



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
VICERRECTORADO ACADEMICO  
GERENCIA GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO  
AREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PROPUESTA DE UN PLAN DE EJECUCIÓN PARA EL PROYECTO DE  
MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LAS CADENAS  
TRANSPORTADORAS DEL TREN DE ALAMBRON DE LA EMPRESA SIDOR C.A.**

Presentado a la Universidad Católica Andrés Bello,  
por:

Romero Guerra, Maryori Carolina.

para optar al título de  
Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor:  
Guillén Ana Julia

Caracas, Octubre de 2009

## ACEPTACION DEL ASESOR

Por la presente hago constar que he leído el Trabajo Especial de Grado, presentado por la ciudadana **Maryori Carolina Romero Guerra**, con cédula de identidad **N° 14.384.602**, para optar al grado de Especialista en Gerencia de Proyectos, cuyo título es “**Propuesta de un Plan de Ejecución para el Proyecto de Modernización del Sistema de Control de las Cadenas Transportadoras del Tren de Alambrón de la Empresa SIDOR C.A.**”; y manifiesto que cumple con los requisitos exigidos por la Dirección de los Estudios de Postgrado de la Universidad Católica Andrés Bello; y que, por lo tanto, lo considero apto para ser evaluado por el jurado que se decida designar a tal fin.

En la ciudad de Caracas, a los 23 días del mes de Noviembre de 2009.

---

Ing. Ana Julia Guillén

C.I. 7.599.767



## **DEDICATORIA**

A DIOS, quien siempre me ha iluminado y acompañado en todo mi camino.

A mi esposo Ruber y mi hijo Rubén, quienes son el centro de mi vida y mi fuente de inspiración. Los amo.

A mi Madre, quien es mi motivo de superación. Y la persona quien me ha dado el mejor ejemplo y apoyo insustituible. Mami Te amo.

A mis Hermanos, quienes son parte fundamental de mí, deseo ser su fuente de inspiración para que sigan adelante. Los amo.

A toda mi familia, en especial a mis primos, todos a estudiar y a superarse para ser excelentes profesionales del mañana.

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS, por ser tan grande conmigo, por que todos los días tienes lo mejor para mi. Gracias Dios mío.

A mi esposo Ruber y a nuestro hijo Rubén, por ser mi apoyo en todo momento, mis compañeros en las buenas y malas.

A mi Madre, por sus palabras y su apoyo incondicional. A ti Mami te debo todo.

A mis Hermanos, con los que he compartido toda mi vida, por acompañarme ha alcanzar este triunfo.

A mi Familia, por estar a mi lado y siempre preocuparse por mí.

Y Sra. Berta Zambrano por tenderme una mano amiga, la aprecio muchísimo.

A la Universidad Católica Andrés Bello por formarme como especialista. En especial a la Profesora Ana Julia Guillén por brindarme su ayuda y colaboración para el desarrollo de este proyecto.

A SIDOR, por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, participaron en mi vida para poder obtener este triunfo.

A todos muchísimas gracias.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>p.p</b>
ACEPTACIÓN DEL ASESOR.....	II
CARTA DE APROBACIÓN DE EMPRESA.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1 Planteamiento del Problema.....	13
1.2 Justificación de la Investigación.....	20
1.3 Objetivos de la Investigación.....	21
1.3.1 Objetivo General.....	21
1.3.2 Objetivos Específicos.....	21
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	22
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	22
2.2 Bases Teóricas.....	24
2.2.1 Definición de Proyecto y sus Características.....	24
2.2.2 Gerencia de Proyectos.....	25
2.2.3 Procesos de la Gerencia de Proyectos.....	27
2.2.4 Áreas de Conocimiento de la Gerencia de Proyectos....	28
2.2.5 Procesos de Planificación.....	32
2.2.6 Controlador Lógico Programable (PLC).....	47
2.2.7 Variadores de velocidad.....	48
2.2.8 Variadores de velocidad de corriente alterna.....	49
2.2.9 Motor de corriente alterna.....	50
CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGICO.....	51
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	51
3.2 Población y muestra.....	52
3.3 Recolección, procesamiento y análisis de datos.....	53
3.4 Procedimiento.....	54
3.5 Consideraciones Éticas y Legales.....	56
CAPITULO IV: MARCO ORGANIZACIONAL.....	57
4.1 Reseña Institucional.....	57
4.2 Reseña Histórica.....	58

4.3 Visión y Misión.....	60
4.4 Estructura Organizativa.....	61
4.5 Proceso del tren de alambrón.....	63
CAPITULO V: DESARROLLO.....	70
5.1 Definición del alcance.....	70
5.2 Crear Estructura desagregada de trabajo (EDT).....	75
5.3 Definición de las actividades.....	77
5.4 Establecimiento de la Secuencia de las Actividades.....	83
5.5 Estimación de Recursos de las Actividades.....	84
5.6 Estimación de la Duración de las Actividades.....	91
5.7 Desarrollo del Cronograma base.....	95
5.8 Estimación de Costes.....	99
5.9 Preparación del Presupuesto de Costes.....	103
5.10 Identificación de Riesgos.....	108
5.11 Análisis Cualitativo de Riesgos.....	109
5.12 Planificación de la Respuesta a los Riesgos.....	111
CAPITULO VI: ANALISIS DE RESULTADOS.....	118
CAPITULO VII: EVALUACION DEL PROYECTO.....	121
CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	122
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	124
ANEXOS.....	126

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>p-p</b>
Tabla 1. Comparación Sistema de Control Actual vs. Sistema Objetivo.....	18
Tabla 2. Procesos de la Gerencia de Proyectos.....	31
Tabla 3. Alcance del Proyecto de Modernización de las Cadenas Transportadoras .....	72
Tabla 4. Modelo de Hoja de Ruta de Mantenimiento.....	78
Tabla 5. Listado de actividades de Proyecto de Modernización del tren de alambIÓN.....	80
Tabla 6. Hoja de Ruta Cambio de Motores C.C. Cadena Stelmor.....	85
Tabla 7. Lista de Materiales y Equipos.....	87
Tabla 8. Listado de Recurso Humano por Actividad.....	88
Tabla 9. Duraciones Estimadas de Actividades.....	92
Tabla 10. Lista de Equipos y Materiales y Costos asociados.....	101
Tabla 11. Lista de Horas-Hombre y Costos Asociados.....	102
Tabla 12. Costos Totales del Proyecto.....	102
Tabla 13. Presupuesto de Equipos y Materiales Distribuidos Mensualmente.....	104
Tabla 14. Presupuesto de Horas-Hombre Distribuidos Mensualmente.....	104
Tabla N° 15. Riesgos Identificados por Categorías.....	108
Tabla 16. Descripción de Escala de Probabilidad.....	110
Tabla 17. Descripción de Escala de Impacto.....	110
Tabla 18. Matriz de Calificación de Riesgos.....	111
Tabla 19. Plan de Respuesta a los Riesgos.....	113
Tabla 20. Listado de Equipos de Repuesto.....	116

## INDICE DE FIGURAS

	<b>p.p</b>
Figura N°1. Demoras Anuales en las Cadenas Transportadoras del Tren de Alambrón 2004-2008. ....	15
Figura N° 2. Demoras en Cadenas Transportadoras del Tren de Alambrón año 2008. ....	16
Figura N° 3. El Arte de Gerenciar un Proyecto.....	26
Figura N° 4. Descripción General de la Gestión del Alcance del Proyecto.....	37
Figura N° 5. Método de Diagramación por Procedencias.....	39
Figura N° 6. Descripción General de la Gestión del Tiempo del Proyecto.....	42
Figura N° 7. Descripción General de la Gestión de los Costes del Proyecto.....	44
Figura N° 8. Descripción General de la Gestión de los Riesgos del Proyecto.....	46
Figura N° 9. Flujograma de Procesos de Elaboración del Plan de Ejecución del Proyecto de Modernización del Sistema de Control de las Cadenas Transportadoras del Tren de Alambrón.....	55
Figura N° 10. Mapa de Ubicación de Sidor. ....	58
Figura N° 11. Estructura Organizativa de Sidor.....	62
Figura N° 12. Organigrama Gerencia General de Mantenimiento...	63
Figura N° 13. Proceso de Producción de Sidor. ....	64
Figura N° 14. Proceso de Producción de Alambrón de Sidor.....	66
Figura N° 15. Cadenas Transportadoras del Tren de Alambrón de Sidor.....	68
Figura N° 16. Diagrama del Sistema de Control de las Cadenas transportadoras Actual. ....	73
Figura N° 17. Diagrama del Sistema de Control de las Cadenas Transportadoras a ser implementado. ....	74
Figura N° 18. Estructura de Desglose de Trabajo del proyecto de Modernización de las Cadenas Transportadoras del Tren de Alambrón. ....	76
Figura N° 19. Curva S Presupuesto de Equipos y Materiales del Proyecto.....	105
Figura N° 20. Curva S de Presupuesto Mano de Obra y Servicio Técnico del Proyecto.....	105
Figura N° 21. Curva S de Presupuesto General del Proyecto.....	106

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
VICERRECTORADO ACADEMICO  
GERENCIA GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO  
AREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

PROPUESTA DE UN PLAN DE EJECUCIÓN PARA EL PROYECTO DE  
MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LAS CADENAS  
TRANSPORTADORAS DEL TREN DE ALAMBRÓN DE SIDOR C.A.

