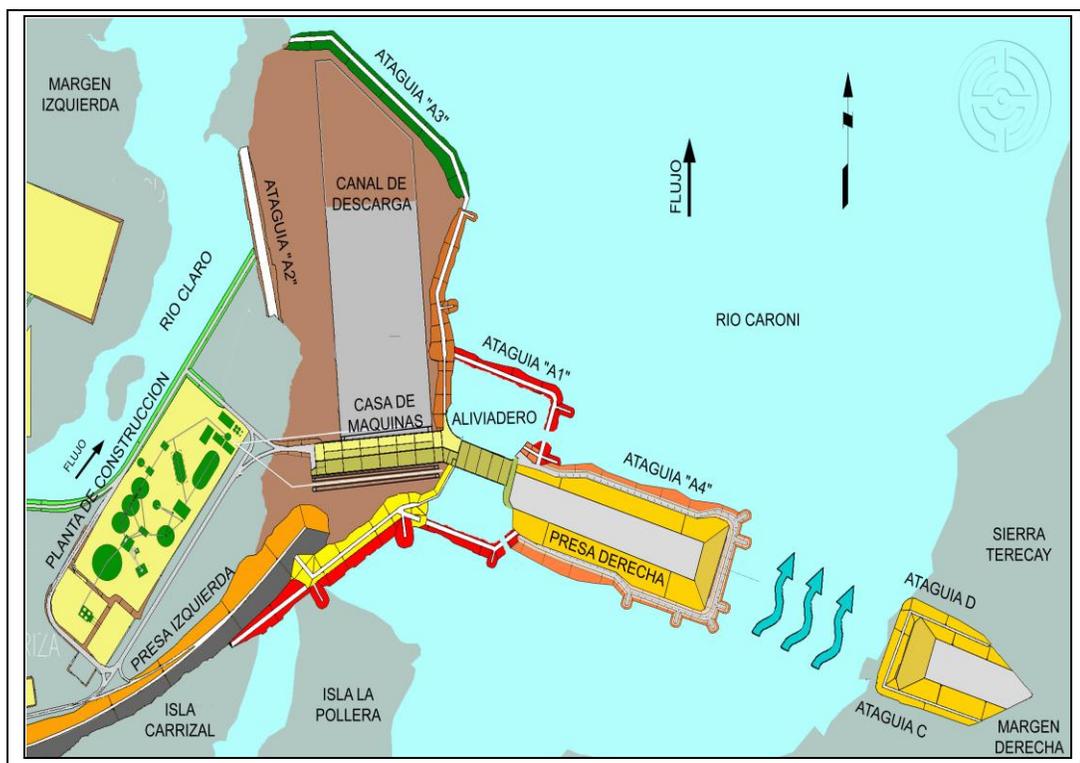


Figura 5.1 Vista de Planta de anillo de Ataguías del Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocomá. (CORPOELEC, 2012).

❖ Procedimiento de cierre mecánico: cierre mecánico, significa el cierre provisional al paso de agua desde los ductos del Aliviadero mediante compuertas y tapones, las cuales se retirarán después de vaciados los concretos de clausura; estos

cierres se llevaran a cabo, con el uso de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas (aguas arriba) y la grúa pórtico provisional de 100 Toneladas (aguas abajo).

Clausura, significa el cierre definitivo al paso de agua por los mismos ductos, mediante vaciados de concreto bajo abrigo del cierre mecánico. El cierre del flujo de agua de los ductos siempre se inicia por el lado aguas abajo, con las compuertas de cierre. Sólo en caso de presentarse algún problema se procede el cierre por el lado aguas arriba, mediante las compuertas de emergencia.

Con el cierre de los ductos, se da inicio a la sobre – elevación del embalse, por lo que el cauce del río se conduce por la ojiva del macro – componente Aliviadero y es controlado a través de las compuertas radiales. De igual forma, en sincronización con el cierre de los ductos se coordinan los trabajos de vaciados de clausura de los ductos, dichos trabajos marcan la finalización de los servicios de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas

❖ Etapas a seguir en el proceso de cierre normal: las etapas a seguir en el proceso de cierre normal de las compuertas, se describen a continuación:

1. Por medio de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas aguas arriba, presentar la compuerta de emergencia en la guía del ducto que se vaya a cerrar, pero sin bajarla totalmente.

2. Por medio de la grúa pórtico provisional de 100 Toneladas aguas abajo, presentar la compuerta de cierre a la guía del ducto que se va a cerrar.

3. Alinear los rodillos guías de la compuerta de cierre con guías laterales ubicadas en las ranuras de las pilas de los ductos. Luego bajar la compuerta de cierre lentamente, hasta que el par inferior de rodillos guía enganche con las respectivas guías laterales.

4. Continuar el descenso lentamente de la compuerta de cierre, comprobando su suave desplazamiento, hasta que su borde inferior se asiente sobre la viga umbral, completando así el cierre del ducto. Si la compuerta se detiene en una posición intermedia y no puede seguir descendiendo, se deberá proceder con la instalación de la compuerta de emergencia.

5. Una vez totalmente bajada la compuerta de cierre, la compuerta de emergencia deberá ser levantada y trasladada a su posición de almacenamiento.

6. Con la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas aguas arriba, levantar y manejar el tapón aguas arriba y llevarlo al ducto que se va a cerrar. Alinear el tapón con las ranuras y dejarlo descender lentamente hasta que su borde inferior se asiente sobre la viga umbral.

7. Con la grúa pórtico provisional de 100 Toneladas aguas abajo y su viga de izamiento, levantar la compuerta de cierre hasta una elevación que permita el manejo de la misma por encima de los obstáculos existentes y trasladarla directamente al siguiente ducto que se vaya a cerrar o para almacenarla.

8. También con la grúa pórtico provisional de 100 Toneladas de aguas abajo, levantar y manejar el tapón aguas abajo y llevarlo al ducto que encuentra en proceso de cierre. Alinear el tapón con las ranuras y dejarlo descender lentamente hasta que su borde inferior se asiente sobre la viga umbral.

9. Una vez concluido el cierre mecánico con los tapones aguas arriba y aguas abajo, se procederá con el achique del agua y las demás actividades relacionadas a los vaciados de clausura.

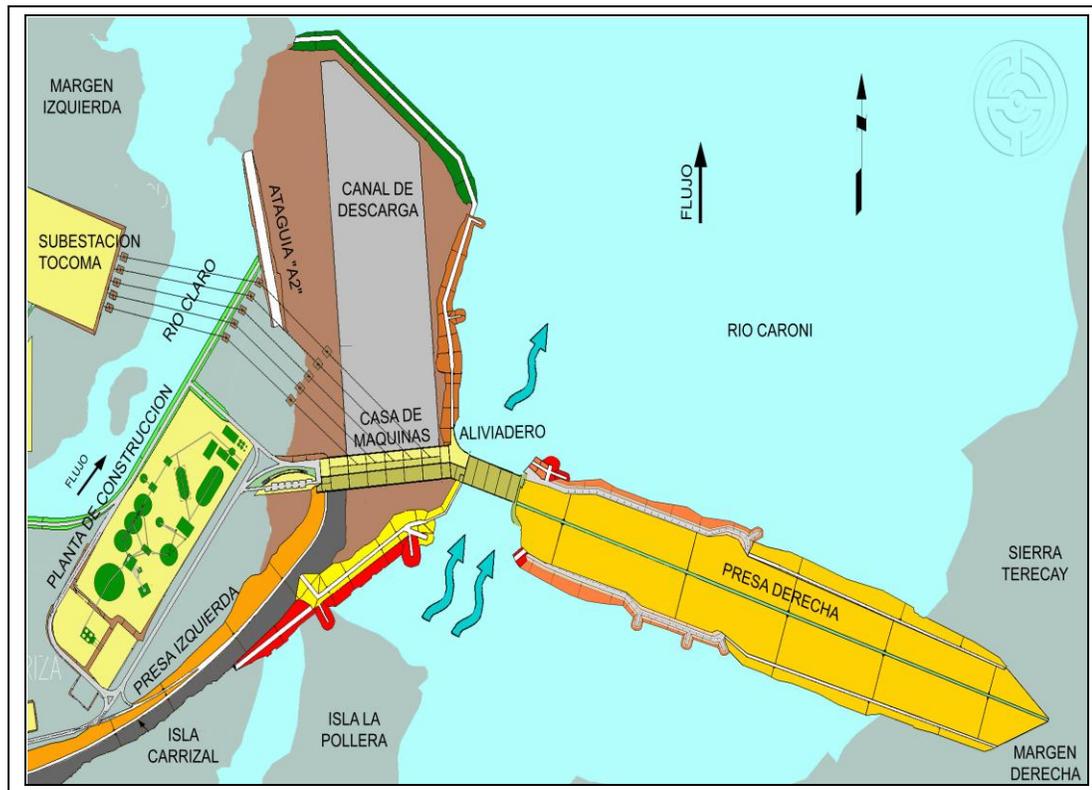


Figura 5.2 Vista de Planta del Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocomá con el segundo desvío realizado. (CORPOELEC, 2012).

5.1.3 Componentes de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas

Una vez realizadas las visitas a campo, realizada la entrevista no estructurada, el check list, se pudo realizar el reconocimiento de partes y piezas de la grúa objeto de estudio; determinándose que la misma se encuentra conformada de tres componentes o sistemas, los cuales son (sistema de traslación del pórtico, sistema de elevación y sistema de traslación del carro).

Los componentes de la grúa, por otro lado se encuentran conformados por una serie de sub – componentes, los cuales realizan funciones específicas para que el equipo pueda mantenerse operativo. En la tabla 5.1 se mencionan los sub – componentes de los tres sistemas de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas.

Tabla 5.1 Componentes y sub-componentes de la Grúa pórtico provisional de 250 Toneladas (Aponte Anny, 2012).

COMPONENTES	SUB - COMPONENTES
SISTEMA DE ELEVACIÓN (WINCHE)	Motor eléctrico
	Freno eléctrico
	Frenos de zapata (electro freno)
	Reductor de velocidad
	Tambor de enrollamiento
	Guayas
	Acople directo
	Chumaceras
SISTEMA DE TRASLACIÓN DEL PÓRTICO	Aparejo del gancho
	Motor eléctrico
	Frenos de zapata (Electro freno)
	Acoples
	Reductor de velocidad
	Engranajes de rueda conductora
SISTEMA DE TRASLACIÓN DEL CARRO	Ruedas - guías
	Motor eléctrico
	Frenos de zapata (electro freno)
	Reductor de velocidad
	Engranajes
	Rodamientos
	Ruedas
	Bastidor del Carro
	Ejes
Acoples	

Con la información obtenida anteriormente se pudieron diagnosticar las condiciones actuales y componentes de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, de igual forma se pudieron detallar sus requerimientos y enmarcar su importancia en el macro – componente Aliviadero. Representando gran importancia para las maniobras de taponés y compuertas de mantenimiento.

5.2 Fallas potenciales de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas

Se determinaron cada una de las fallas que afectan el funcionamiento de la Grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, tomando información de cada uno de los sub - componentes y los diferentes modos de fallos, efectos y las causas que pueden presentar cada uno de ellos, aplicando el Análisis de Modo y Efecto de Fallos para así clasificar y priorizar las fallas potenciales.

De igual forma, esto permitirá establecer las acciones preventivas o correctivas necesarias para la prevención de las fallas o la detección de las mismas. Esta información fue suministrada por el coordinador de todos los frentes relacionados al macro – componente Aliviadero, en conjunto con los operadores y personal de mantenimiento, a través de entrevistas abiertas y visitas continuas al área de trabajo.

Para la aplicación del análisis de modo y efecto de fallos se realizaron consultas bibliográficas de textos impresos y a través de diferentes páginas web, además de entrevistas al personal con mayor experiencia.

La grúa pórtico provisional de 250 Toneladas es evaluada a través del método de Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF), con la finalidad de determinar el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) de cada uno de los sub - componentes, y así proponer acciones de mejoras. Para establecer las acciones de mejoras, se elige 100 como valor base del NPR, debido a que los índices de gravedad, ocurrencia y detección establecen como punto realmente equilibrado el nivel 5, y al multiplicar cada uno, $5 * 5 * 5$ se obtiene un valor de 125.

De esta forma se previene que estos índices se eleven y lleguen a ser fallas realmente críticas. Durante las maniobras de cierre del ducto N° 1 del macro – componente Aliviadero, se registró una falla en el sistema de elevación, presentando

fractura el tambor de freno, lo que obligó a tomar una medida correctiva provisional mediante la soldadura de refuerzos en la parte interna elemento, ocasionando un atraso mínimo de 2 horas para concretar la maniobra.

Por otro lado, se pudo notar que la grúa presenta corrosión general en toda su estructura, fallas en el sistema eléctrico, entre otras. Por esta razón se hizo necesario a partir de los resultados obtenidos en campo, la identificación de los sub – componentes que presentaron fallas en los tres sistemas que componen a la Grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, a fin de poder realizar el Análisis de modo y efecto de fallo (AMEF).

5.2.1 Identificación de las funciones de los sub – componentes de los tres sistemas de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas

Una vez que se identificaron los componentes y sub – componentes de la grúa objeto de estudio, se procedió a realizar un estudio más detallado de cada uno de ellos, basado en el histórico de fallas presentadas con más frecuencia en los últimos doce (12) meses en la misma, dentro del Proyecto Hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocomá, según sus operadores y de igual forma, aquellas fallas que pudiesen presentarse en algún momento de la vida útil del equipo en operación. De esta forma, se determinaron los equipos críticos.

Se ordenaron los equipos de la grúa pórtico, basado en lo indispensable para operar la grúa y en lo crítico que suele ser su reparación o sustitución, a fin de facilitar la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos a los equipos más críticos.

En la tabla 5.2 se describen los sub – componentes críticos del sistema de traslación del pórtico que presentaron fallas y las funciones de cada uno de ellos.

Tabla 5.2 Sub – componentes críticos del sistema de traslación del pórtico.
(Aponte Anny, 2012).

Sub - componente	Función
MOTOR ELÉCTRICO	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica, para entregar 920 rpm al sistema de traslación del pórtico.
FRENOS DE ZAPATA (ELECTRO FRENO)	Es el encargado de liberar o bloquear el tambor dependiendo la tarea que se desee realizar (bien sea frenar el subsistema o liberar el tambor).
RUEDAS - GUÍAS	Conducir de modo controlado el pórtico sobre los rieles de un extremo a otro del aliviadero para ejecutar las maniobras requeridas en dicho frente de trabajo.