Autor: Romero Guerra Maryori Carolina  
Asesor: Ana Julia Guillén  
Año: 2009

### **Resumen**

La presente investigación contempló la propuesta de un “Plan de ejecución para el proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambión de SIDOR C.A.” cuyo objetivo fundamental fue el desarrollo de una herramienta que permita al equipo de mantenimiento responsable de la ejecución del proyecto de modernización tener un guía de todas las actividades requeridas para que la terminación del proyecto se realice dentro de los parámetros de tiempo, costo y especificaciones técnicas planificadas. Las cadenas transportadoras son uno de los equipos principales del proceso productivo del tren de alambión de la empresa SIDOR, las fallas eléctricas en estos equipos, asociadas principalmente por la obsolescencia del sistema actual han aumentado en los últimos años, lo cual impacta negativamente la continuidad operativa de la planta. Por esta razón el departamento de mantenimiento decidió llevar a cabo un proyecto para la sustitución del sistema de control actual de las cadenas transportadoras por un sistema de alta tecnología que permita disminuir las fallas en estos equipos de manera de aumentar la continuidad operativa del tren de alambión. Dicho proyecto debe ser desarrollado dentro de un tiempo y presupuesto limitado por lo que se hizo necesario llevar a cabo un adecuado proceso de planificación que permitiera determinar todas las actividades, los riesgos asociados, los recursos estimados, sus duraciones y el coste. El plan de ejecución se fundamentó principalmente en las herramientas y técnicas relacionadas a la planificación de la gestión de alcance, de tiempo, de riesgo y de costo, sugeridas por el Project Management Institute, PMI, (2008).

Palabras claves: proyecto, plan de ejecución, planificación, alcance, tiempo, costos, riesgo, cadenas transportadoras, modernización, sistema de control.

## INTRODUCCION

SIDOR es una organización dedicada al procesamiento del mineral de hierro para la fabricación de productos de acero, los cuales son destinados al mercado nacional e internacional. Está conformado por una serie de plantas que están enmarcados en dos grandes grupos: plantas de productos planos y plantas de productos largos, dentro de estas últimas se encuentra el tren de alambrón donde se fabrican rollos de alambre de diferentes diámetros.

En los últimos años la continuidad del proceso productivo del tren de alambrón, se ha visto afectada por el aumento del número de fallas de sus equipos, lo cual ha generado pérdida de producción. Uno de los equipos que más ha causado paradas de plantas, asociadas principalmente por fallas eléctricas, es el conjunto de cadenas transportadoras. Estas poseen un sistema de control obsoleto, con insuficiente “stock” de repuesto y discontinuado por el fabricante. Por este motivo el departamento de mantenimiento del tren de alambrón tomó la decisión de llevar a cabo un proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras con el fin de lograr mejores resultados en la continuidad operativa de la planta que los obtenidos actualmente.

El presente trabajo, denominado “Propuesta de un plan de ejecución para el proyecto de modernización de sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambrón de la empresa Sidor” pretende aportar al departamento de mantenimiento de alambrón una herramienta basada en las áreas de conocimiento del alcance, tiempo, costo y riesgo de la metodología del PMI (Project Management Institute) que permitirá maximizar las posibilidades de llevar a cabo el proyecto planificadamente dentro del tiempo, presupuesto y especificaciones técnicas establecidas, así como también manejar los posibles riesgos que puedan producirse durante el desarrollo del mismo y poder llevar un adecuado

seguimiento que les permita al equipo responsable detectar cualquier desviación que perjudique la conclusión exitosa del proyecto.

Este trabajo de investigación es un proyecto de investigación y desarrollo, apoyado en un diseño mixto, estructurado en fases que inicia con la propuesta de investigación, justificación y objetivos, seguidamente del desarrollo del marco teórico, metodológico y organizacional, necesarios para llevar a cabo el desarrollo de los objetivos de esta investigación y finalmente la exposición de los resultados y conclusiones.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del Problema

En el contexto actual de la economía mundial, el mercado del acero es muy competitivo, hecho por el cual las empresas siderúrgicas que pretenden sobrevivir a esta férrea competencia y garantizar su prosperidad y continuidad en el negocio deben a toda costa, entre otras cosas, asegurar el cumplimiento de la siguiente meta: producir en cantidad, calidad y oportunidad el acero solicitado por sus clientes.

Para cumplir la meta descrita anteriormente, las empresas siderúrgicas necesitan mantener una continuidad operativa de cada una de las líneas de producción que la conforman. La empresa SIDOR, un complejo siderúrgico que pretende posicionarse firmemente en el mercado mundial del acero, no escapa a esta realidad.

SIDOR es una organización dedicada al procesamiento del mineral de hierro para la fabricación de productos de acero, los cuales son destinados al mercado nacional e internacional. “En este complejo, uno de los más grandes de su tipo en el mundo, se fabrican productos que satisfacen las necesidades de clientes provenientes de diferentes industrias, como la metalmecánica, la construcción, la petrolera, la automotriz, la fabricación de envases y electrodomésticos. Es así como ofrece a los clientes una variada gama de productos de diferentes tipos de acero enmarcados en dos grandes grupos, los planos donde se distinguen las bobinas de acero laminadas en caliente y en frío, hojalata y bobinas cromadas y los productos largos como lo son la cabilla y el alambón”<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Ternium Sidor. Una década de progreso. [http://www.ternium.com/sidor10/sec\\_01.asp](http://www.ternium.com/sidor10/sec_01.asp) (2008).

El alambión es un producto elaborado a partir de un proceso de laminación en caliente de las palanquillas provenientes de la planta de Acería. La planta de alambión tiene una capacidad instalada de 600.000 T/año y se elaboran productos de diferentes diámetro que van desde ¼ hasta ½ pulgada.

En los últimos años la continuidad del proceso productivo de la planta, constituida por el tren de alambión, se ha visto afectada por el aumento del número de fallas de sus equipos, por esta circunstancia el personal del departamento de mantenimiento de alambión adscrito a la Gerencia General de Mantenimiento la cual se encarga de implementar las acciones necesarias para mantener los equipos disponibles en cada una de las plantas, realizó un análisis de fallas de los equipos generando el abc de demoras<sup>2</sup>. Este análisis de fallas fue elaborado en Agosto del año 2008 por los ingenieros de mantenimiento de alambión Pedro Bastidas y Ruber Reyes. El análisis abarcó el comportamiento de los equipos desde enero 2004 hasta agosto 2008. Los datos de este análisis fueron tomados de la base de datos de los sistemas donde se reportan las demoras generadas en el tren de alambión.

A través del abc de demoras se logra determinar que las cadenas transportadoras, en su conjunto, son el segundo equipo que impacta negativamente en continuidad operativa de la planta. El primer lugar lo obtienen los ganchos transportadores, que son un conjunto de cuarenta y ocho estructuras móviles que transportan los rollos de alambre hasta el despacho, pero actualmente se están realizando mejoras de manera progresiva en estos equipos.

---

<sup>2</sup> Abc de demoras: es un cuadro que muestra los equipos que han causado la mayor cantidad de demoras en orden descendente.

En el análisis de fallas se logró apreciar que durante los últimos años, los eventos de fallas ocurridos en las cadenas transportadoras se han incrementado, tal como se observa en la Figura N° 1.

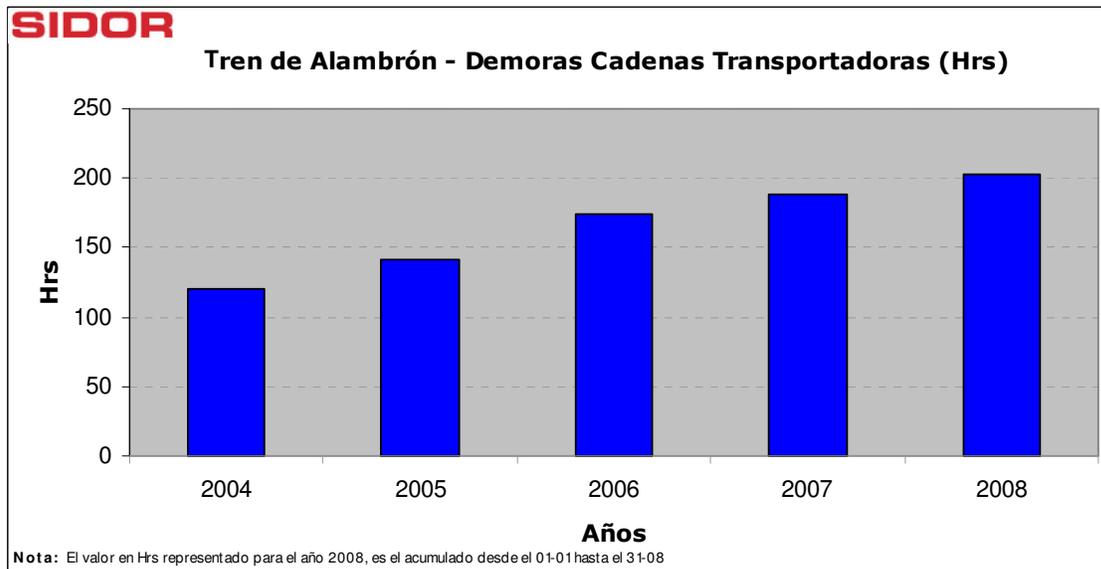


Figura N°1. Demoras anuales en las cadenas transportadoras del tren de alambrón 2004-2008.