En la tabla 5.3 se describen los sub – componentes críticos del sistema de elevación que presentaron fallas y las funciones de cada uno de ellos.

Tabla 5.3 Sub – componentes críticos del sistema de elevación.
(Aponte Anny, 2012).

Sub - componente	Función
MOTOR ELÉCTRICO	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica, para entregar 965 rpm al sistema de elevación.

Continuación de Tabla 5.3

Sub - componente	Función
FRENOS DE ZAPATA (ELECTRO FRENO)	Es el encargado de liberar o bloquear el tambor dependiendo de la tarea que se desee realizar (bien sea frenar el subsistema o liberar el tambor).
ACOPLE DIRECTO	Transmitir potencia del electro freno al reductor de velocidad de 3 etapas.

En la tabla 5.4 se describen los sub – componentes críticos del sistema de traslación del carro que presentaron fallas y las funciones de cada uno de ellos.

Tabla 5.4 Sub – componentes críticos del sistema de traslación del carro.
(Aponte Anny, 2012).

Sub - componente	Función
ACOPLE	Transmitir potencia del reductor de velocidad a las ruedas guías.

En las tablas mostradas en el (Apéndice D), se pueden visualizar las funciones de los componentes y sub - componentes de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, posteriormente los modos, efectos y se determinaron las causas de fallas, los cuales se describen en los Análisis de Modo y efecto de fallo (AMEF).

Una vez realizado el AMEF, se procedió a priorizar los sub – componentes críticos, basado en los resultados obtenidos con el número de prioridad de riesgo (NPR) promedio. Las acciones de mejora se aplicarán, de acuerdo al valor de NPR de los sub - componentes, es decir, inicialmente se le realizarán acciones de mejora

al elemento con mayor NPR. Para de esta forma poder establecer los mecanismos o controles actuales, a fin de mejorar la operatividad de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas y que sus tres sistemas funcionen en forma correcta. (Figuras 5.5, 5.6 y 5.7).

Tabla 5.5 Acciones de mejoras en los sub – componentes del sistema de traslación del pórtico. (Aponte Anny, 2012).

COMPONENTE	Sub – componente	Número de Prioridad de Riesgo (NPR)	Acciones de mejoras
SISTEMA DE TRASLACIÓN DEL PÓRTICO	Motor eléctrico	318	Se deben detener las maniobras a fin de verificar si hay breakers abiertos o caída general de la alimentación eléctrica.
			Restablecer las conexiones eléctricas del motor eléctrico
			Chequear visualmente el estado de la unión base – motor
	Electro Freno (Frenos de Zapata)	260	Rediseñar el mecanismo de liberación de las zapatas de los electro frenos.
			Se deben sustituir las bandas de freno.
	Ruedas (Delanteras/Traseras)	235	Se debe verificar el funcionamiento del fin de carrera.
Cambiar el motor del electro freno			

Tabla 5.6 Acciones de mejoras en los sub – componentes del sistema de elevación.
(Aponte Anny, 2012).

COMPONENTE	Sub – componente	Número de Prioridad de Riesgo (NPR)	Acciones de mejoras
SISTEMA DE ELEVACIÓN	Motor eléctrico	317	Se deben detener las maniobras a fin de verificar si hay breakers abiertos o caída general de la alimentación eléctrica. Realizar mediciones de los parámetros operativos del motor eléctrico.
	Electro Freno (Frenos de Zapata)	304	Se deben sustituir las bandas de freno.
	Acople Directo	231	Acondicionar periódicamente todos los acoples de la grúa pórtico provisional de 250 Ton.

Tabla 5.7 Acciones de mejoras en los sub – componentes del sistema de traslación del carro. (Aponte Anny, 2012).

COMPONENTE	Sub – componente	Número de Prioridad de Riesgo (NPR)	Acciones de mejoras
SISTEMA DE TRASLACIÓN DEL CARRO	Acople	252	Acondicionar periódicamente todos los acoples de la grúa pórtico provisional de 250 Ton.

Con la aplicación del AMEF, se determinaron las fallas potenciales presentes, que afectan el buen funcionamiento de la grúa pórtico provisional, a fin de disminuir los índices de fallos se puede dar cumplimiento al siguiente objetivo priorizando las

fallas más relevantes, y de esta forma dar inicio a la planificación de las actividades de repotenciación, no solamente basado en las fallas, sino en condición general en la que se encuentra la grúa.

5.3 Planificación de las actividades necesarias para la repotenciación de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas

En la ejecución de este objetivo, se planificaron las actividades necesarias a realizar para la repotenciación de la grúa pórtico de 250 Toneladas, basada en la información obtenida en los objetivos anteriores. De igual forma se describieron cada una de las actividades a realizar.

Esta información fue recabada en campo y de investigación bibliográfica a través de Normas y la experiencia del personal calificado y especializado en cuanto al tema de grúas se refiere.

5.3.1 Procedimiento para la realización de las actividades de repotenciación

Este procedimiento describe la metodología a seguir para la recuperación de la grúa pórtico de 250 Toneladas, utilizada durante la fase del segundo desvío del río y cierre de los ductos del macro - componente Aliviadero. Dentro de las actividades planificadas de repotenciación, se tomaron en cuenta las siguientes:

- 1) Recuperación de todos los elementos estructurales que conforman el pórtico de la grúa.
- 2) Recuperación de todos los sistemas mecánicos que conforman la grúa.
- 3) Recuperación de los sistemas de control y de los equipos e instalaciones eléctricas.

5.3.1.1 Recuperación de estructuras del pórtico

- 1) Realizar un chequeo de todos los componentes estructurales de la grúa, para verificar el estado físico que presenta después de su desmontaje. De igual forma, se deben verificar también todas las cantidades de la misma, comparándolas con los planos a disposición.
- 2) Fabricación de todos aquellos componentes faltantes o que no puedan ser reparados.
- 3) Procura de todas las estructuras requeridas para la fabricación y de los elementos faltantes que no se puedan fabricar en las instalaciones del taller.
- 4) Verificar la correcta alineación y nivelación de las estructuras componentes del pórtico, en caso contrario realizar las reparaciones y correcciones que sean necesarias.
- 5) Limpieza con chorro de agua (liqua blasting) en todas las superficies de los elementos estructurales.
- 6) Verificación de superficie de los elementos componentes del pórtico referenciado a corrosión.
- 7) Aplicación de pintura de fondo y acabado en aquellas áreas donde se requiera.
- 8) Reemplazo de todos los elementos de fijación (tornillería) de las estructuras de carga del pórtico.

5.3.1.2 Recuperación de equipos eléctricos y de control

- 1) Revisión de los equipos eléctricos que están instalados en las partes de la grúa.
- 2) Verificación del cableado en general.

- 3) Verificar con los planos disponibles, los equipos o elementos faltantes con la finalidad de realizar la procura de los mismos.
- 4) Traslado al taller eléctrico de los paneles de control, tableros principales, sub-tableros. Esto con la finalidad de realizarles la revisión y el mantenimiento necesario, para garantizar su operatividad.

5.3.1.3 Recuperación de Motores

- 1) Proceder a realizar el desmontaje de los motores instalados en la grúa, para su traslado al taller eléctrico para mantenimiento y reparaciones mayores cuando el caso lo amerite.
- 2) Trasladar los motores siempre con sus ejes en posición horizontal, para prevenir filtraciones de aceites o grasas hacia los devanados, debido a sellos deficientes.
- 3) Inspección de los cojinetes y sellos. Reemplazo de aquellos componentes no aptos para su operatividad.
- 4) Verificar que el aislamiento de los cojinetes esté íntegro y en posición para evitar la circulación de corrientes parásitas a través del eje o de las superficies de los cojinetes.
- 5) Verificar que las superficies de deslizamiento de los cojinetes esté limpia, libre de polvo o pintura conductora.
- 6) Verificar que el motor no presente cortocircuito y no tenga devanados abiertos.
- 7) Realizar pruebas de resistencia del aislamiento en los devanados estáticos y rotóricos.
- 8) Realizar la lubricación de los cojinetes. Registrar las fechas de las mismas, con la finalidad de comenzar un plan de mantenimiento preventivo.

9) Limpieza y pintura, según las especificaciones.

10) Instalar y alinear el motor.

5.3.1.4 Recuperación de reductores

1) Antes de proceder al desmontaje de los reductores para el traslado al taller mecánico, en caso de reparaciones mayores, se debe realizar un levantamiento de los planos de instalación donde se especifique toda la tornillería.

2) Realizar el engrase de todos los cojinetes y el cambio del aceite de lubricación de los engranajes. Registrar las fechas, con la finalidad de comenzar un programa de mantenimiento preventivo.

3) Limpieza y pintura según las especificaciones.

4) Instalar y alinear los reductores.

5.3.1.5 Recuperación de los frenos de zapata

1) Reemplazo de todas las bandas de los frenos.

2) Verificación del desgaste del mecanismo de ajuste de las zapatas. Reparación o reemplazo de los elementos no aptos para su operatividad.

3) Mantenimiento de las superficies maquinadas de los tambores de frenado. Cambio de la tornillería de los mismos.

4) Instalación de todos aquellos componentes que fueron desmontados y alineación de los conjuntos.

5) Proceder a realizar el desmontaje de los frenos de zapata instalados en la grúa para su traslado al taller eléctrico para mantenimiento y reparaciones, cuando el caso lo amerite.

5.3.1.6 Recuperación de acoples y ejes

1) Revisión del estado físico de los acoples y ejes. Verificar que no estén deformados, golpeados o con soldaduras sin un procedimiento debidamente certificado. Reemplazo de aquellos componentes no aptos para su operatividad.

2) Cambio de la tornillería y de las gomas de todos los acoples.

3) Revisión del ajuste de los acoples con los ejes. Verificación del desgaste de las chavetas.

4) Engrase, Limpieza y pintura de todos los acoples donde sea requerido según las especificaciones.

5.3.1.7 Recuperación de ruedas

1) Revisión del estado físico de las ruedas. Verificar fisuras, rupturas de pestañas y soldaduras no certificadas.

2) Verificar el ajuste de los ejes con las ruedas.

3) Engrase de las partes donde sea requerido.

4) Limpieza y pintura, según las especificaciones.

5) Verificar que los acoples estén protegidos con jaulas metálicas.

5.3.1.8 Recuperación de tambores y poleas

- 1) Verificación del desgaste de los tambores y poleas.
- 2) Verificar que las superficies de los canales de las poleas, estén lisas y libre de defectos.
- 3) Verificación del ajuste de los tambores y poleas con los ejes.
- 4) Verificación de deformaciones que puedan ocasionar daños a la guaya.
- 5) Lubricación de las partes donde sea requerido.

5.3.1.9 Recuperación de los engranajes

- 1) Limpieza con cepillo y solvente de los engranajes.
- 2) Revisión del desgaste de las partes de los engranajes, si están desgastados proceder a sustituirlas.
- 3) Verificación del ajuste de los engranajes con los ejes y de la alineación de los conductores y conducidos.
- 4) Aplicar engrase a los engranajes.
- 5) Verificar que los engranajes estén protegidos con jaulas o cajas metálicas.

5.3.1.10 Recuperación de chumaceras y cojinetes

- 1) Verificación del desgaste de los componentes, al igual que los asientos y pistas de los rodamientos. Cambio de aquellos componentes no aptos para su operatividad.

- 2) Verificación del ajuste de los ejes y la alineación de los mismos.
- 3) Cambio de los sellos de lubricación.
- 4) Realizar el engrase de todas las chumaceras y cojinetes.

5.3.1.11 Recuperación de las guayas

- 1) Limpieza de la guaya con cepillo y solvente.
- 2) Revisión e inspección de la guaya en toda su longitud.
- 3) Realizar el engrase y la instalación de la misma.

5.3.2 Actividades de repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas

Se procedió a asignar a cada una de las actividades, los recursos materiales, equipos y recursos humanos.

5.3.2.1 Actividades y recursos programados para el sistema mecánico

❖ Procura de materiales y piezas mecánicas

Pintura interthane esmalte más aditivo

Consumibles

Acoples

Bandas de Freno

Tornillería

Juego de guayas de acero de diferentes longitudes

❖ Mantenimiento del sistema de poleas del gancho principal.

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Brazo pitman (hidráulico)	(3) Montador mecánico
Cartela de apoyo	(2) Técnico mecánico
Equipo de protección personal (EPP)	(2) Ayudante
Grillete de 1/2"	(1) Supervisor
Grasas grafitadas	

❖ Optimización de los tambores principales de enrollamiento de la guaya

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Brazo basculante	(6) Montador mecánico
Señorita de 3 a 5 Toneladas	(2) Ayudante
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Operador de grúa
Grillete de 1/2"	(1) Señalero
Grúa telescópica de 200 Toneladas	(1) Supervisor
Juego de llaves combinadas	
Aceites	
Grasas lubricantes	
Guaya de acero	

❖ Reacondicionamiento de pasarelas, barandas y escaleras

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Cartelas de apoyo	(5) Montador mecánico
Equipo de protección personal (EPP)	(3) Ayudante
Esmeril	(2) Soldador
Grúa de 80 Toneladas	(1) Supervisor

Máquina de soldar con gasoil.
 Ménsula
 Señorita de 1 1/2 a 3 Toneladas
 Electrodo para soldar
 Escaleras marineras
 Guaya de acero
 Grúa de 120 Toneladas

❖ Reemplazo de acople de los ejes de transmisión de movimientos de los reductores

MATERIALES y/o EQUIPOS

MANO DE OBRA

Brazo basculante	(1) Montador mecánico
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Técnico mecánico
Juego de llaves combinadas	(2) Ayudante
Señorita de 1 1/2 a 3 Toneladas	(1) Supervisor
Acoples mecánicos	

❖ Instalación de acoples

MATERIALES y/o EQUIPOS

MANO DE OBRA

Brazo basculante	(1) Montador mecánico
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Técnico mecánico
Señorita de 1/2 o 1 Toneladas	(2) Ayudante
Acoples	(1) Supervisor

❖ Mantenimiento de los motores reductores del sistema de elevación
Lubricación de los sistemas reductores

MATERIALES y/o EQUIPOS

MANO DE OBRA

Bomba	(1) Montador mecánico
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Técnico mecánico
Juego de llaves combinadas	(1) Ayudante
Mangueras	
400 litros de aceite S62	

❖ Mantenimiento de los motores reductores del sistema de traslación del pórtico

Inspección de los sistemas de reductores

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Técnico mecánico
Juego de llaves combinadas	(1) Supervisor
Vernier	
Aceite S62.	