Fuente: Bastidas, P. & Reyes, R. (2008).

También se concluyó que la mayor causa de los eventos ocurridos en las cadenas transportadoras es generada por fallas eléctricas, específicamente daños en las tarjetas del sistema de control de motores. En la Figura N° 2 (p. 16) se muestran las demoras en las cadenas transportadoras por especialidad desde el 01 de Enero hasta el 31 de Agosto del año 2008.

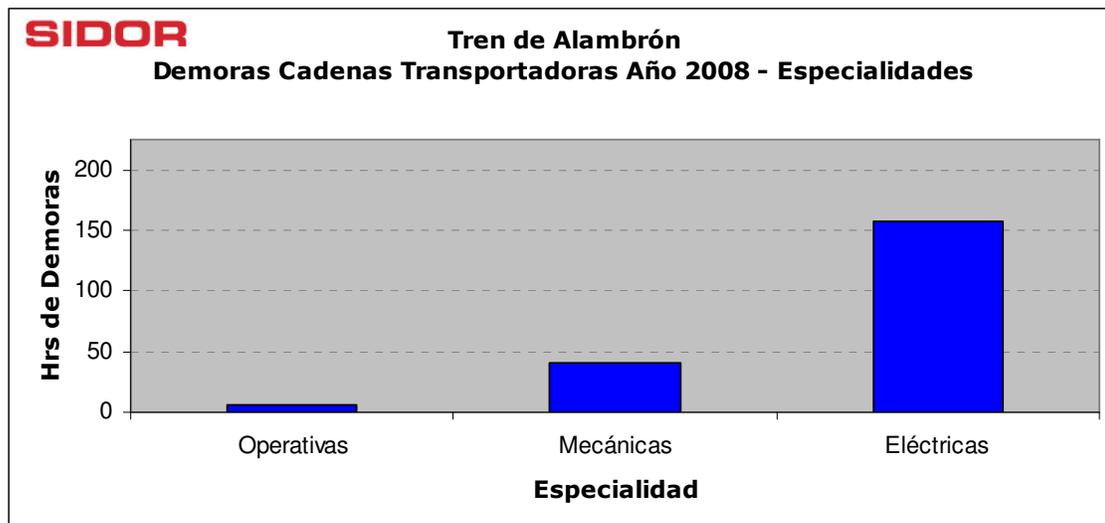


Figura N° 2. Demoras en cadenas transportadoras del tren de alambón año 2008.  
Fuente: Bastidas, P. & Reyes, R. (2008).

Haciendo un análisis de producción del tren de alambón entre el 01 de enero y el 31 de agosto del año 2008, teniendo los siguientes datos de referencia:

- Tiempo de fallas eléctricas: 157 Hrs
- Velocidad de producción: 80 TN/H
- Precio promedio de la tonelada de alambón: 300 US\$

Y aplicando las formulas a continuación:

$$\text{TN de producción} = \text{Tiempo de producción} \times \text{Velocidad de producción}$$

$$\text{Promedio de Ventas (US\$)} = \text{TN de producción} \times \text{Precio promedio de TN (US\$)},$$

se obtiene que durante el tiempo de demoras eléctricas se dejaron de producir 12560 TN de alambón, equivalente a un promedio de ventas de 3,768 MMUS\$ lo que ocasionó pérdidas para la empresa.

Por otro lado, las cadenas trasportadoras forman parte de los equipos principales del proceso productivo del tren de alambón, y su función es trasladar las espiras que se forman al finalizar el proceso de laminación hasta otro equipo que se

encarga de formar el rollo de alambión, mediante el traslado se realiza la separación y el enfriamiento controlado de las espiras.

Las cadenas transportadoras, están conformadas por dos cadenas stelmor y dos cadenas alimentadoras. Actualmente cada cadena posee un sistema de control marca Siemens® formado por un motor de corriente continua y un sistema de regulación de motor de corriente continua, comandado a través de un controlador lógico programable (PLC) modelo S5. Tanto los motores como los sistemas de regulación son los equipos instalados originalmente durante la construcción de la planta en el año 1979 a los cuales no se les han realizado actualizaciones ni modificaciones. Por el contrario, los controladores lógicos programables actuales fueron instalados en el año 1990, pero a partir del año 1994 el sistema de regulación del motor fue discontinuado y el PLC S5 en el año 1997, con lo cual el fabricante dejó de comercializar repuestos. Adicionalmente, en la actualidad el departamento de mantenimiento no posee un “stock” suficiente de repuestos y las reparaciones de las tarjetas del sistema de regulación y de los PLC S5 se hacen cada vez más difíciles de realizar debido a que muchos de sus componentes electrónicos están en desuso y no se encuentran en el mercado por la evolución acelerada de la electrónica.

Por lo descrito anteriormente, debido a que las cadenas transportadoras forman parte de los equipos principales del proceso productivo del tren de Alambión y cada falla eléctrica en estos equipos genera una demora o parada en el proceso productivo que ocasiona pérdidas, el departamento de mantenimiento de alambión tomó la decisión de realizar el cambio del sistema de control existente por un sistema conformado por motores de corriente alterna y variadores de velocidad de alta tecnología, que estén dentro de los estándares de nuevos equipos establecidos por SIDOR y aprovechar la disponibilidad de dos PLC de última tecnología actualmente en funcionamiento, los cuales controlan equipos cercanos, para comandar a través de estos a las cadenas transportadoras. En la tabla 1(p.

18) se muestra una comparación de las características del sistema actual y del sistema que se desea implementar.

La implementación de este nuevo sistema permitirá aumentar la disponibilidad de la planta, la disminución de las fallas, menos paradas de emergencia y disminución de los costos, en consecuencia continuidad operativa en el proceso, un aumento en la productividad, cumplimiento al cliente en tiempo y forma, generando a su vez una mayor rentabilidad para la empresa.

No obstante, la decisión de ejecutar este proyecto no plantea la realización de una parada especial de planta para llevarse a cabo, sino que la puesta en funcionamiento del nuevo sistema se deberá realizar dentro de los tiempos previstos para la reparación extraordinaria (REX), este período de parada fue establecido en cinco días, ya que una parada especial acarrearía pérdida de producción, por lo cual se deberá realizar la mayor cantidad de trabajo posible previo a la REX.

**TABLA 1. Comparación sistema de control actual vs. sistema objetivo**

<b>SISTEMA ACTUAL</b>	<b>SISTEMA OBJETIVO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistema de control de vieja tecnología</li> <li>▪ Déficit en el stock de repuestos</li> <li>▪ Discontinuidad de repuestos de PLCs y sistemas de regulación por el fabricante</li> <li>▪ Costos elevados de mantenimiento</li> <li>▪ Sistemas de regulación por partes, abiertos de grandes dimensiones</li> <li>▪ Alto riesgo de contacto con energía eléctrica al intervenir sistema de regulación</li> <li>▪ Fallas en la etapa de campo del sistema de regulación puede ocasionar que el motor de corriente continua se embale</li> <li>▪ Mayor equipamiento de protección eléctrica</li> <li>▪ Tiempos prolongados en la detección de fallas</li> <li>▪ Alta frecuencia de fallas</li> <li>▪ Limitación en la continuidad operativa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistema de control de última tecnología</li> <li>▪ Equipos estandarizados en Sidor, se cuenta con suficiente stock de repuestos en todas las plantas</li> <li>▪ Comercialización de repuestos de todos los equipos</li> <li>▪ Reducción de costos de mantenimiento</li> <li>▪ Equipos compactos cerrados con dimensiones reducidas</li> <li>▪ Bajo riesgo de contacto con energía eléctrica al intervenir variador de velocidad</li> <li>▪ Motor de corriente alterna sin riesgo de embalsarse</li> <li>▪ Sistema de protección eléctrica incorporado al equipo</li> <li>▪ Detección rápida de fallas</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia (2009).

Por otro lado, se dispone de un presupuesto limitado, por lo que el proyecto deberá ser implementado por el personal de mantenimiento con los recursos que se disponen dentro del presupuesto aprobado para su gestión, evitando así incurrir en costos asociados a horas-hombres de ingeniería.

Sin embargo, en experiencias anteriores de proyectos de mejoras de menor magnitud ejecutados por personal del departamento de mantenimiento de alambión, los tiempos de ejecución se han prolongado hasta el doble de lo previsto, originado principalmente por falta de planificación debido a la inexperiencia del equipo responsable en este proceso.