Instalación de reductores

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Señorita de 1 Toneladas	(1) Montador mecánico
Equipo de protección personal (EPP)	(2) Ayudante
Fajas o eslingas	
Juego de llaves combinadas	
Aceite S62.	

❖ Mantenimiento al sistema de rodadura de traslación del pórtico

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Señorita de 1 Toneladas	(1) Montador mecánico
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Técnico mecánico

Juego de llaves combinadas	(1) Ayudante
Vernier	(1) Técnico electromecánico
	(1) Técnico eléctrico

❖ Mantenimiento del sistema de rodadura de traslación del carro

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Señorita de 1 Toneladas	(1) Montador mecánico
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Técnico mecánico
Juego de llaves combinadas	(1) Ayudante
Vernier	(1) Técnico electromecánico
	(1) Técnico eléctrico

❖ Reemplazo de las bandas de frenos (inspección visual)

Instalación de bandas de freno

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Técnico mecánico
Juego de llaves combinadas	(1) Ayudante
Bandas de freno	

❖ Reemplazo de tornillería estructural de las columnas y barandas

Instalación de tornillería de los rieles del pórtico

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Andamios	(4) Montador mecánico
Arnés de seguridad	(2) Ayudante
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Supervisor
Grúa pequeña con cesta instalada	(1) Ingeniero mecánico
Juego de llaves combinadas	

Torquímetro
 Cepillo de alambre
 Líquido penetrante
 Tornillos

❖ Instalación del sistema de optimización del tambor y guaya

Instalación del sistema

MATERIALES y/o EQUIPOS

MANO DE OBRA

Grúa telescópica	(1) Montador mecánico
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Técnico mecánico
Fajas o eslingas	(4) Ayudante
Juego de llaves combinadas	(1) Operador de grúa
Tambor de enrollamiento de la guaya	(1) Señalero
	(1) Supervisor
	(1) Técnico electromecánico
	(1) Ingeniero mecánico

Instalación de guaya

MATERIALES y/o EQUIPOS

MANO DE OBRA

Sargento	(6) Montador mecánico
Señorita de 3 Toneladas	(2) Técnico mecánico
Tirfor de 3 Toneladas	(4) Ayudante
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Supervisor
Fajas o eslingas	(1) Ingeniero mecánico
Juego de llaves combinadas	
Grasas lubricantes	
Guaya de acero de 250 metros	

❖ Limpieza y aplicación de pintura

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Disco de copas	(1) Ayudante
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Supervisor
Esmeril	(1) Pintor
Cepillo de alambre	
Fondo epoxi poliamida (con solvente 220)	
Lijas	
Pintura interthane esmalte	

❖ Pruebas mecánicas

Prueba de funcionamiento sin carga

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Brazo basculante	(1) Técnico mecánico
Brazo pitman (hidráulico)	(1) Ayudante
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Supervisor
Grúa telescópica de 200 Toneladas	(1) Ingeniero mecánico
Juego de llaves combinadas	

Prueba de funcionamiento con carga

MATERIALES Y/O EQUIPOS	MANO DE OBRA
Brazo basculante	(1) Técnico mecánico
Brazo pitman (hidráulico)	(1) Ayudante
Equipo de protección personal (EPP)	(1) Supervisor
Grúa telescópica de 200 Toneladas	(1) Ingeniero mecánico
Juego de llaves combinadas	

5.3.2.2 Actividades y recursos programados para el sistema eléctrico

❖ Procura de tableros, bandejas y componentes eléctricos

Tableros eléctricos

Cableado

Controladores

Medidores

Cable de control

Transformador de Control

❖ Megado de motores y repotenciación

MATERIALES y/o EQUIPOS

MANO DE OBRA

Megger (medidor de resistencia)

(1) Técnico eléctrico

Equipo de protección personal (EPP)

(1) Inspector eléctrico

Conductor de cobre

❖ Fabricación de bandejas para el cableado y el sistema de interconexión general

MATERIALES y/o EQUIPOS

MANO DE OBRA

Equipo de protección personal (EPP)

(1) Técnico eléctrico

Llaves combinadas

(1) Inspector eléctrico

Pinzas

Piquetas

Cables

Contactores

Conductores

❖ Reacondicionamiento de tableros e instalación

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Amperímetro	(1) Técnico eléctrico
Megger (medidor de resistencia)	(1) Ingeniero eléctrico
Voltímetro	
Equipo de protección personal (EPP)	
Breaker	
Cables	
Conectores	
Fusibles	
Contactores	
Resistencias	

❖ Instalación de cableado

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Equipo de protección personal (EPP)	(2) Técnico eléctrico
Llaves combinadas	
Pinzas	
Cables	
Conectores	

❖ Prueba eléctrica

Prueba de funcionamiento sin carga (medición de voltaje y corriente)

MATERIALES y/o EQUIPOS	MANO DE OBRA
Amperímetro	(1) Técnico eléctrico
Secuencímetro	(1) Ingeniero eléctrico

Voltímetro

Equipo de protección personal (EPP)

Prueba de funcionamiento con carga (medición de voltaje y corriente)

MATERIALES y/o EQUIPOS

MANO DE OBRA

Amperímetro

(1) Técnico eléctrico

Voltímetro

(1) Ingeniero eléctrico

Equipo de protección personal (EPP)

Pruebas funcionales del tablero de control

MATERIALES y/o EQUIPOS

MANO DE OBRA

Amperímetro

(1) Técnico eléctrico

Megger (medidor de resistencia)

(1) Ingeniero eléctrico

Voltímetro

Equipo de protección personal (EPP)

5.3.3 Procedimientos para ejecución de las pruebas a la Grúa pórtico Provisional de 250 Toneladas

Una vez que se ejecuten las actividades de repotenciación a la grúa, es necesario llevar a cabo una serie de pruebas, tanto en el sistema eléctrico, como en el sistema mecánico; a fin de verificar las condiciones de la misma.

5.3.3.1 Procedimiento para las pruebas sin carga

1) Aplicar tensión a todo el sistema eléctrico de la grúa.

2) Instalar dispositivo de fin de carrera para el winche de la grúa, de manera que para cualquier velocidad, se evite el contacto del aparejo del gancho con el carro.

3) Revisión del cable para detectar defectos tales como:

- Distorsión de la guaya. Esto es la verificación de aplastamiento, alargamientos, dobleces o destrabado del arrollamiento.
- Alambres fracturados. Verificar el número, distribución y tipos de alambres rotos.
- Corrosión general.
- Reducción del diámetro nominal del cable de acero, debido a la pérdida del soporte del núcleo.
- Reducción del diámetro nominal del cable de acero, por desgaste de los alambres exteriores.

4) Verificar el funcionamiento del movimiento de traslación de la grúa, en ambas direcciones y el frenado de los mismos. Verificar que el movimiento de la grúa sea estable, sin vibraciones ni sacudidas, para cualquier velocidad.

5) Verificar el funcionamiento del dispositivo de fin de carrera del movimiento de traslación del pórtico.

6) Verificar el funcionamiento de los dispositivos de señalización del pórtico de la grúa (sirenas, luces, etc.).

7) Verificar que los motores de traslación estén sincronizados, para evitar el zigzag en el movimiento del pórtico.

8) Verificar el funcionamiento del movimiento de traslación del carro, en ambas direcciones y el frenado de los mismos.

9) Verificar el funcionamiento del dispositivo de fin de carrera del carro de la grúa.

10) Verificar el funcionamiento del winche para elevar y bajar el gancho de la grúa y el frenado de los mismos.

11) Si la guaya está dentro de los parámetros de la norma aplicada, se debe emitir un acta de certificación por una entidad calificada, en caso contrario se procederá al reemplazo de la misma.

12) Verificar el avance del recorrido de la guaya hacia ambos extremos del tambor de enrollado y realizar, de ser necesario, las correcciones respectivas.

13) Verificar la disposición del ángulo final de la guaya en el tambor de enrollado para una carga máxima y ajustarla, si es necesario, a los nuevos parámetros de carga del proyecto.

5.3.3.2 Procedimiento para las pruebas con carga

1) Preparar la carga que se utilizará para la realización de la prueba. Esta no debe exceder la carga nominal de la grúa.

2) Elevar la carga de prueba a una altura tal, que permita verificar que la carga es soportada por la estructura de la grúa y mantenida por la aplicación de los frenos del winche.

3) Trasladar la carga a lo largo de las vías de rodadura del carro.

4) Trasladar el pórtico a lo largo de las vías de rodadura, con la carga suspendida en uno de los extremos del pórtico. Realizar el recorrido inverso con la carga suspendida en el otro extremo.

5) Descender la carga de prueba, detenerla y mantenerla suspendida con los frenos del winche.

6) Verificar la deflexión de las vigas de carga del pórtico.

5.3.4 Estimación de costos para las actividades de repotenciación

Para llevar a cabo una estimación de costos de cada una de las actividades planificadas para la repotenciación de la grúa objeto de estudio, fue necesario recurrir a datos suministrados por la empresa COPRPOELEC en Tocomá, extraídos de la Convención Colectiva del Trabajo de la Industria de la Construcción, de la cual se obtuvieron los valores de salario básico promedio (SBP) y factor de carga social (FCS), los cuales permitieron obtener el costo de mano de obra.

El Salario Básico Promedio (SBP): es el salario tabulador promedio ponderado de cada cuadrilla típica, es decir es el cociente del monto total del salario entre el número total de trabajadores. (Hernández, N 2008).

Cuadrilla típica: es una muestra representativa del universo de trabajadores que va a representar la cantidad total de la mano de obra directa. Siendo su fin último la determinación del salario básico promedio. (Hernández, N 2008).

El Factor de Carga Social (FCS): es la remuneración que percibe el trabajador, por concepto de beneficios salariales adicionales, (bonos, utilidades, etc.). Es el procedimiento aritmético de dividir los días pagados entre los días trabajados.

(Hernández, N 2008). Para realizar el cálculo del costo de mano de obra por actividad, se procede a realizar lo siguiente:

$$\text{Costo total de mano de obra (CTMO)} = (\text{N}^{\circ}\text{T} * \text{DT} * \text{FCS} * \text{SBP}) \quad (5.1)$$

Donde:

N^oT= Número de trabajadores.

DT=Días trabajados.

FCS=Factor de carga social.

SBP=Salario básico promedio

Los valores de FCS y SBP, fueron extraídos de la tabla de datos para el cálculo de escalación proporcionada por el Departamento de Administración de Proyectos de la empresa CORPOELEC en Tocomá. (Figura 5.3).

CONTRATO N° 1.1.104.003.05			
CONSORCIO OIV - TOCOMA			
TABLA DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE ESCALACIÓN			
Indices utilizados Tramitados			
PERÍODO	Salario Promedio	FCS	Indice Mano de Obra
01/12	96,20	9,5196	915,79
02/12	96,20	9,5196	915,79
03/12	96,20	9,5196	915,79
04/12	96,20	9,5196	915,79
05/12	120,25	9,3095	1.119,47
06/12	120,25	9,3095	1.119,47
07/12	120,25	9,3095	1.119,47
08/12	120,25	9,3095	1.119,47
09/12	120,25	9,3095	1.119,47

Figura 5.3 Tabla de datos para el cálculo de escalación.
(CORPOELEC, 2012).

Se seleccionó para el Salario básico promedio (SBP) el valor de 120,25 para Septiembre 2012, de igual forma para el factor de carga social, el valor de 9,3095 también para Septiembre 2012.

Con estos valores se procedieron a realizar los cálculos respectivos a fin de obtener el estimado de costos de cada una de las actividades. Para las herramientas, equipos y consumibles, los costos fueron estimados con los analistas de costos de la empresa. (Tabla 5.8).

Tabla 5.8 Estimación de costos de las actividades planificadas para la repotenciación. (Aponte Anny, 2012).

ACTIVIDAD	MATERIALES Y/O EQUIPOS	MANO DE OBRA	DURACIÓN (Días)	COSTO ESTIMADO (Bs)
Mantenimiento del sistema de poleas del gancho principal	Brazo Pitman	Montador mecánico (3)	5	78.810,50
	Herramientas	Técnico mecánico (2)		
	Consumibles	Ayudante (2)		
	Equipo de Protección personal (EPP)	Supervisor (1)		
Optimización de los tambores principales de enrollamiento de la guaya	Señorita de 3 a 5 Ton	Montador mecánico (6)	2	43.345,78
	Grúa telescópica de 200 Ton	Ayudante (2)		
	Guaya de 250 mts	Operador de grúa (1)		
	Herramientas	Señalero (1)		
	Consumibles	Supervisor (1)		
	Equipo de Protección personal (EPP)			
Reacondicionamiento de pasarelas, barandas y escaleras	Grúa telescópica de 80 Ton	Montador mecánico (5)	5	108.364,44
	Esmeril	Ayudante (3)		
	Máquina de soldar	Soldador (2)		
	Señorita de 1 1/2 a 3 Ton	Supervisor (1)		
	Escaleras maríneas			
	Guaya de 250 mts			
	Grúa de 120 Ton			
	Herramientas			
	Consumibles			
	Equipo de Protección personal (EPP)			
Reemplazo de acople de los ejes de transmision de movimientos de los reductores	Señorita de 1 1/2 a 3 Ton	Montador mecánico (1)	1	9.851,31
	Herramientas	Técnico mecánico (1)		
	Acoples	Ayudante (1)		
		Supervisor (1)		
Instalación de acoples	Señorita de 1/2 o 1 Ton	Montador mecánico (1)	6	59.107,88
	Acoples	Técnico mecánico (1)		
	Herramientas	Ayudante (2)		
	Equipo de Protección personal (EPP)	Supervisor (1)		