De realizar la ejecución del proyecto sin una adecuada planificación, donde se defina correctamente el alcance, detallando todas las actividades necesarias, con una precisa estimación del tiempo y de todo el recurso humano y material necesario para llevar a cabo el proyecto, ocasionaría la prolongación de la reparación extraordinaria, generando costos adicionales y pérdida de producción, siendo estos aspectos los que se quieren evitar.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se hace necesario diseñar un adecuado plan de ejecución que permita llevar a cabo coordinada y planificadamente el proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambión de SIDOR, para cumplir con el tiempo establecido, el presupuesto y con los requerimientos técnicos.

Por lo anterior, surge la siguiente interrogante: ¿Cuáles deben ser los componentes de un plan de ejecución para la modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambión de la empresa SIDOR que permitan cumplir cabalmente con el proyecto?

La respuesta a esta pregunta, constituye la razón de ser de esta investigación.

## **1.2 Justificación de la Investigación**

El plan de ejecución para el proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambión de SIDOR permitirá al equipo responsable maximizar las probabilidades de éxito del proyecto. A través de una estrategia de trabajo que oriente la ejecución del proyecto por un camino viable, que garantice entre otras cosas, la entrega oportuna de sus productos y la calidad del proyecto bajo el presupuesto establecido; asumiendo los principales riesgos, que de alguna manera, puedan incidir en la ejecución del proyecto. Así como también, determina a un nivel más preciso el programa línea base que consiste en fechas planificadas de inicio y terminación, secuencia lógica de ejecución y los recursos asociados a cada una de las actividades que se deben desarrollar para cumplir con las principales entregas del proyecto, asumiendo las restricciones propias del mismo, este documento garantiza mediante su cumplimiento la culminación en tiempo del proyecto. Mediante el plan de ejecución se podrá llevar un adecuado seguimiento en la ejecución que permitirá detectar cualquier desviación que perjudique la conclusión exitosa del proyecto evitando así pérdidas de producción y aumento de costos. Es vital comprender que no puede existir control si no se cuenta con un plan previo que sirva como patrón de comparación entre lo planificado y lo ejecutado.

Desde un enfoque teórico, el desarrollo de esta investigación se soportó en los procesos de planificación de las áreas de conocimiento de la gestión de alcance, tiempo, riesgos y costos de acuerdo a la metodología del PMBOK (2008).

Desde el punto de vista metodológico, este plan contribuirá a dejar un activo de base de conocimiento a la organización en cuanto a la planificación de los proyectos de mantenimiento que se hace tan necesaria debido a las exigencias mayores de producción y servirá como referencia para futuros proyectos relacionados con la aplicación de la gerencia de proyectos en el área de

mantenimiento, específicamente para la planificación de las paradas de mantenimiento de planta.

Es importante mencionar que por razones de tiempo, en el presente trabajo de investigación solo fueron desarrollados los procesos de la gestión de alcance, tiempo, costo y riesgos del grupo de procesos de planificación por ser estos procesos fundamentales y que mayor impacto tienen en la ejecución del proyecto.

### **1.3 Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar un plan de ejecución para el proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambrón de SIDOR C.A.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar el alcance del proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras.
2. Desarrollar el cronograma base de actividades, con sus secuencias lógicas, duraciones, hitos principales y requisitos de recursos para el proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras.
3. Definir el presupuesto de costos estimados del proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras.
4. Identificar y priorizar los riesgos que puedan presentarse en el proyecto y definir un plan de respuesta.
5. Diseñar el plan de ejecución del proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras integrando los aspectos de alcance, tiempo, riesgos y costos.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

Para esta investigación se revisaron varios trabajos especiales de grado de especialistas en Gerencia de Proyectos egresados de la Universidad Católica Andrés Bello, los mismos conforman los antecedentes al presente estudio.

El primer antecedente lo constituye un trabajo de grado titulado *Plan de ejecución de reparaciones refractarias en el horno rotatorio de la planta de pellas de Ferrominera del Orinoco*, elaborado por Dalky Glod en el año 2002. Dicho estudio estuvo enmarcado en el tipo de investigación proyecto factible y se emplearon como técnicas de recolección de datos la entrevista personal y la revisión de fuentes documentales existentes. El objetivo fundamental de la investigación fue elaborar un plan de ejecución eficiente para el proyecto que tiene como propósito realizar reparaciones refractarias en el horno rotatorio con miras a disminuir las pérdidas de producción por las demoras generadas durante las reparaciones en ese equipo debido a fallas en la logística, para lo cual la autora aplicó las herramientas de Gerencia de Proyectos obteniendo un documento que permite servir como guía para realizar reparaciones.

Dentro del manejo del alcance del proyecto, quedó definido el punto de inicio y de verificación del alcance del proyecto de reparación. En el manejo del tiempo y las compras del proyecto se definieron las actividades en tres cronogramas, donde se establece la reparación refractaria, la adquisición de los materiales y la adquisición de la mano de obra. La autora concluyó que estos tres cronogramas son una herramienta fundamental para realizar el seguimiento del proyecto con el fin de tomar acciones necesarias en caso de desviaciones. El estudio de Glod sirve como base referencial a la investigación propuesta en este trabajo ya que tiene un

enfoque de la Gerencia de Proyecto hacia el mantenimiento industrial y se basa en las áreas de conocimiento de gestión del alcance, tiempo y procura con la finalidad de disminuir demoras por falta de planificación en las intervenciones de mantenimiento de los equipos.

El segundo antecedente a esta investigación lo constituye un trabajo especial de grado elaborado en el año 2007 por Luis Alberto Losada titulado *Plan preliminar del proyecto actualización del sistema de control digital en C.V.G. Bauxilum operadora de alúmina*. Esta es una propuesta operativa factible, de campo no experimental que se elaboró usando las herramientas de la Gerencia de proyecto. Losada, en su investigación integra las áreas del alcance, del tiempo, de los riesgos, costos y elementos de control con el objetivo de desarrollar un plan preliminar del proyecto actualización del sistema de control digital. El autor concluyó que su investigación representa un punto de partida que permitirá el desarrollo definitivo del plan integral del proyecto, al cual será necesario detallar los elementos incluidos y anexar el resto de las áreas de conocimiento de la gestión de proyectos. El estudio de Losada, sirve como referencia a esta investigación por dos aspectos fundamentales, primeramente por tratarse de un proyecto tecnológico donde se plantea un cambio de un sistema de control y en segundo lugar por el manejo de las áreas de conocimiento de la gestión del alcance, tiempo y costos logrando obtener objetivos similares a los esperados por la presente investigación.

El tercer antecedente se trata de una investigación realizada en el año 2007 por Jimmy Delgado titulada *Plan de gerencia del alcance, tiempo y riesgos del proyecto de ampliación de la planta de tratamiento de agua de campo rosario*. El tipo de investigación es del tipo aplicada orientado a Investigación y Desarrollo. Como técnicas de recolección de datos se emplearon la entrevista personal, la observación y la revisión de fuentes documentales existentes. La finalidad del estudio es llevar a cabo la definición y plan de gerencia del alcance, tiempo y

riesgos del proyecto de ampliación de la planta de tratamiento para que así pueda llegar a manejar, de manera eficiente y en el menor tiempo posible, la producción de agua de los campos de la Palma y Rosario. El estudio de Delgado sirve como guía en lo que respecta al manejo de la gestión del alcance, tiempo y costos. El autor presenta objetivos similares a los presentados en la presente investigación y su estudio se encuentra en el ámbito industrial.

## **2.2 Bases Teóricas**

Dentro de esta sección se exponen los lineamientos teóricos que sustentaron el presente estudio los cuales están enmarcados en dos grandes áreas. La primera de ellas dedicada a los principios fundamentales de la gerencia de proyectos basados en la metodología presentada por el PMI mostrados en la *Guía de los fundamentos de la Gerencia de Proyectos* y la segunda relacionada al conocimiento del ámbito técnico que involucra la implementación de un sistema de control moderno en la cadena transportadora del tren de alambión de empresa SIDOR C.A. De esta forma se garantiza cubrir los enfoques que constituyen parte fundamental de la investigación situando el problema objeto de estudio dentro de un conjunto de conocimientos, lo más sólido posible, a fin de orientar la búsqueda de una respuesta adecuada a la interrogante generada en el planteamiento del problema.

### **2.2.1 Definición de Proyecto y sus Características**

Un proyecto se puede definir como un conjunto de actividades que se llevan a cabo coordinadamente y de forma temporal con el objeto de producir un bien o servicio único.

Entre las características más importantes de un proyecto se encuentran:

- Temporal: tiene un tiempo de ejecución previamente definido.

- Único: el resultado del proyecto es irreplicable.
- No continuo: tiene un principio y un fin que ocurre cuando se logran los objetivos y se declara completado físicamente el proyecto.
- Incertidumbre: por lo cual requiere de mucha planificación y control sobre lo que se está ejecutando.
- Multidisciplinario: requiere participación de un conjunto de recursos y personas con diferentes habilidades.
- Evolutivo: se refiere a que tiene un ciclo de vida.

Además de estas características los proyectos tienen recursos limitados y procedimientos preestablecidos.

### **2.2.2 Gerencia de Proyectos**

Según el PMBOK (2008), la gerencia de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos del proyecto. La gerencia de proyectos se logra a través de la ejecución de procesos, que reciben entradas y generan salidas.