Continuación de Tabla 5.8

ACTIVIDAD	MATERIALES Y/O EQUIPOS	MANO DE OBRA	DURACIÓN (Días)	COSTO ESTIMADO (Bs)
Mantenimiento de los motores reductores	Señorita de 1 Ton	Montador mecánico (2)	5	23.643,15
	Bomba	Técnico mecánico (2)		
	Herramientas	Ayudante (3)		
	Consumibles	Supervisor (1)		
	Fajas o eslingas			
	Equipo de Protección personal			
Mantenimiento al sistema de rodadura de traslación del pórtico	Señorita de 1 Ton	Montador mecánico (1)	2	19.702,63
	Herramientas	Técnico mecánico (1)		
	Equipo de Protección personal (EPP)	Ayudante (1) Técnico electromecánico (1)		
		Técnico eléctrico (1)		
Mantenimiento del sistema de rodadura de traslación del carro	Señorita de 1 Ton	Montador mecánico (1)	2	19.702,63
	Herramientas	Técnico mecánico (1)		
	Equipo de Protección personal (EPP)	Ayudante (1) Técnico electromecánico		
		Técnico eléctrico (1)		
Reemplazo de las bandas de frenos	Bandas de frenos	Técnico mecánico (1)	1	3.940,53
	Herramientas	Ayudante (1)		
	Equipo de Protección personal			
Reemplazo de la tornillería estructural de las columnas y barandas	Grúa de 30 Ton	Montador mecánico (4)	5	78.810,50
	Tornillos	Ayudante (2)		
	Herramientas	Supervisor (1)		
	Andamios	Ingeniero mecánico (1)		
	Consumibles			
	Equipo de Protección personal			
Instalación del sistema de optimización del tambor y guaya	Grúa telescópica de 200 Ton	Montador mecánico (7)	3	70.929,45
	Señorita de 3 Ton	Técnico mecánico (3)		
	Tirfor de 3 Ton	Ayudante (8)		
	Guaya de 250 mts	Operador de grúa (1)		
	Tambor de enrollamiento	Señalero (1)		
	Fajas o eslingas	Supervisor (2)		
	Herramientas	Técnico electromecánico		
	Consumibles	Ingeniero mecánico (2)		
	Equipo de Protección personal (EPP)			
Limpieza y aplicación de pintura	Pintura interthane esmalte	Ayudante (1)	2	11.821,58
	Esmeril	Supervisor (1)		
	Herramientas	Pintor (1)		
	Consumibles			
	Equipo de Protección personal			
Pruebas mecánicas	Grúa telescópica de 200 Ton	Técnico mecánico (2)	3	23.643,15
	Brazo Pitman	Ayudante (2)		
	Herramientas	Supervisor (2)		
	Equipo de Protección personal (EPP)	Ingeniero mecánico (2)		

Continuación de Tabla 5.8

ACTIVIDAD	MATERIALES Y/O EQUIPOS	MANO DE OBRA	DURACIÓN (Días)	COSTO ESTIMADO (Bs)
Megado de motores y repotenciación	Megger (medidor de resistencia)	Técnico eléctrico (1)	5	19.702,63
	Herramientas	Inspector eléctrico (1)		
	Equipo de Protección personal			
Fabricación de bandejas para el cableado y el sistema de interconexión general	Cables	Técnico eléctrico (1)	5	19.702,63
	Contactores	Inspector eléctrico (1)		
	Conductores			
	Herramientas			
	Equipo de Protección personal			
Reacondicionamiento de tableros y instalación	Contactores	Técnico eléctrico (1)	5	19.702,63
	Breaker	Ingeniero eléctrico (1)		
	Cables			
	Conectores			
	Fusibles			
	Contactores			
	Resistencias			
	Herramientas			
	Equipo de Protección personal			
Instalación de cableado	Cables	Técnico eléctrico (2)	5	19.702,63
	Conectores			
	Herramientas			
	Equipo de Protección personal			
Pruebas eléctricas	Herramientas	Técnico eléctrico (3)	5	19.702,63
	Equipo de Protección personal	Ingeniero eléctrico (3)		
			TOTAL:	650.186,65

Según lo visualizado en la tabla 5.8, el costo total para repotenciar la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, arrojó un resultado de 650.186,65 Bs, para un tiempo estimado de 4 meses.

En conclusión, es importante verificar las partes mecánicas, estructurales y eléctricas a fin de realizar las reparaciones o sustituciones de partes y piezas en los sistemas que componen a la grúa. Una vez que se detectaron las necesidades de sustitución de piezas o reparaciones de las mismas, fue necesario planificar las actividades inherentes con secuencias lógicas, duraciones y fechas de inicio y fin asociadas a recursos, con el objeto de llevar a cabo el hito o meta de la repotenciación de la grúa en un tiempo estimado.

En el siguiente objetivo, se coordinaron las actividades propias para los trabajos de repotenciación de la grúa, utilizando como herramienta Microsoft Project y Microsoft Excel.

5.4 Diseño de programa maestro y herramientas de control para la repotenciación de la Grúa Pórtico Provisional de 250 Toneladas

El desarrollo de este objetivo, permitirá al equipo encargado del mantenimiento, llevar el control y seguimiento de las actividades de repotenciación de la Grúa pórtico. La planificación de la repotenciación de la grúa en el Microsoft Project, estará ubicada en el servidor interno de la empresa, de manera tal, que algunas personas tengan acceso a él y puedan verificar los avances de las actividades, duraciones ejecutadas, fechas de inicio real, tendencias, recursos utilizados, piezas necesarias o que requieren de cambio, la mano de obra necesaria, y las horas hombre requeridas en la ejecución de cada una de las actividades. (Figura 5.4).

De igual forma, se hizo una tabla en Microsoft Excel con la información del programa maestro, para que el personal encargado directamente de la repotenciación, cargue los datos relacionados con el avance de las actividades ejecutadas en dichas tablas, a fin de que el personal de control y seguimiento pueda realizar consultas del avance de la repotenciación, y verificar que estas se estén llevando a cabo según lo programado.

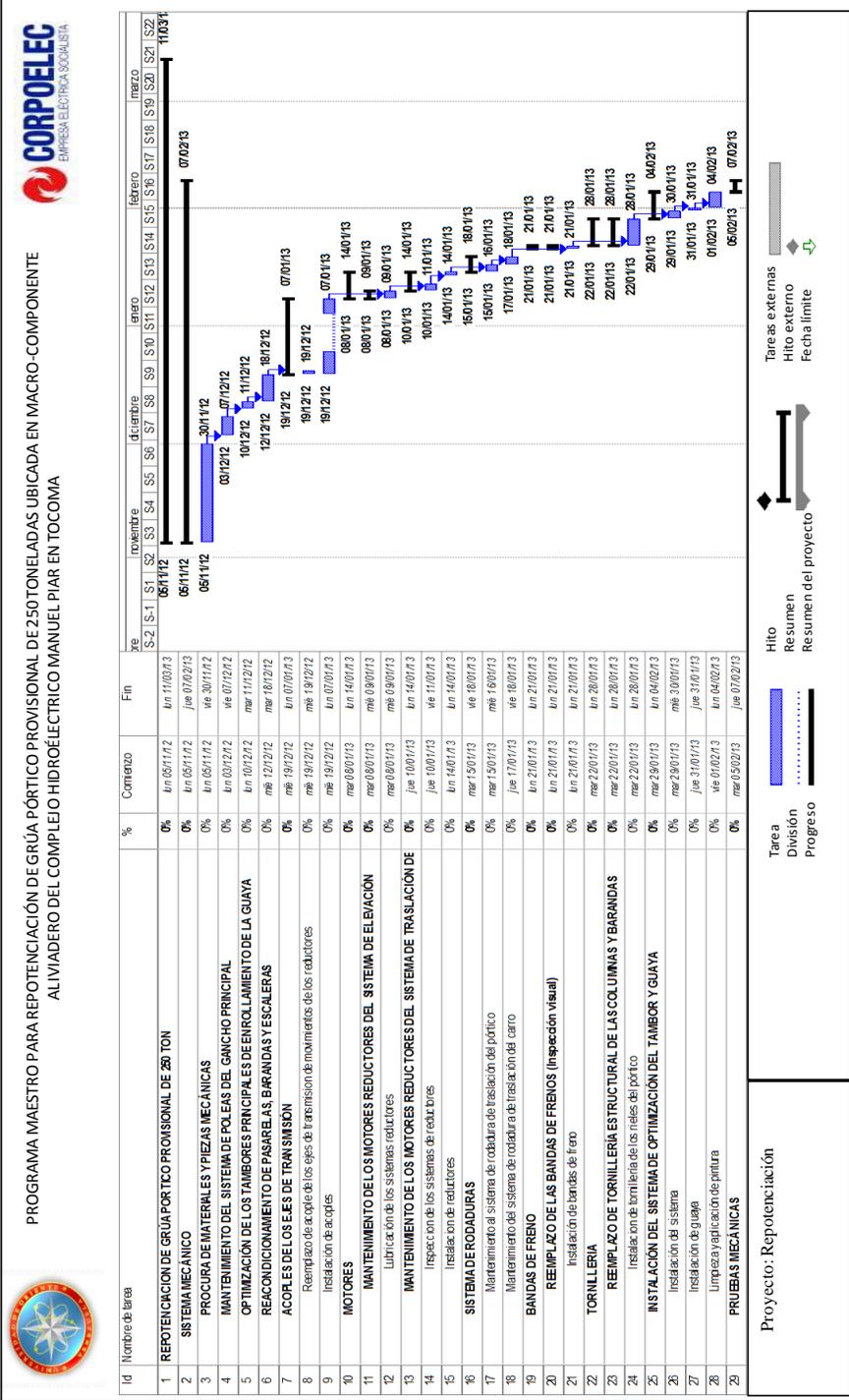


Figura 5.4 Vista del programa maestro de repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas en el Microsoft Project. (Aponte Anny, 2012).

En la figura 5.4 se muestra la vista preliminar del programa maestro en Microsoft Project, con las fechas de inicio y fin de cada una de las actividades de repotenciación de la grúa. En dicho programa se procedió a la asignación de cada uno de los recursos requeridos para que cada actividad se realice a cabalidad.

El proyecto de repotenciación debe iniciar el 05 de Noviembre del año 2012 y finalizar el 11 de Marzo del 2013. La duración total del programa es de 91 días; incluyéndose actividades tanto en el sistema mecánico de la grúa, como del sistema eléctrico.

Este programa elaborado en Microsoft Project (o MSP) es un software de administración de proyectos diseñado para asistir al personal de mantenimiento en el desarrollo del plan de acción para la repotenciación de la grúa, como también para la visualización de los recursos asociados a las actividades.

El principal uso de este programa es para dar seguimiento al progreso de la repotenciación de la grúa, para ir evaluando su avance físico. Con la aplicación del programa maestro en Microsoft Project se puede administrar el presupuesto para la repotenciación y analizar las cargas de trabajo de todo el proyecto.

La figura 5.5 muestra el diagrama de Gantt, elaborado en Microsoft Power Point, extraído del programa maestro, en el cual se muestran las actividades de repotenciación, y las fechas estimadas de ejecución de las mismas. Con la ayuda de este diagrama se puede ver el tiempo de dedicación previsto para diferentes actividades a lo largo de un tiempo total determinado para la repotenciación de la grúa.

A pesar de que, el diagrama de Gantt no indica las relaciones existentes entre actividades, se puede identificar rápidamente en el tiempo, el avance del programa.

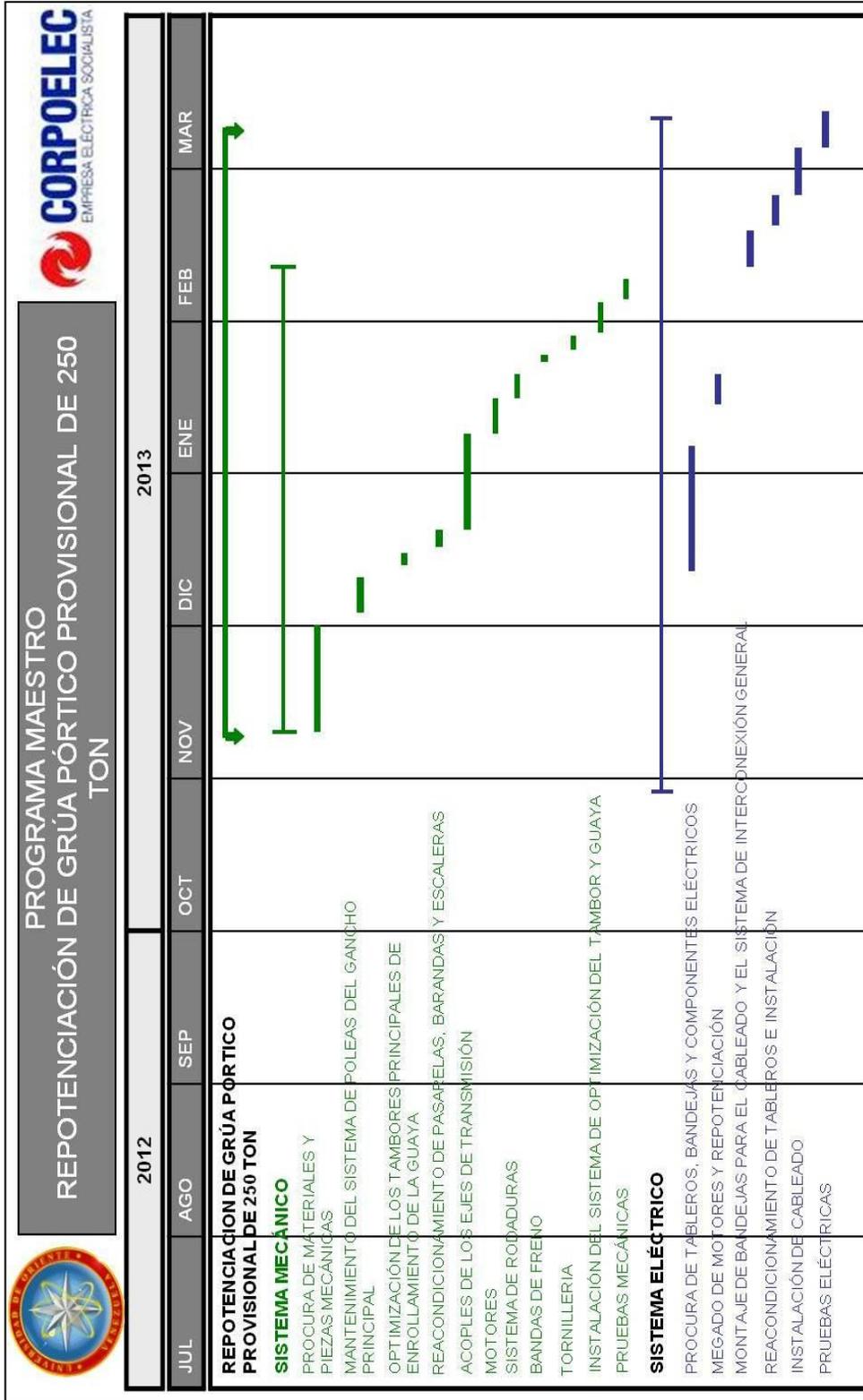


Figura 5.5 Diagrama de Gantt del programa maestro de repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas. (Aponte Anny, 2012).

El uso ideal de este archivo se dará al introducir los datos de ejecución reales de cada una de las actividades, de modo tal que se pueda hacer una comparación gráfica sobre el avance programado de la repotenciación de la grúa contra el avance real. Es importante para llevar este control con este diagrama introducir también un indicador que muestre la fecha de corte a la que está siendo evaluado.

En cuanto a la herramienta de control principal para el seguimiento del programa se elaboró un archivo en Microsoft Excel, el cual consta de tres hojas o pestañas. El uso de este archivo debe ser manipulado directamente por el equipo encargado de la repotenciación de la grúa, y deben estar involucrados tanto los encargados del control y seguimiento del programa, como el personal encargado de la ejecución del mantenimiento.

La primera pestaña es la hoja “datos”, en la cual se encuentra ya vaciada toda la data sobre las actividades de mantenimiento del programa de repotenciación. Dentro de esta hoja se deben añadir todas las actividades adicionales al programa que se realicen a la grúa. (Ver Apéndice E).

La segunda pestaña es la hoja “resumen”, la cual muestra para un periodo determinado de tiempo cada una de las actividades ejecutadas por área.

El aprovechamiento máximo de esta hoja se obtiene para dar a conocer al personal encargado de la ejecución del mantenimiento, el porcentaje de cumplimiento de las actividades programadas por áreas, así como también de aquellas actividades adicionales que tuvieron que ser añadidas, y que no estaban programadas.

La figura 5.6, describe la pestaña hoja de resumen extraída del Microsoft Excel.

SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES DE REPOTENCIACIÓN GRUA PORTICO 250 TON		Inicio:	10/12/12	
		Fin:	17/12/12	
Área	Actividades	% Cump	P	A
SISTEMA DE ELEVACIÓN	Optimización de los tambores principales de enrollamiento de la guaya	100%	1	0
ESTRUCTURA	Reacondicionamiento de pasarelas, barandas y escaleras	40%	1	0
SISTEMA ELÉCTRICO	Procura de tableros, bandejas y componentes eléctricos	30%	1	0

Figura 5.6 Ejemplo del resumen del seguimiento de las actividades de repotenciación para un período determinado. (Aponte Anny, 2012).

En la figura 5.6 se muestra un ejemplo de la pestaña resumen, para un período que inicia el 10/12/12 y finaliza el 17/12/12, el número de actividades programadas por áreas, con su porcentaje de cumplimiento hasta la fecha, actividades adicional. En ella se muestra que para el área del sistema de elevación, solo hay una actividad programada (optimización de los tambores principales de enrollamiento de la guaya), la cual tiene un porcentaje de cumplimiento de 100%, con ninguna actividad adicional.

En segundo lugar se muestra para la estructura, de igual forma una actividad programada (reacondicionamiento de pasarelas, barandas y escaleras), pero en este caso con un 40% de cumplimiento, lo que indica que todavía se encuentra en proceso de ejecución, y con ninguna actividad adicional añadida hasta la fecha. Finalmente se muestra en el sistema eléctrico, una actividad programada (procura de tableros, bandejas y componentes eléctricos), con un 30% se cumplimiento y ninguna actividad adicional añadida.

La tercera pestaña es la hoja “Cuadro final”, el cual muestra el total de actividades que fueron programadas, las actividades adicionales, actividades sin ejecutar, las actividades que están en proceso, es decir, que no han cerrado el 100% y el porcentaje de cumplimiento. De esta forma, se le hace el seguimiento para saber cuáles son las actividades que continúan. En el cuadrante de programadas (Prog) se colocan todas las actividades que fueron programadas para ese período de tiempo, el

Microsoft Project da por áreas el porcentaje de cumplimiento. En el cuadrante de ejecutadas (Ejec) se colocan sólo las actividades que están en 100%, en el cuadrante de proceso las que sean mayor que 0% pero menor que 100%. Seguidamente en el cuadrante de adicional (Adic) se colocan todas las actividades adicionales que tuvieron que ser añadidas, el porcentaje de cumplimiento es lo que da el Project, y en el cuadrante de sin ejecutar (S/Ejec) son las que estaban programadas para ese período de tiempo y no se realizaron, quedaron en 0%, quiere decir que hay retrasos en las actividades.

Periodo: Semana 8							
SISTEMA	AREA	PROG	EJEC	ADIC	S/EJEC	EN PROCESO	%CUMPL
SISTEMA MECÁNICO	SISTEMA DE ELEVACIÓN	1	1	0	0	0	100%
SISTEMA MECÁNICO	ESTRUCTURA	1	0	0	0	1	40%
SISTEMA ELÉCTRICO	SISTEMA ELÉCTRICO	1	0	0	0	1	30%

Figura 5.7 Ejemplo del cuadro final del seguimiento de las actividades de repotenciación para la semana 8. (Aponte Anny, 2012).

La tabla 5.7 muestra un ejemplo para la semana 8, del “cuadro final”, mostrando los sistemas y áreas de esos sistemas en los cuales se puede visualizar que para el sistema mecánico en el sistema de elevación en la semana 8, solo hubo una (1) actividad programada, una (1) ejecutada, ninguna actividad adicional, como la programada fue ejecutada, en este caso no hubieron actividades que quedaron sin ejecutar ni en proceso; hubo un porcentaje de cumplimiento de 100%.

Por otro lado, también para el sistema mecánico en el área de estructura, en la semana 8 sólo hubo una (1) actividad programada, no está ejecutada al 100%, ninguna actividad adicional, 0 actividades sin ejecutar, puesto a que la actividad programada se encuentra en proceso con un porcentaje de cumplimiento de 40%.

Finalmente, en el sistema eléctrico para la semana 8, sólo hubo una (1) actividad programada, no está ejecutada al 100%, ninguna actividad adicional, 0

actividades sin ejecutar, puesto a que la actividad programada se encuentra en proceso con un porcentaje de cumplimiento de 30%.

Esta herramienta sirve para la realización de reprogramaciones, sirve para llevar control y seguimiento, para ver que tareas fueron ejecutadas y que actividades faltan por ejecutarse; de igual forma para verificar lo que se ha hecho realmente en comparación con lo que la planificación realizada en el programa maestro. Y para hacer reportes ya sea por días, por semanas o por meses.

El desarrollo de este objetivo se basó en la elaboración del programa maestro de repotenciación de la Grúa pórtico provisional de 250 Toneladas y la elaboración de la herramienta de control. Toda planificación debe basarse en hechos; en cuanto más hechos se tienen, más fácil y más fiable será la planificación. Es indispensable la operatividad de la grúa, porque es de suma importancia que esta se encuentre en condiciones óptimas, debido a que debe llevar cabo las maniobras de las compuertas y taponés de los ductos de fondo del macro – componente Aliviadero, sin atrasos de ningún tipo, puesto a que se podrían presentar problemas de fracturas de concreto, entre otros, si llegase a necesitarse la grúa en el momento que esta se encuentre inoperativa porque alguna de las fallas pueda afectar sus actividades operativas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

A continuación se exponen las conclusiones que se derivan del análisis de los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo de investigación. Estos análisis responden al cumplimiento de los objetivos principales que han guiado el desarrollo del trabajo de grado, dirigidos fundamentalmente a la repotenciación de la Grúa pórtico provisional de 250 Toneladas.

1. La aplicación de la Norma COVENIN 3510:1999, hizo posible realizar el check list, permitiendo la verificación y chequeo visual de las condiciones de los componentes de la grúa. Las visitas a campo, entrevistas y diálogos, permitieron el conocimiento de los requerimientos de la grúa para la ejecución o continuidad de la construcción y así dar cumplimiento con los hitos contractuales.

2. La grúa presenta cierta anormalidad en su operación que trae condiciones desfavorables e inseguras al momento de realizar las maniobras. Los estudios realizados demostraron que los sub componentes que más se encuentran en estado de fallas, son los motores del sistema de traslación del pórtico y del sistema de elevación, afectando de esta forma la parte eléctrica del equipo.

3. A través del AMEF, se identificaron los sub - componentes de cada uno de los componentes, de manera que se pudo establecer cuáles de ellos eran críticos. Se determinaron los NPR, y los más altos fueron: el motor eléctrico del sistema de traslación del pórtico con 318, seguido del motor eléctrico del sistema de elevación con 317.

4. La planificación de las actividades se llevó a cabo, de acuerdo a la criticidad que presentaban los sub – componentes de los sistemas de la grúa y de acuerdo a las

5. condiciones generales. De esta manera, se procedió a la selección de actividades, luego la asignación de recursos materiales y/o equipos y humano.

6. Se realizó una estimación de costos a cada una de las actividades programadas, arrojando un costo total para la repotenciación de 650.186,65 Bs, para el cumplimiento de cada una de ellas.

7. Las actividades de repotenciación más significativas que se ejecutaran, son: optimización de los tambores de enrollamiento de la guaya, mantenimiento de los motores reductores, mantenimiento del sistema de rodadura de traslación del pórtico y carro e instalación del sistema de optimización del tambor y guaya.

8. Se utilizó como herramienta para el control de los trabajos de repotenciación de la grúa, el Microsoft Project, asignándole recursos de mano de obra, materiales y equipos a las actividades programadas para la elaboración del programa maestro.

9. Se le asignaron las duraciones a cada una de las actividades, estimándose las fechas de inicio y fin de cada una de ellas. Como resultado, se obtuvo que en 91 días aproximadamente, se puede llevar a cabo toda la programación de las actividades de repotenciación.

10. Se implementó la utilización de tres tablas para el seguimiento y control del programa maestro, en las cuales se puede plasmar el estado de avance de cada una de las actividades programadas, fechas de inicio real, porcentaje de cumplimiento de cada una de ellas y aquellas que se encuentren en proceso o sin ejecutar.

Recomendaciones

En vista de los resultados alcanzados con el análisis realizado en este trabajo, se dan a continuación las siguientes recomendaciones para mejorar el desarrollo de las actividades de mantenimiento:

1. Es importante que se implemente o se lleve a cabo, el programa maestro de repotenciación diseñado en Microsoft Project, a fin de lograr la optimización de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas y que esta pueda cumplir satisfactoriamente con sus actividades operacionales dentro del macro - componente Aliviadero.

2. Al implementarse el programa maestro de repotenciación de la grúa objeto de estudio, esta quedará en condiciones óptimas y podrá ser utilizada para actividades posteriores fuera de las que hace en el Proyecto hidroeléctrico “Manuel Piar” en Tocomá, una vez que esta ejecute las operaciones en el macro – componente Aliviadero.

3. Verificar a través de la herramienta de control, que se estén cumpliendo con las fechas estimadas para el desarrollo de las actividades de repotenciación, con la duración y fechas estimadas encontradas en el programa maestro.

4. Utilizar plantillas o tablas diseñadas en Microsoft Excel como herramienta primaria para la alimentación de la data al programa maestro de trabajo.

5. Actualizar y preparar al personal de trabajo de este tipo de equipos para la elaboración de informes detallados y precisos de las labores de mantenimiento.

6. Es importante que la Empresa una vez que se ejecute la repotenciación, lleve a cabo planes de mantenimiento a fin de mantener al equipo en óptimas condiciones.

REFERENCIAS

Arias, Fidas G (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA.** Quinta Edición. Editorial Episteme, C.A, pp (144).

CORPOELEC. Corporación Eléctrica Nacional. Proyecto “Manuel Piar” en Tocomá (2012). **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS – MECÁNICO (COMPUERTAS Y GRUAS).** Contrato Civil 1.1.104.001.04.

COVENIN 3510:1999. (1999). **EQUIPOS DE IZAMIENTO. GRÚAS PUENTE Y PÓRTICO,** pp (11-17).

Duffuaa, Salih; Raouf, A.; Dixon Campbell, John. (2000), **SISTEMAS DE MANTENIMIENTO. PLANEACIÓN Y CONTROL.** Primera Edición. Editorial LIMUSA, S.A, pp (29).

Figuroa, Yetsiret y Ramos, Jorge (2011), **EVALUACIÓN POR MEDIO DE UN ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIROLAS DE LA EMPRESA CALPRE S.A. TRABAJO DE GRADO UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO BOLÍVAR.** Trabajo de grado Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, pp (23-29).

González, Edgar (2012), **DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MECÁNICO DE LA LÍNEA DE LIMPIEZA ELECTROLÍTICA 1 DE LA PLANTA DE LAMINACIÓN EN FRÍO EN LA EMPRESA SIDERURGICA DEL ORINOCO “ALFREDO MANEIRO” SIDOR).** Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, pp (45).

Helman, H., Pereira, P. (1995). **ANÁLISIS DE FALLAS**. Escuela de Ingeniería de UFMG 6 de Junio de 2012, [www.fmeca.com].

Hernández, Sampieri. (2003). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. Tercera edición. Editorial McGraw Hill, Mexico, pp (65).

Martínez, Jesús (2008), **ESTUDIO DE LAS NUEVAS METODOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN PROGRAMÁTICA DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO “MANUEL PIAR”, TOCOMA, MUNICIPIO RAÚL LEONI, ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de grado Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, pp (41-43).

Martínez, Keyla (2010), **ANÁLISIS DE FALLAS APLICADO A LOS EQUIPOS DE CARGA TIPO SCOOP DE MINA ISIDORA – VALLE NORTE, PERTENECIENTE A LA EMPRESA MINERA VENRUS, C.A.** Trabajo de grado Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, pp (38-40).

Nava, José. (2001). **TEORÍA DE MANTENIMIENTO. DEFINICIONES Y ORGANIZACIÓN**. Consejos de Publicaciones Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela, pp (35).

Sabino, C. (2002). **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**. Caracas: Editorial PANAPO, pp (129).

Tamayo Tamayo, Mario (2004). **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Cuarta Edición. Editorial Limusa, pp (71).

Wikipedia Foundation, Inc, (2012, Agosto). Definiciones. [www.es.wikipedia.org].

Zambrano, Carlos (2006). **ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y CONFIABILIDAD EN LOS EQUIPOS**, 20 de Agosto de 2012, [www.biblioteca@anz.udo.edu.ve].

APÉNDICES

APÉNDICE A
Norma venezolana COVENIN 3510:1999



Figura A.1 Norma COVENIN 3510:1999 (Equipos de izamiento. Grúas puente y pórtico).