De acuerdo a Palacios (2005) la gerencia de proyecto es un arte que requiere un adecuado balance entre un conjunto de demandas competitivas entre sí, las cuales se muestran en la Figura N° 3 (p. 26).



Figura N° 3. El arte de gerenciar un proyecto  
Fuente: Palacios, 2005, p.47.

En la gerencia de proyectos deben identificarse los requerimientos y las expectativas en torno al proyecto, satisfacer las necesidades de la organización, clientes o consumidores, determinar el alcance adecuado para el proyecto y completar el proyecto en el tiempo establecido, dentro del presupuesto estipulado y con el desempeño adecuado.

De forma general, los aspectos que involucra la Gerencia de Proyectos son:

- Planificación del proyecto,
- Definición de las especificaciones de trabajo
- Definición de la cantidad de trabajo
- Definición de los recursos requeridos
- Observación del proyecto
- Hacer seguimiento de progreso
- Comparar lo realizado en la planificación
- Analizar el impacto
- Efectuar ajustes

### 2.2.3 Procesos de la Gerencia de Proyectos

Un proceso es un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas que se llevan a cabo para alcanzar un conjunto previamente especificado de productos, resultados o servicios y es el equipo del proyecto quien está a cargo de ejecutar los procesos de gerencia de proyectos.

Dentro de la gerencia de proyectos se manejan cinco grupos de procesos, que son aplicados de acuerdo al tipo de proyecto, siendo responsabilidad del gerente de proyecto en colaboración con su equipo el determinar cuales son los procesos apropiados a aplicar y el grado de rigor de los mismos para la ejecución del proyecto.

En el PMBOK (2008), los grupos de procesos de la Gerencia de Proyectos son descritos de la siguiente forma:

*Grupo de Procesos de Iniciación.* Define y autoriza el proyecto o una fase del mismo.

*Grupo de Procesos de Planificación.* Define y refina los objetivos, y planifica el curso de acción requerido para lograr los objetivos y el alcance pretendido del proyecto.

*Grupo de Procesos de Ejecución.* Integra a personas y otros recursos para llevar a cabo el plan de gestión del proyecto.

*Grupo de Procesos de Seguimiento y Control.* Mide y supervisa regularmente el avance, a fin de identificar las variaciones respecto del plan de gestión del proyecto, de tal forma que se tomen medidas correctivas cuando sea necesario para cumplir con los objetivos del proyecto.

*Grupo de Procesos de Cierre.* Formaliza la aceptación del producto.

La gerencia de proyectos es una tarea integradora, por lo que exige que todos los procesos estén correctamente alineados y concatenados.

Seguidamente, se identificaran las nueve áreas de Conocimiento de la Gerencia de Proyectos para posteriormente presentar con mayores detalles los contenidos de las áreas de gestión del alcance, tiempo, costo y riesgos.

#### **2.2.4 Áreas de Conocimiento de la Gerencia de Proyectos**

Según el PMBOK (2008), dentro de los cinco grupos de procesos se han identificado 44 procesos de la Gerencia de Proyectos los cuales han sido agrupados en las siguientes nueve Áreas de Conocimiento:

- *Gestión de la Integración del Proyecto*, describe los procesos y actividades que forman parte de los diversos elementos de la gerencia de proyectos, que se identifican, definen, combinan, unen y coordinan dentro de los Grupos de Procesos de Gerencia de Proyectos. Se compone de los procesos de gerencia de proyectos Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto, Desarrollar el Enunciado del Alcance del Proyecto Preliminar, Desarrollar el Plan de Gestión del Proyecto, Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto, Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto, Control Integrado de Cambios y Cerrar Proyecto.
- *Gestión del Alcance del Proyecto*, describe los procesos necesarios para asegurarse de que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y sólo el trabajo requerido, para completar el proyecto satisfactoriamente. Se compone de los procesos de gerencia de proyectos Planificación del Alcance, Definición del Alcance, Crear EDT, Verificación del Alcance y Control del Alcance.
- *Gestión del Tiempo del Proyecto*, describe los procesos relativos a la puntualidad en la conclusión del proyecto. Se compone de los procesos de

gerencia de proyectos Definición de las Actividades, Establecimiento de la Secuencia de las Actividades, Estimación de Recursos de las Actividades, Estimación de la Duración de las Actividades, Desarrollo del Cronograma y Control del Cronograma.

- *Gestión de los Costos del Proyecto*, describe los procesos involucrados en la planificación, estimación, presupuesto y control de costos de forma que el proyecto se complete dentro del presupuesto aprobado. Se compone de los procesos de gerencia de proyectos Estimación de Costos, Preparación del Presupuesto de Costos y Control de Costos.
- *Gestión de la Calidad del Proyecto*, describe los procesos necesarios para asegurarse de que el proyecto cumpla con los objetivos por los cuales ha sido emprendido. Se compone de los procesos de gerencia de proyectos Planificación de Calidad, Realizar Aseguramiento de Calidad y Realizar Control de Calidad.
- *Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto*, describe los procesos que organizan y dirigen el equipo del proyecto. Se compone de los procesos de gerencia de proyectos Planificación de los Recursos Humanos, Adquirir el Equipo del Proyecto, Desarrollar el Equipo del Proyecto y Gestionar el Equipo del Proyecto.
- *Gestión de las Comunicaciones del Proyecto*, describe los procesos relacionados con la generación, recogida, distribución, almacenamiento y destino final de la información del proyecto en tiempo y forma. Se compone de los procesos de gerencia de proyectos Planificación de las Comunicaciones, Distribución de la Información, Informar el Rendimiento y Gestionar a los Interesados.
- *Gestión de los Riesgos del Proyecto*, describe los procesos relacionados con el desarrollo de la gestión de riesgos de un proyecto. Se compone de

los procesos de gerencia de proyectos Planificación de la Gestión de Riesgos, Identificación de Riesgos, Análisis Cualitativo de Riesgos, Análisis Cuantitativo de Riesgos, Planificación de la Respuesta a los Riesgos, y Seguimiento y Control de Riesgos.

- *Gestión de las Adquisiciones del Proyecto*, describe los procesos para comprar o adquirir productos, servicios o resultados, así como para contratar procesos de gerencia. Se compone de los procesos de gerencia de proyectos Planificar las Compras y Adquisiciones, Planificar la Contratación, Solicitar Respuestas de Vendedores, Selección de Vendedores, Administración del Contrato y Cierre del Contrato. (p. 9-10).

En la tabla N° 2 (p. 31) se puede observar en resumen todos los procesos pertenecientes a los cinco grupos de procesos de la gerencia de proyectos distribuidos en las nueve áreas de conocimiento descritas anteriormente.

**TABLA 2. Procesos de la Gerencia de Proyectos**

ALCANCE	TIEMPO	COSTO	CALIDAD	RECURSOS HUMANOS	COMUNICACIONES	RIESGO	ADQUISICIONES	INTEGRACION
<i>Procesos de iniciación</i>								Desarrollar acta constitutiva del Desarrollar el enunciado del alcance
Planificación del alcance Definición del alcance Crear EDT	Definición de actividades Establecer secuencia actividades Estimación de recursos Estimación de duraciones Desarrollo del cronograma	Estimación de costos Preparación del presupuesto	Planificación de la calidad	Planificación de los recursos humanos	Planificación de las comunicaciones	Planificación de la gestión de riesgos Identificación de riesgos Análisis cualitativo de riesgos Análisis cuantitativo de riesgos Planificación de respuesta a los riesgos	Planificar las compras y adquisiciones Planificar la contratación	Desarrollar el Plan de gestión del proyecto
<i>Procesos de planificación</i>								
<i>Procesos de ejecución</i>								Dirigir y gestionar la ejecución del
Verificación del alcance Control del alcance	Control del cronograma	Control de costos	Control de la calidad	Gestionar el equipo de proyecto	Informar rendimiento Gestionar a los interesados	Seguimiento y control de riesgos	Administración del contrato	Supervisar y controlar el trabajo Control integrado de cambios
<i>Procesos de seguimiento y control</i>								
<i>Procesos de cierre</i>								Cerrar proyecto
							Cierre del contrato	

Fuente: Palacios, (2005).

### **2.2.5 Procesos de Planificación**

De acuerdo a la metodología del PMBOK (2008), el Grupo de Procesos de Planificación es usado por el equipo de gerencia del proyecto para planificar y gestionar con éxito un proyecto para la organización. Este grupo de procesos ayuda a recoger información de varias fuentes de diverso grado de completitud y confianza. Los procesos de planificación identifican, definen y maduran el alcance del proyecto, el costo del proyecto y planifican las actividades del proyecto que se realizan dentro del proyecto.

“Mientras planifica el proyecto, el equipo del proyecto debe involucrar a todos los interesados que corresponda, de acuerdo con cuál sea su influencia en el proyecto y sus resultados. El equipo del proyecto debe implicar a los interesados en la planificación del proyecto, ya que éstos tienen habilidades y conocimientos que pueden ser aprovechados en el desarrollo del plan de gestión del proyecto en cualquiera de los planes subsidiarios. El equipo del proyecto debe crear un entorno en el cual los interesados puedan contribuir apropiadamente” (PMBOK, 2008).

En la etapa organizativa de un proyecto, en la que dominan los procesos de planificación, es el momento cuando se debe crear una ruta o camino para que la ejecución de las actividades se realice de una forma coordinada entre las variables de tiempo, costo y desempeño en el proyecto.

De acuerdo a Palacios (2005), la planificación no es un simple documento, es una herramienta para la toma de decisiones con respecto al proyecto, en la cual se intenta contrastar el deseo de un grupo de stakeholders con las realidades de una situación. El proceso consiste en determinar cuáles son las actividades, qué recursos se requieren y cuándo se necesitan para la ejecución del proyecto. Es un proceso a través del cual se pretende sistematizar, por adelantado, lo que se

tratará de hacer en el futuro. Usualmente, se intenta dejar por escrito en un documento denominado "plan integral del proyecto", que debe ensamblar de forma coherente todo lo que se va a realizar durante la ejecución. Planificar es PENSAR ANTES DE ACTUAR. Una buena planificación implica una metodología para organizar el trabajo. Entre el conjunto de posibles preguntas que se formulan para planificar se encuentran:

- ¿Qué es lo que se debe hacer?
- ¿Por qué se está haciendo?
- ¿Para qué se hace?
- ¿Cómo debe ejecutarse? Es la pregunta base que origina la definición del alcance, por medio del listado de actividades.
- ¿Quién es el responsable? Es una pregunta que debe hacerse una vez que se ha definido cuáles son las actividades del proyecto.
- ¿Con qué herramientas se va a trabajar?
- ¿Cuánto tiempo deben durar? Esta pregunta tiene sentido hacerla una vez se ha determinado quién va a trabajar en la actividad y con qué herramientas lo va a hacer.
- ¿Cuándo se deben realizar las labores? Esta pregunta se puede responder con los resultados de las anteriores preguntas, al combinar los tiempos con la secuencia lógica de actividades y crear el cronograma.
- ¿Cuánto dinero se necesita?

La planificación es un proceso que le ofrece muchas ventajas a la organización. Entre las principales están:

- Permite integrar todos los trabajos haciendo que el equipo del proyecto comience a interactuar.
- Establece las bases para una comunicación eficiente, ya que todos los miembros comienzan a llamar cada cosa con un mismo nombre.

- Es un proceso que ayuda a prever y manejar los sucesos inesperados que puedan aparecer durante el proyecto, por intentar pronosticar hoy lo que debe suceder en el futuro.
- El plan proporciona bases para controlar los costos y el tiempo de ejecución, verificándose el avance del proyecto. Sin una planificación de actividades es imposible verificar si el proyecto está siendo ejecutado eficientemente, ni se puede comparar lo ejecutado versus lo deseado y, por tanto, su ausencia genera un estado de ceguera en el equipo del proyecto.
- En fin, la planificación es vital para establecer bases sólidas para el autoanálisis y el aprendizaje.

Para hacer una planificación efectiva, se debe realizar una serie de procesos considerados como básicos con la finalidad de delimitar las actividades, el tiempo y el costo del proyecto, y otros procesos de soporte que complementan un plan coherente e integrado para la ejecución.

De acuerdo a como lo concibe el PMI en su guía del PMBOK(2008), en materia de planificación, el área de gestión del alcance tiene tres grandes procesos: la planificación del alcance, la definición del alcance y la creación de la EDT.

### **Planificación del Alcance**

Este proceso permite crear un plan de gestión del alcance del proyecto que refleje cómo se definirá, verificará y controlará el alcance del proyecto, y cómo se creará y definirá la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT).

### **Definición del Alcance**

Consiste en desarrollar un enunciado del alcance del proyecto detallado como base para futuras decisiones del proyecto, en el que se genera la justificación, se definen los entregables y los objetivos del proyecto.

## **Crear EDT**

Implica subdividir los principales productos entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar y de esta manera proveer la materia prima básica para emprender el resto del proceso de planificación.

La Estructura Desagregada del Trabajo o Work Breakdown Structure es una herramienta Gerencial de fácil uso y aplicación y es usada para estructurar todo el proyecto. La EDT identifica el trabajo a realizar para conseguir los objetivos y variables establecidas en la fase de definición, a su vez muestra también el sumario y las tareas subordinadas, pero no determina cuando las tareas se van a completar o en que orden. Los niveles de una EDT son generalmente los siguientes:

PROYECTO – META – OBJETIVOS – ACTIVIDADES

La EDT puede ser presentada siguiendo varios estilos: (a) En organigrama, (b) Matricial, (c) tabular o (d) simplemente como un índice bibliográfico, lo fundamental es que sea de niveles, ubicando en la escala superior las áreas principales del proyecto, las cuales serán desagregadas en paquetes de trabajo más pequeños en los niveles inferiores.

El nivel de desagregación del trabajo partirá del proyecto e irá descendiendo hasta los sub - proyectos y paquetes de trabajos, hasta llegar al nivel final denominado actividad la cual implica una acción que requiere tiempo para su completación por lo que tiene un inicio y un fin claramente observable y consume recursos en el proceso.

En la desagregación del trabajo puede aparecer un evento, es un acontecimiento que sucede en un instante de tiempo insignificante en comparación con la duración del proyecto y que sirve para marcar los puntos de inicio y finalización de

las actividades. Cuando el evento es importante en el proyecto se le denomina hito meta.

Los pasos sugeridos por el PMI para construir una EDT son:

1. Definir el propósito final o meta del proyecto.
2. Dividir la meta en objetivos principales de manera tal que el proyecto quede claramente definido.
3. Fragmentar cada objetivo en las actividades que es necesario llevar a cabo para alcanzarlo.
4. En el caso que las actividades carezcan de uno o más de los puntos mencionados con anterioridad, estas se dividen en sub – actividades hasta que las posean.

La gran ventaja de esta herramienta es que al culminar su construcción el alcance del proyecto queda totalmente definido.

Se debe planificar hasta el nivel que pueda ser controlado, lo que usualmente se traduce en paquetes de trabajo los cuales pueden variar según el nivel de tecnología para manejar información con el cual se cuenta.

La Figura N° 4 (p. 37) muestra una descripción general de los procesos de Gestión del Alcance del Proyecto enmarcados dentro del grupo de procesos de Planificación, los cuales fueron desarrollados para cumplir con los objetivos propuestos es esta investigación.

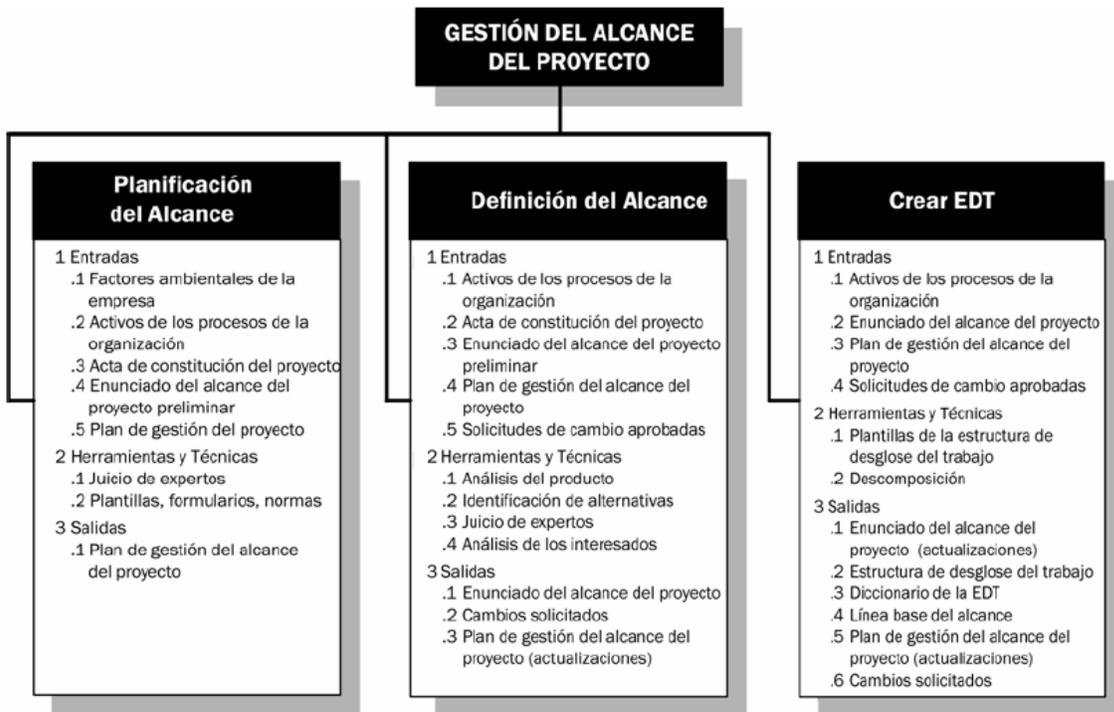


Figura N° 4. Descripción General de la Gestión del Alcance del Proyecto

Fuente: PMBOK. (2008).