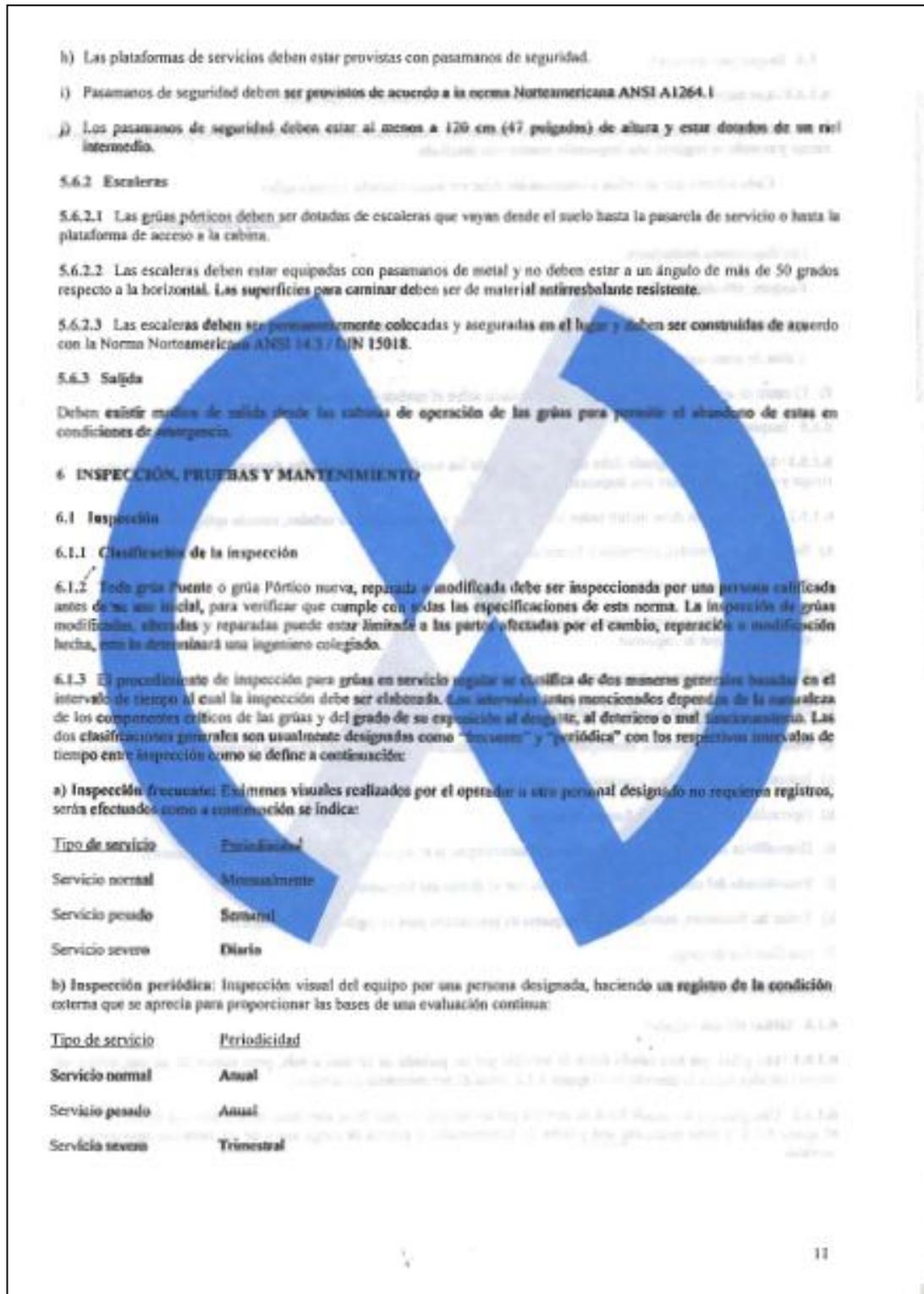


Figura A.2 Página 11 de la Norma COVENIN 3510:1999.

6.1.4 Inspección frecuente

6.1.4.1 Las inspecciones frecuentes deben incluir observaciones durante la operación.

6.1.4.2 Una persona designada debe determinar cuando las condiciones encontradas durante la inspección constituyen un riesgo y cuando se requiere una inspección mucho más detallada.

6.1.4.3 Cada sistema que se indica a continuación debe ser inspeccionado, cuando aplique:

- a) Todos los mecanismos operativos funcionales por un mal ajuste o porque esté emitiendo sonidos inusuales.
- b) Los dispositivos limitadores.
- c) Tanques, válvulas, bombas y otras partes de sistemas neumáticos.
- d) Los ganchos para que cumplan con lo estipulado en la Norma Venezolana COVENIN 3212.
- e) Cable de acero del polipasto.
- f) El cable de acero que esté correctamente enrollado sobre el tambor del polipasto.

6.1.5 Inspección periódica

6.1.5.1 Una persona designada debe determinar cuando las condiciones encontradas durante la inspección constituyen un riesgo y cuando se requiere una inspección más detallada.

6.1.5.2 La inspección debe incluir todos los elementos que a continuación se señalan, cuando apliquen:

- a) Seguridad de las armadas, corroídas o fracturadas.
- b) Pérdida de pernos o remaches.
- c) Partes agrietadas o rotas como los pasadores, cojinetes, ejes, engranajes, ruedas, observando y corrigiendo los componentes que lo requieran.
- d) Partes de los sistemas de frenos excesivamente deterioradas.
- e) Exceso de curvatura de la guía del cable de acero.
- f) Deterioro de los controles, interruptores maestros, contactos, interruptores de tope, sin limitarse a sólo estos puntos.
- g) Indicadores de viento por operaciones apropiadas.
- h) Operación apropiada de las fuentes de poder.
- i) Dispositivos limitadores de movimiento que interrumpan la energía o que causen una señal de precaución.
- j) Embobinado del cable de acero, que cumpla con el diseño del fabricante de la grúa y del cable.
- k) Todas las funciones, instrucciones y etiquetas de precaución para su legibilidad y reemplazo.
- l) Los Ganchos de carga.
- m) Los Cables de acero.

6.1.6 Grúas sin uso regular

6.1.6.1 Las grúas que han estado fuera de servicio por un período de un mes o más, pero menos de un año, deben ser inspeccionadas según lo descrito en el aparte 6.1.2. antes de ser colocadas en servicio.

6.1.6.2 Una grúa que ha estado fuera de servicio por un período de más de un año, debe realizársele una inspección según el aparte 6.1.3. y debe realizarse una prueba de funcionalidad y prueba de carga antes de ser colocada nuevamente en servicio.

Figura A.3 Página 12 de la Norma COVENIN 3510:1999.

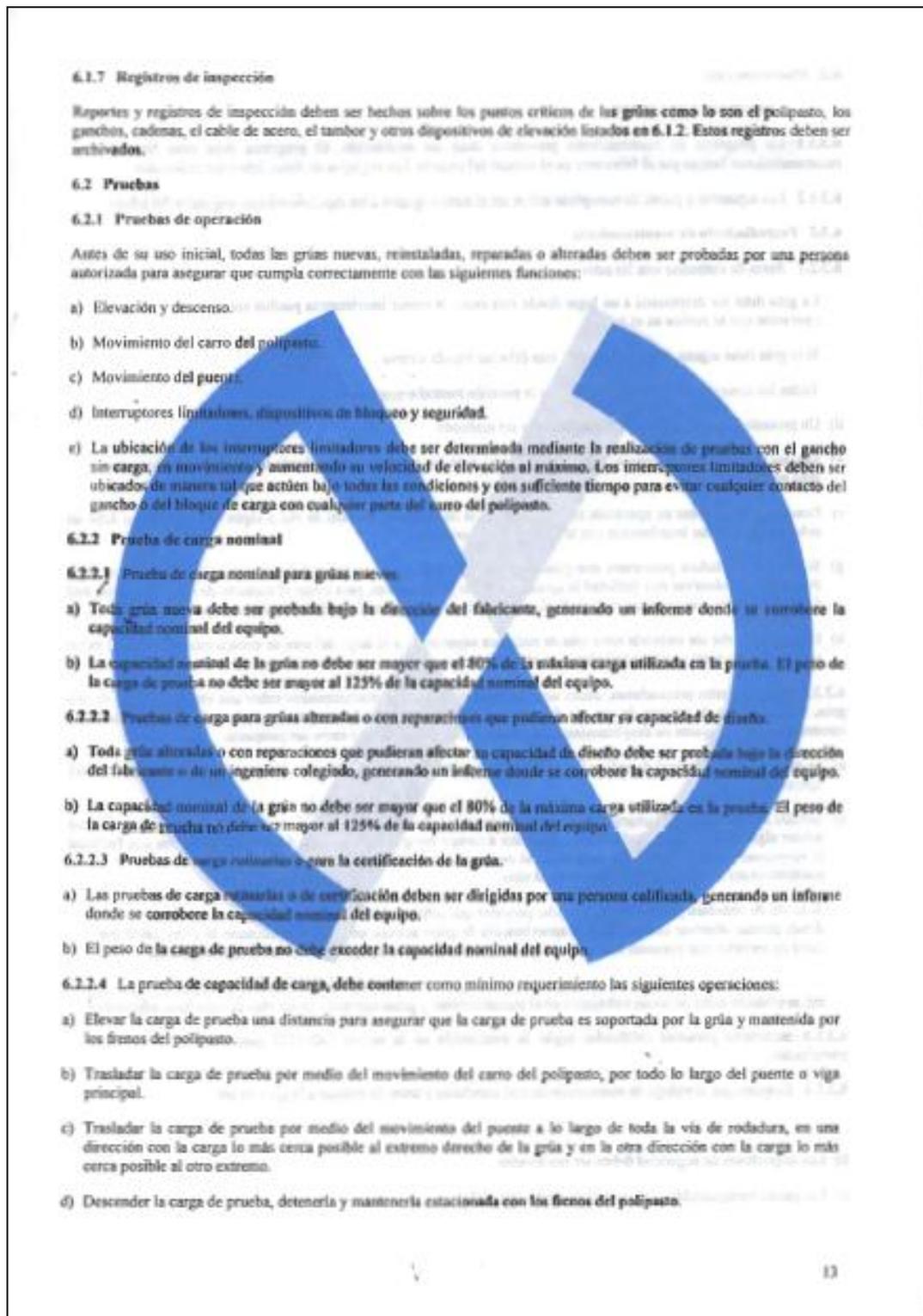


Figura A.4 Página 13 de la Norma COVENIN 3510:1999.

6.3 Mantenimiento

6.3.1 Mantenimiento preventivo

6.3.1.1 Un programa de mantenimiento preventivo debe ser establecido. El programa debe estar basado en las recomendaciones hechas por el fabricante en el manual del usuario. Los registros de datos deben ser archivados.

6.3.1.2 Los repuestos y partes de reemplazo deben ser al menos iguales a las especificaciones originales del fabricante.

6.3.2 Procedimiento de mantenimiento

6.3.2.1 Antes de comenzar con las actividades de mantenimiento a una grúa, se deben tomar las siguientes precauciones:

- La grúa debe ser desplazada a un lugar donde ésta cause la menor interferencia posible con otras grúas o con alguna operación que se realice en el sitio.
- Si la grúa tiene alguna carga suspendida, ésta debe ser bajada a tierra.
- Todos los controles deben estar ubicados en la posición neutral o apagada.
- Un procedimiento de sellado y etiquetado debe ser realizado.
- Señales de precaución y barreras deben ser utilizadas bajo las grúas en lugares donde el trabajo de mantenimiento a la grúa genere peligro.
- Donde haya otras grúas en operación sobre la misma vía de rodadura, paradas de riel o algún otro dispositivo debe ser colocado para evitar interferencia con la grúa fuera de servicio.
- Si la vía de rodadura permanece energizada, se deben ubicar personas que señalen a tiempo completo en un lugar donde puedan observar con facilidad la aproximación de grúas activas, para evitar el contacto de éstas con la que está fuera de servicio, con personas realizando el mantenimiento o con el equipo utilizado en el mantenimiento.
- Una barrera debe ser instalada entre vías de rodadura adyacentes, a lo largo del área de trabajo establecida, para evitar así el contacto entre personas trabajando en el mantenimiento y grúas operando en las vías de rodadura adyacentes.

6.3.2.2 Las siguientes precauciones, deben tomarse antes de realizar el mantenimiento sobre una vía de rodadura de una grúa, una carretilla de soporte de una vía de rodadura, el sistema de conducción de la vía de rodadura, o las áreas de construcción en el trayecto de desplazamiento del puente o viga principal, o el carro del polipasto.

- Se debe colocar un letrero de indicación de fuera de servicio del sistema sobre el interruptor principal y la estación del operador.
- Señales de precaución y barreras deben ser utilizadas en el piso, debajo del área donde se mantendrá de la grúa genere algún riesgo. Se debe ubicar un señalizador a tiempo completo en un lugar donde pueda observar con facilidad la aproximación de grúas activas, para evitar el contacto de éstas con la que está fuera de servicio, con el personal de mantenimiento o con el equipo utilizado en el sitio.
- Si la vía de rodadura permanece energizada, personas que señalen deben ser ubicadas a tiempo completo en un lugar donde puedan observar con facilidad la aproximación de grúas activas, para evitar el contacto de éstas con la que está fuera de servicio, con personas realizando el mantenimiento o con el equipo utilizado en el mantenimiento.
- Una barrera debe ser instalada entre vías de rodadura adyacentes, a lo largo del área de trabajo establecida, para evitar así el contacto entre personas trabajando en el mantenimiento y grúas operando en las vías de rodadura adyacentes.

6.3.2.3 Solamente personas calificadas según lo establecido en la norma ISO-3177 pueden trabajar con equipos energizados.

6.3.2.4 Después que el trabajo de mantenimiento está concluido y antes de colocar a la grúa en servicio:

- Deben ser reinstaladas los protectores.
- Los dispositivos de seguridad deben ser reactivados.
- Las partes reemplazadas y los materiales de desecho deben ser removidos.

Figura A.5 Página 14 de la Norma COVENIN 3510:1999.

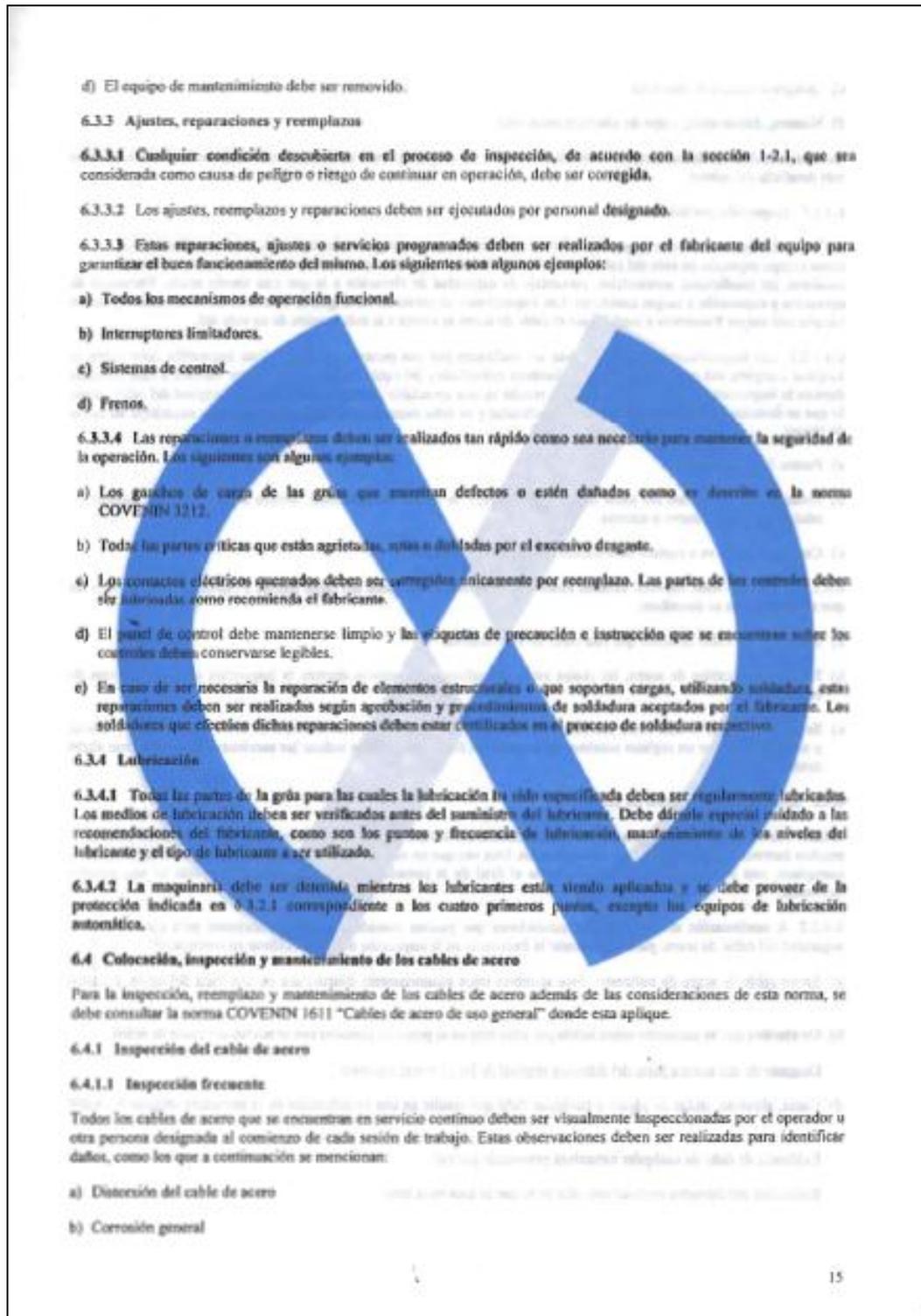


Figura A.6 Página 15 de la Norma COVENIN 3510:1999.

APÉNDICE B
Especificaciones Técnicas del Contrato Civil Proyecto Tocomá



Figura B.1 Volumen IIIC. Especificaciones técnicas mecánico (Compuertas y grúas).(CORPOELEC, 2012).

APÉNDICE C

Check list a la grúa pórtico de 250 Toneladas

Tabla C.1 Pruebas sin carga a la grúa pórtico de 250 Ton. (Aponte Anny, 2012).

				
PROYECTO TOCOMA - Central Hidroeléctrica Manuel Piar				Página: 1
GRÚA PÓRTICO PROVISIONAL 250 TONELADAS (PRUEBAS SIN CARGA)				
Documento de Referencia: Norma COVENIN 3510:1999				
ASPECTOS A INSPECCIONAR				
GANCHOS DE CARGA				
		SI	NO	Observaciones
1	Verificar si existen defectos tales como grietas entalladuras o socavaciones en los ganchos, si el defecto excede el 10% de profundidad el gancho debe ser rechazado. Confirmar valor del 10%			
2	Verificar que el gancho gira libremente alrededor de su punto pivote			
CABLES DE ACERO				
		SI	NO	Observaciones
1	Verificar si existen cables fracturados, con elongación y corrosión			
2	Verificar si se evidencia falta de lubricación en los cables de acero.			
3	Verificar que los cables de acero estén enrollados correctamente en los tambores y pasen adecuadamente por las poleas			
POLEAS Y TAMBORES				
		SI	NO	Observaciones
1	Verificar que los canales en poleas y tambores se encuentren lisos y uniformes, ya que la presencia de corrugaciones o marcas realizadas por los cables de acero puede ejercer un efecto erosivo sobre estos.			
2	Verificar que los cojinetes en las poleas y tambores estén recibiendo una lubricación adecuada y permanente.			
3	Verificar que la rotación de las mismas sea uniforme y no se origine vibración axial, lo cual es indicativo de desgaste u holgura excesiva en cojinetes de rodamiento y/o daños por deformación o desgaste en los pasadores correspondientes.			
4	Verificar en lo que sea posible, el cuerpo de poleas o tambores mientras se encuentran instalados para detectar la presencia de grietas.			
5	Cuando las mismas (poleas), son desacopladas, deben inspeccionarse con ensayos de partículas magnéticas o líquidos penetrantes.			
6	Verificar que la poleas estén perfectamente alineadas			

Continuación de Tabla C.1

				
PROYECTO TOCOMA - Central Hidroeléctrica Manuel Piar				Página: 2
GRÚA PÓRTICO PROVISIONAL 250 TONELADAS (PRUEBAS SIN CARGA)				
Documento de Referencia: Norma COVENIN 3510:1999				
PASADORES				
1	Verificar visualmente el estado actual de los pasadores en general.	SI	NO	Observaciones
2	Verificar cuando los pasadores son desacoplados, deben ser inspeccionados mediante ensayos de partículas magnéticas o líquidos penetrante, antes de ser reinstalados.	SI	NO	Observaciones
3	Inspeccionar mediante ensayo de ultrasonido, los pasadores transversales principales pertenecientes a un equipo de izamiento, a fin de detectar la presencia de grietas, desgaste severo o discontinuidades internas.	SI	NO	Observaciones
RUEDAS METALICAS Y RIELES				
1	Verificar si existe desgaste en la parte interna de ambas caras laterales o pestañas de las ruedas	SI	NO	Observaciones
2	Verificar si existen zonas o marcas planas en la cara de rodamiento, así como marcas irregulares de desgaste	SI	NO	Observaciones
3	Verificar si las ruedas presentan agrietamiento y desgarramiento del material.	SI	NO	Observaciones
4	Verificar si los cojinetes se encuentran correctamente lubricados, si presentan ruido anormal o si carecen de sus retenedores o topes.	SI	NO	Observaciones
5	Evaluar la holgura entre el riel y las bridas de las ruedas.	SI	NO	Observaciones
6	Verificar las secciones de los rieles parte superior.	SI	NO	Observaciones
7	Verificar que todos los sujetadores o retenedores, estén bien ajustados contra la base de los rieles y que los mismos no presenten daños por deformación, fractura o desgaste.	SI	NO	Observaciones
8	Verificar que las vigas horizontales no estén flexionadas y que los pernos de sujeción de las mismas a las columnas se encuentren bien ajustados, completos y no presenten daños por deformación, fractura o desgaste.	SI	NO	Observaciones
ASPECTOS GENERALES				
1	Verificar que el equipo presente demarcada o estampada en forma legible su capacidad máxima de carga	SI	NO	Observaciones
2	Verificar la lubricación general en los componentes mecánicos del equipo.	SI	NO	Observaciones
3	Verificar que el equipo cuente con adecuados sistemas contra incendio o extintores y que los mismos se encuentren operativos y en perfectas condiciones.	SI	NO	Observaciones

Tabla C.2 Pruebas con carga a la grúa pórtico de 250 Ton. (Aponte A, 2012)

UNIVERSIDAD DE ORIENTE VENEZUELA		CORPOELEC EMPRESA ELÉCTRICA SOCIALISTA		
PROYECTO TOCOMA - Central Hidroeléctrica Manuel Piar				Página: 1
GRÚA PÓRTICO PROVISIONAL 250 TONELADAS (PRUEBAS CON CARGA)				
Documento de Referencia: Norma COVENIN 3510:1999				
ASPECTOS A INSPECCIONAR				
GANCHOS DE CARGA		SI	NO	Observaciones
1	Verificar si la capacidad del gancho corresponde con la capacidad del equipo y que esté debidamente identificado de manera de poder realizar un seguimiento efectivo el mismo			
2	Verificar que el gancho gira libremente alrededor de su punto pivote.			
CABLES DE ACERO				
CABLES DE ACERO		SI	NO	Observaciones
1	Verificar que los cables de acero estén enrollados correctamente en los tambores y pasen adecuadamente por las poleas.			
POLEAS Y TAMBORES				
POLEAS Y TAMBORES		SI	NO	Observaciones
1	Verificar que la rotación de las mismas sea uniforme y no se origine vibración axial, lo cual es indicativo de desgaste u holgura excesiva en cojinetes de rodamiento y/o daños por deformación o desgaste en los pasadores correspondientes.			
2	Verificar en lo que sea posible, el cuerpo de poleas o tambores mientras se encuentran instalados para detectar la presencia de grietas.			
3	Verificar que las poleas estén perfectamente alineadas.			
ASPECTOS GENERALES				
ASPECTOS GENERALES		SI	NO	Observaciones
1	Verificar la lubricación general en los componentes mecánicos del equipo.			
2	Verificar que el equipo cuente con adecuados sistemas contra incendio o extintores y que los mismos se encuentren operativos y en perfectas condiciones.			

APÉNDICE D

Análisis de modo y efecto de fallos a la grúa pórtico de 250 Toneladas

Tabla D.1 Análisis de Modo y efecto de fallo potencial (AMEF). (Aponte Anny, 2012).

Análisis de Modo y Efecto de Fallo Potencial (AMEF)							1				
DESCRIPCIÓN	NOMBRE DEL EQUIPO: GRÚA PÓRTICO PROVISIONAL 250 TON						PÁGINA		1	DE	7
	RESPONSABLE DEL EQUIPO: OPERADOR DEL EQUIPO	FECHA DE ELABORACIÓN: 19/09/2012					PREPARADO POR: Br. Aponte Anny				
COMPONENTE	Sub - componente	Función	Fallo		Causa	Controles Actuales	Índice			NPR	NPR Promedio
			Modo	Efecto			G	O	D		
SISTEMA DE TRASLACIÓN DEL PÓRTICO				La grúa pórtico 250Ton queda fuera de servicio hasta ejecutarse el normalizado en un tiempo mínimo de 15 horas lo que implica postergación de las actividades.	Motor quemado por excesivo tiempo de uso.						
			No acciona el motor			Inspección de equipos y sistema eléctrico para detectar las fallas.	7	9	7	441	
			Entregar 920 rpm al sistema de traslación del pórtico.		No llega tensión a caja de conexiones del motor.	El motor no responde por problemas de conexión eléctrica.					318
			Altas vibraciones	Riesgo de causar daños significativos al eje, al acople, al rodamiento o a la base.	Eje de motor desalineado. Motor desajustado de su base.	Detener las maniobras e inspeccionar la conexión del motor al reductor de velocidad y apretar los tornillos.		8	4	6	192
			Ruido excesivo	Riesgo de causar daños significativos al eje o al acople.	Rodamientos desgastados.	Cambio de rodamientos.	8	5	8	320	

Continuación de Tabla D.1

Análisis de Modo y Efecto de Fallo Potencial (AMEF)											
DESCRIPCIÓN	NOMBRE DEL EQUIPO: GRÚA PÓRTICO PROVISIONAL 250 TON		FECHA DE ELABORACIÓN: 19/09/2012		AMEF Número		1				
	Sub - componente	Función	Modo	Fallo	Controles Actuales	G	O	D	NPR		
SISTEMA DE TRASLACIÓN DEL PÓRTICO	ELECTROFRENO (FRENOS DE ZAPATA)	Es el encargado de liberar o bloquear el tambor dependiendo la tarea que se desee realizar (bien sea frenar el sistema o liberar el tambor)	No lleva a cabo el frenado del sistema.	Riesgo de causar daños significativos al personal de operaciones y el medio ambiente.	El sistema de bombeo no alcanza la presión requerida.	Inspección del sistema de bombeo para reparación.	8	5	6	240	
				Queda el sistema fuera de servicio hasta ejecutarse el normalizado en un tiempo mínimo de 2 horas paralización de las actividades.	El equipo no genera el par de frenado requerido.						
			No libera las zapatas.	Queda el sistema fuera de servicio hasta ejecutarse el normalizado en un tiempo mínimo de 2 horas paralización de las actividades.	Deterioro del mecanismo encargado de la liberación de las zapatas.	Reparar la bomba o el servomotor por filtraciones de aceite.	8	5	7	280	
						NPR Promedio			260		
					PREPARADO POR: Br. Aponte Anny		REVISADO POR: Asesor Industrial: Ing. Milagro Pérez Asesor Académico: Ing. María Aray		2		7