El área de gestión del tiempo incluye los procesos necesarios para lograr la conclusión del proyecto a tiempo. En esta área, el PMBOK(2008) distingue los procesos de definición de las actividades, establecimiento de la secuencia de las actividades, estimación de recursos de las actividades, estimación de la duración de las actividades y desarrollo del cronograma.

### **Definición de las Actividades**

Es la etapa final de la descomposición emprendida con la EDT, en la que identifican las actividades específicas del cronograma que deben ser realizadas para producir los diferentes productos entregables del proyecto.

### **Establecimiento de la Secuencia de las Actividades**

Se identifica y documenta las dependencias entre las actividades del cronograma para construir el orden y la lógica en que deben ser ejecutadas. Las actividades

del cronograma pueden estar ordenadas de forma lógica con relaciones de precedencia adecuadas, así como también adelantos y retrasos, para respaldar el desarrollo posterior de un cronograma del proyecto realista y factible. El establecimiento de la secuencia puede realizarse utilizando un software de gestión de proyectos o técnicas manuales.

Una de las técnicas usadas para el establecimiento de la secuencia de las actividades de un proyecto es el Método de Diagramación por Precedencia (PDM). De acuerdo al PMBOK (2008), este es un método para crear un diagrama de red del cronograma del proyecto que utiliza casillas o rectángulos, denominados nodos, para representar actividades, que se conectan con flechas que muestran las dependencias. La Figura N° 5 (p. 39) muestra un diagrama de red simple del cronograma del proyecto dibujado utilizando el PDM. Esta técnica también se denomina actividad en el nodo (AON), y es el método utilizado por la mayoría de los paquetes de software de gestión de proyectos.

El PDM incluye cuatro tipos de dependencias o relaciones de precedencia:

- Final a Inicio. El inicio de la actividad sucesora depende de la finalización de la actividad predecesora.
- Final a Final. La finalización de la actividad sucesora depende de la finalización de la actividad predecesora.
- Inicio a Inicio. El inicio de la actividad sucesora depende del inicio de la actividad predecesora.
- Inicio a Fin. La finalización de la actividad sucesora depende del inicio de la actividad predecesora.

En el PDM, final a inicio es el tipo de relación de precedencia más comúnmente usado. Las relaciones inicio a fin raramente se utilizan.

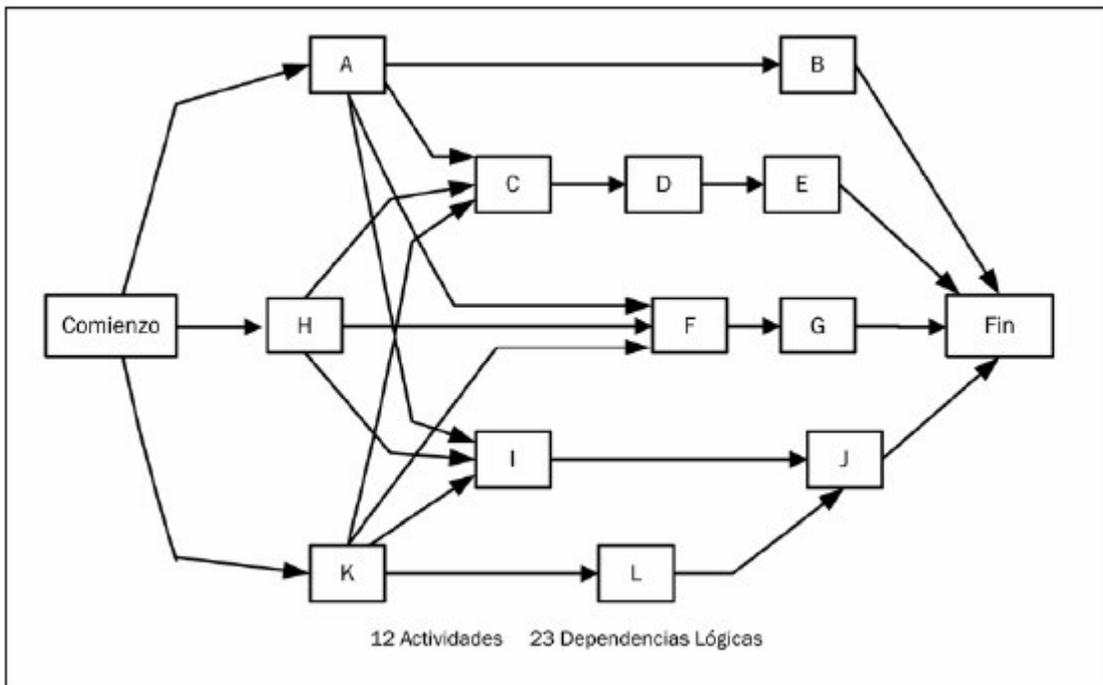


Figura N° 5. Método de diagramación por Precedencias

Fuente: PMBOK. (2008)

En el plan de ejecución para el proyecto de modernización de sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambrón de la empresa Sidor, uno de los métodos usados fue la Diagramación por Precedencia a través del software de Gestión Microsoft® Project, quien lo realiza automáticamente.

Para la determinación de dependencias se utilizan tres tipos de dependencias para definir la secuencia entre las actividades. Estas dependencias son establecidas por el equipo de gerencia del proyecto.

Las dependencias obligatorias son aquellas inherentes a la naturaleza del trabajo que se está realizando y generalmente implican limitaciones físicas. Las dependencias discrecionales generalmente se establecen sobre la base del conocimiento de las mejores prácticas dentro de un área de aplicación determinada o algún aspecto poco común del proyecto donde se desea una secuencia específica, aunque existan otras secuencias aceptables y las

dependencias externas son las que implican una relación entre las actividades del proyecto y las actividades que no pertenecen al proyecto. Pueden hacerse sobre la base de información histórica de proyectos anteriores de naturaleza similar, o de contratos o propuestas de vendedores.

### **Estimación de Recursos de las Actividades**

Consiste en estimar el tipo y las cantidades de recursos necesarios para realizar cada una de las actividades. Esto comprende el personal, los equipos, materiales y demás requerimientos del proyecto. Esta planificación se hace a partir de la lista de actividades desarrollada con la estructura desagregada.

### **Estimación de la Duración de las Actividades**

Implica asignar un tiempo de duración para cada actividad, según las premisas de trabajo y los recursos disponibles.

La determinación y cálculo del tiempo en las actividades de trabajo debe estar relacionado con una secuencia establecida y manteniendo prioridades de ejecución. Se deberán considerar factores de producción basados en cantidades medibles de obra, como también estimar la cantidad de documentos, planos, listas o esquemas, si se trata de un proyecto en la etapa de diseño. La experiencia y participación, en la revisión y estudio de otros proyectos u trabajos similares y un adecuado asesoramiento técnico, son fundamentales en la adjudicación de tiempo de ejecución de actividades, las cuales deben ser consideradas en la asignación de los mismos.

Para la determinación de la duración se requiere conocer a priori la disponibilidad de recursos por cada actividad y en función de los mismos y de acuerdo a su producción por unidad de tiempo (horas, días, meses, etc.) se obtiene el tiempo de ejecución.

## **Desarrollo del Cronograma**

Consiste en ensamblar la red de trabajo, a través de las actividades a desarrollar, los eventos o hitos particulares de ejecución, la secuencia de los mismos y sus interrelaciones, evaluar y establecer prioridades en función de los recursos requeridos o disponibles con la finalidad de representar en una forma gráfica el Plan a ejecutar.

A través del cronograma del proyecto se visualiza en forma integral el proyecto a desarrollar y contempla la base gerencial sobre la cual se realizará el seguimiento necesario que facilitará la evaluación de avance de los trabajos. Constituye el como se hará el proyecto.

En la medida que los proyectos y obras de ingeniería sean más complejos y costosos, ejercicio de una buena planificación determinará el buen curso y total culminación de los trabajos dentro de los objetivos establecidos. En este trabajo de investigación el plan de ejecución se vera representado con el cronograma del proyecto.

La Figura N° 6 (p. 42) muestra una descripción general de los procesos de Gestión del Tiempo demarcados dentro del grupo de procesos de Planificación.