Continuación de Tabla D.1

Análisis de Modo y Efecto de Fallo Potencial (AMEF)		1										
DESCRIPCIÓN	NOMBRE DEL EQUIPO: GRÚA PÓRTICO PROVISIONAL 250 TON		3	7								
	RESPONSABLE DEL EQUIPO: OPERADOR DEL EQUIPO	FECHA DE ELABORACIÓN: 19/09/2012	AMEF Número	DE								
COMPONENTE	Sub - componente	Función	PREPARADO POR: Br. Aponte Army	REVISADO POR: Asesor Industrial: Ing. Milagro Pérez Asesor Académico: Ing. María Aray								
		Fallo	Controles Actuales	índice								
		Modo	Efecto	Causa								
				G								
				O								
				D								
				NPR								
				NPR Promedio								
SISTEMA DE TRASLACIÓN DEL PÓRTICO	RUEDAS – GUÍAS (DELANTERAS/ TRASERAS)	Conducir de modo controlado el pórtico sobre los rieles de un alviadero para ejecutar las maniobras requeridas en dicho frente de trabajo.	No traslada el pórtico.	El motor-reductor transmite potencia fuera de rango.	Desgaste irregular de las ruedas.	Chequear alineación de las ruedas o chequeo de los rieles.	5	5	5	125	235	
				Desgaste progresivo de las ruedas.	Fin de carrera quemado							
				El pórtico choca contra el/los extremos de la vía de rieles.								
			No se detiene en los extremos del alviadero.	Retrasos e interrupciones en el proceso.	Tope desprendido de la vía de riel	Inspeccionar y reparar el fin de carrera.	7	6	8	336		

Continuación de Tabla D.1

		Análisis de Modo y Efecto de Fallo Potencial (AMEF)				1					
		NOMBRE DEL EQUIPO: GRÚA PÓRTICO PROVISIONAL 250 TON		PÁGINA		4	DE	7			
DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE DEL EQUIPO: OPERADOR DEL EQUIPO		FECHA DE ELABORACIÓN: 19/09/2012		PREPARADO POR: Br. Aponte Anny		REVISADO POR: Asesor Industrial: Ing. Milagro Pérez Asesor Académico: Ing. María Aray				
COMPONENTE	Sub - componente	Función	Fallo		Controles Actuales	Índice					
			Modo	Efecto		Causa	G	O	D	NPR	NPR Promedio
SISTEMA DE TRASLACIÓN DEL PÓRTICO	RUEDAS – GUÍAS (DELANTERAS/ TRASERAS)	Conducir de modo controlado el pórtico sobre los rieles de un extremo a otro del aliviadero para ejecutar las maniobras requeridas en dicho frente de trabajo.	Carga por inercia del vehículo	El pórtico no se detiene al activarse el fin de carrera y su inercia sobrecarga a los moto-reductores cuando accionan para iniciar marcha en sentido opuesto.	Frenos eléctricos quemados o desgastados	Cambio de motor del electro freno.	7	5	7	245	235
SISTEMA DE ELEVACIÓN	MOTOR ELÉCTRICO	Entregar 965 rpm al sistema de elevación.	No acciona el motor	La grúa pórtico 250Ton queda fuera de servicio hasta ejecutarse el normalizado en un tiempo mínimo de 15 horas lo que implica postergación de las actividades	Motor quemado por excesivo tiempo de uso.	Sustitución o reparación del elemento que produjo la falla. Generalmente la banda de freno.	9	6	8	432	317

Continuación de Tabla D.1

DESCRIPCIÓN		Análisis de Modo y Efecto de Fallo Potencial (AMEF)				1								
		NOMBRE DEL EQUIPO: GRÚA PÓRTICO PROVISIONAL 250 TON		PÁGINA		5	DE	7						
COMPONENTE	Sub - componente	RESPONSABLE DEL EQUIPO: OPERADOR DEL EQUIPO	FECHA DE ELABORACIÓN: 19/09/2012	PREPARADO POR: Br. Aponte Anny	REVISADO POR: Asesor Industrial: Ing. Milagro Pérez Asesor Académico: Ing. María Aray	Índice								
						Modo	Efecto	Causa	G	O	D	NPR	NPR Promedio	
SISTEMA DE ELEVACIÓN	MOTOR ELÉCTRICO	Entregar 965 rpm al sistema de elevación.	No llega tensión a caja de conexiones del motor.	El motor no responde por problemas de conexión eléctrica.	Chequear el sistema eléctrico.	9	6	8	432	317				
						Ruido excesivo	Riesgo de causar daños significativos al eje o al acople.	Rodamientos desgastados.	Cambio de rodamientos.		8	5	6	240
						Altas vibraciones	Riesgo de causar daños significativos al eje, al acople, al rodamiento o a la base.	Eje de motor desalineado.	Detener las maniobras e inspeccionar la conexión del motor al reductor de velocidad y reajustar el motor.		8	5	7	280
										Motor desajustado de su base.				

Continuación de Tabla D.1

Análisis de Modo y Efecto de Fallo Potencial (AMEF)											
DESCRIPCIÓN	NOMBRE DEL EQUIPO: GRÚA PÓRTICO PROVISIONAL 250 TON			FECHA DE ELABORACIÓN: 19/09/2012			PÁGINA		1		
	RESPONSABLE DEL EQUIPO: OPERADOR DEL EQUIPO							7	DE	7	
COMPONENTE	Sub - componente	Función	Fallo			Controles Actuales	Índice			NPR Promedio	
			Modo	Efecto	Causa		G	O	D		
SISTEMA DE ELEVACIÓN	ACOUPLE DIRECTO	Transmitir potencia del electro freno al reductor de velocidad de 3 etapas. Absorbiendo parte de las vibraciones por desalineación y los impactos por arranques y detenciones.	Altas vibraciones.	Riesgo de causar daños significativos a los ejes.	Ejes del electro freno y reductor excesivamente desalineados.	Alinear al electro freno y el reductor.	7	6	5	210	231
			Golpeteo en la arrancada y parada	Riesgo de causar daños significativos a los ejes y al acople.	Fractura de las garras.	Cambio de garras de acople.	7	6	6	252	
SISTEMA DE TRASLACIÓN DEL CARRO	ACOUPLE	Transmitir potencia del reductor de velocidad a las ruedas guías.	Altas vibraciones.	Riesgo de causar daños significativos a los ejes.	Ejes de reductor y rueda excesivamente desalineados.	Alinear los ejes.	7	6	6	252	252

APÉNDICE E

Herramienta de control y seguimiento del programa maestro

Tablas de Control y Seguimiento (version 1).xls [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H
		AREA		P	A	Durad	% Cumpl	INICIO
2	Sistema		ACTIVIDADES					
3	SISTEMA MECÁNICO	SISTEMA MECÁNICO	Procura de materiales y piezas mecánicas	1	0	20 días	0%	05/11/2012 9:00
4	SISTEMA MECÁNICO	SISTEMA DE ELEVACIÓN	Mantenimiento del sistema de poleas del gancho principal	1	0	5 días	0%	03/12/2012 9:00
5	SISTEMA MECÁNICO	SISTEMA DE ELEVACIÓN	Optimización de los tambores principales de enrollamiento de la guaya	1	0	2 días	0%	10/12/2012 9:00
6	SISTEMA MECÁNICO	ESTRUCTURA	Reacondicionamiento de pasarelas, barandas y escaleras	1	0	5 días	0%	12/12/2012 9:00
7	SISTEMA MECÁNICO	ACOPLES DE EJES DE TRANSMISIÓN	Reemplazo de acople de los ejes de transmisión de movimientos de los reductores	1	0	1 día	0%	19/12/2012 9:00
8	SISTEMA MECÁNICO	ACOPLES DE EJES DE TRANSMISIÓN	Instalación de acoples	1	0	2 días	0%	19/12/2012 9:00
9	SISTEMA MECÁNICO	MOTORES	Lubricación de los sistemas reductores	1	0	2 días	0%	21/12/2012 9:00
10	SISTEMA MECÁNICO	MOTORES	Inspección de los sistemas de reductores	1	0	2 días	0%	25/12/2012 9:00
11	SISTEMA MECÁNICO	MOTORES	Instalación de reductores	1	0	1 día	0%	27/12/2012 9:00
12	SISTEMA MECÁNICO	SISTEMAS DE RODADURA	Mantenimiento al sistema de rodadura de traslación del pórtico	1	0	2 días	0%	28/12/2012 9:00
13	SISTEMA MECÁNICO	SISTEMAS DE RODADURA	Mantenimiento del sistema de rodadura de traslación del carro	1	0	2 días	0%	01/01/2013 9:00
14	SISTEMA MECÁNICO	BANDAS DE FRENO	Instalación de bandas de freno	1	0	1 día	0%	03/01/2013 9:00
15	SISTEMA MECÁNICO	TORNILLERIA	Instalación de tornillería de los rieles del pórtico	1	0	5 días	0%	04/01/2013 9:00
16	SISTEMA MECÁNICO	SISTEMA DE ELEVACIÓN	Instalación del sistema	1	0	4 días	0%	11/01/2013 9:00
17	SISTEMA MECÁNICO	SISTEMA DE ELEVACIÓN	Instalación de guaya	1	0	1 día	0%	17/01/2013 9:00
18	SISTEMA MECÁNICO	SISTEMA DE ELEVACIÓN	Limpieza y aplicación de pintura	1	0	2 días	0%	18/01/2013 9:00
19	SISTEMA MECÁNICO	SISTEMA MECÁNICO	Prueba de funcionamiento sin carga.	1	0	2 días	0%	22/01/2013 9:00
20	SISTEMA MECÁNICO	SISTEMA MECÁNICO	Prueba de funcionamiento con carga.	1	0	1 día	0%	24/01/2013 9:00
21	SISTEMA ELÉCTRICO	SISTEMA ELÉCTRICO	Prueba de tableros, bandejas y componentes eléctricos	1	0	20 días	0%	10/12/2012 9:00
22	SISTEMA ELÉCTRICO	MOTORES	Megado de motores y repotenciación	1	0	5 días	0%	07/01/2013 9:00
23	SISTEMA ELÉCTRICO	SISTEMA DE CABLEADO	Montaje de bandejas para el cableado y el sistema de interconexión general	1	0	10 días	0%	04/02/2013 9:00
24	SISTEMA ELÉCTRICO	SISTEMA DE CABLEADO	Reacondicionamiento de tableros e instalación	1	0	10 días	0%	18/02/2013 9:00
25	SISTEMA ELÉCTRICO	SISTEMA DE CABLEADO	Instalación de cableado	1	0	8 días	0%	04/03/2013 9:00
26	SISTEMA ELÉCTRICO	PRUEBA ELÉCTRICA	Prueba de funcionamiento sin carga (Medición de voltaje y corriente).	1	0	2 días	0%	14/03/2013 9:00

Figura E.1 Impresión de pantalla de la base de datos de la herramienta en Microsoft Excel para llevar el control y seguimiento del programa maestro. (Aponte Anny 2012)

APÉNDICE F
Fotografías del área en estudio



Figura F.1 Vista Aguas abajo del Macro – componente Aliviadero.
(Aponte Anny, 2012).



Figura F.2 Vista Aguas arriba del macro – componente Aliviadero.
(Aponte Anny, 2012).



Figura F.3 Grúa pórtico provisional de 250 Toneladas. (Aponte Anny, 2012).



Figura F.4 Sistema de traslación del pórtico de la Grúa. (Aponte Anny, 2012).



Figura F.5 Tambor de enrollamiento de la guaya “Sistema de Elevación”. (Aponte Anny, 2012).



Figura F.6 Sistema de traslación del carro.
(Aponte Anny, 2012).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	DISEÑO DE PROGRAMA MAESTRO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA GRÚA PÓRTICO PROVISIONAL DE 250 TONELADSAS EN EL MACRO-COMPONENTE ALIVIADERO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO “MANUEL PIAR” EN TOCOMA. MUNICIPIO ANGOSTURA - ESTADO BOLÍVAR.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Aponte, Anny	CVLAC	V-20.262.247
	e-mail	gaby0510_90@hotmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Programa maestro
Repotenciación
Aliviadero
Ductos de fondo
Grúa pórtico
AMEF
Modos de fallo

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Ingeniería Industrial	Ingeniería Industrial

Resumen (abstract):

La investigación llevada a cabo tuvo como objetivo general, “Diseñar programa maestro para la repotenciación de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas para efectuar maniobras de montaje y desmontaje de tapones y compuertas de mantenimiento en los ductos de desvío aguas arriba del macro-componente Aliviadero en el Proyecto Hidroeléctrico Manuel Piar en Tocomá”. Dicha investigación tuvo un período de ejecución de 6 meses, en los cuales se llevaron a cabo una serie de técnicas para la recolección de la información: entrevistas no estructuradas, con lo que se pudieron determinar las actividades operativas de la grúa. Guías de inspección, permitiendo determinar las condiciones actuales de la grúa y con la observación directa e investigación documental se conocieron los componentes que integran la grúa, así como también las funciones de cada una de ellas. De una población total de 2 grúas pórticos, una de 100Toneladas y otra de 250Toneladas, la muestra seleccionada fue la grúa de 250Toneladas. Para el análisis e interpretación de los resultados, inicialmente se realizó un diagnóstico de las condiciones actuales y componentes técnicos de la grúa pórtico provisional de 250 Toneladas, seguidamente se determinaron las fallas potenciales con las aplicación del análisis de modo y efecto de fallos, luego se procedieron a planificar las actividades requeridas para realizar el programa maestro de repotenciación de control y seguimiento. Entre las conclusiones: se pudieron determinar y priorizar las fallas de acuerdo al NPR, obteniéndose tanto en el sistema de traslación del pórtico como en el de elevación, el motor eléctrico el que más presenta fallas. Por otro lado, se planificaron las actividades para la repotenciación de la grúa y luego se diseñó el programa maestro en Microsoft Project, así como la herramienta de control y seguimiento en Microsoft Excel para llevar a cabo el seguimiento de las actividades planificadas.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Aray, María	ROL	C <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	V-17.837.376
	e-mail	maria_fer_aray@hotmail.com
	e-mail	
Salomón, Jorge	ROL	C <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	V-5.557.046
	e-mail	jcsalomonl@hotmail.com
	e-mail	
Figueroa, Jesús	ROL	C <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	V-10.060.384
	e-mail	j2112figueroa@hotmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2013	01	11
------	----	----

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
TRABAJO DE GRADO AGAS.doc

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M
N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3
4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: CORPOELEC (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Industrial

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Departamento de Ingeniería Industrial

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR <i>Mazley</i>
FECHA <u>5/8/09</u> HORA <u>5:30</u>

Cordialmente,

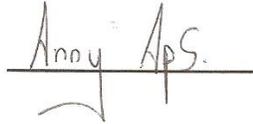
Juan A. Bolanos Currelo
JUAN A. BOLANOS CURRELO
Secretario

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

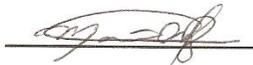
JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Anny APS.", is written over a horizontal line.

AUTOR

A handwritten signature in black ink is written over a horizontal line.

TUTOR