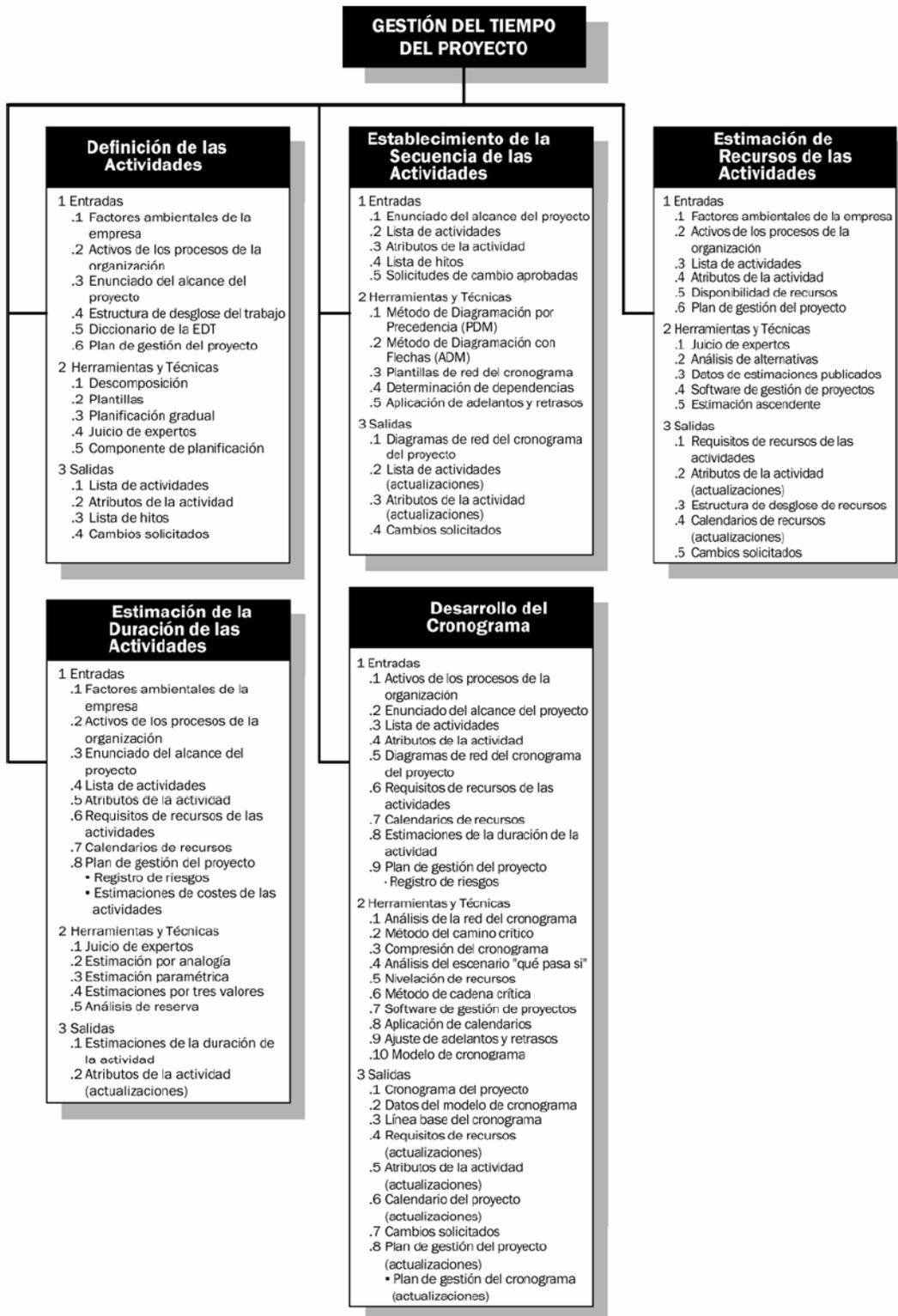


Figura N° 6. Descripción General de la Gestión del Tiempo del Proyecto  
Fuente: PMBOK, 2008.

El área de gestión de costos, incluye los procesos necesarios para lograr que el proyecto se pueda completar dentro del presupuesto aprobado. De acuerdo al PMBOK (2008), la planificación de la gestión de costos distingue los procesos de estimación de costos y preparación del presupuesto.

### **Estimación de Costos**

Este proceso consiste en desarrollar una aproximación de los costos de los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto.

### **Preparación del Presupuesto de Costos**

Implica sumar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo a fin de establecer una línea base de costo. La Gestión de los Costos del Proyecto se ocupa principalmente del costo de los recursos necesarios para completar las actividades del cronograma. La Figura N° 7 (p. 44) muestra una descripción general de los dos procesos involucrados en la Gestión de los Costos del Proyecto pertenecientes al grupo de procesos de Planificación, con sus entradas, herramientas y técnicas y sus salidas.

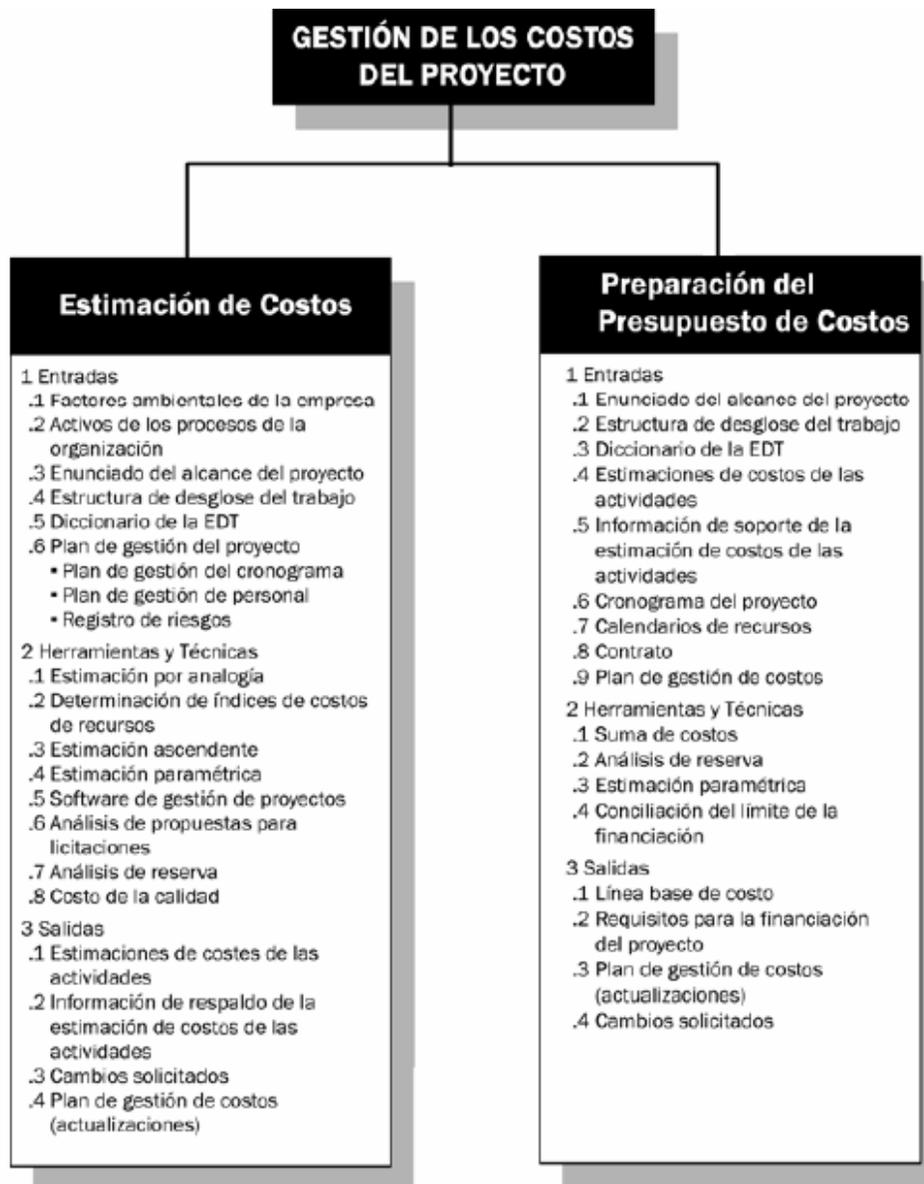


Figura N° 7. Descripción General de la Gestión de los Costos del Proyecto

Fuente: PMBOK (2008)

Y finalmente la cuarta área de conocimiento involucrada en este trabajo de investigación es la gestión de riesgos. Esta área incluye los procesos necesarios para manejar efectivamente todo lo que puede afectar el buen desenvolvimiento del proyecto. Dentro de los procesos de planificación en esta área, el PMBOK(2008) distingue los procesos de planificación de la gestión de riesgos,

identificación de riesgos, análisis cualitativo de riesgos, análisis cuantitativo de riesgos y planificación de la respuesta a los riesgos.

### **Planificación de la Gestión de Riesgos**

Consiste en decidir cómo enfocar, planificar y ejecutar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto.

### **Identificación de Riesgos**

Implica determinar qué riesgos pueden afectar al proyecto y documentar sus características.

### **Análisis Cualitativo de Riesgos**

Consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando la prioridad de los riesgos identificados usando la probabilidad de ocurrencia, el impacto correspondiente sobre los objetivos del proyecto si los riesgos efectivamente ocurren, así como otros factores como el plazo y la tolerancia al riesgo de las restricciones del proyecto como costo, cronograma, alcance y calidad.

### **Análisis Cuantitativo de Riesgos**

Implica analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados en los objetivos generales del proyecto a través del uso de técnicas matemáticas y modelos y se realiza para los riesgos priorizados en el análisis cualitativo que mayor impacto pueden tener sobre el proyecto

### **Planificación de la Respuesta a los Riesgos**

Consiste en desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

La Figura N° 8 muestra una descripción general de los procesos de Gestión de los Riesgos del Proyecto involucrados dentro del grupo de procesos de Planificación, cada proceso muestra sus entradas, herramientas y técnicas y salidas. Para el desarrollo del Plan de ejecución propuesto en esta investigación se desarrollaron los procesos de identificación de riesgos, análisis cualitativo de riesgos y la planificación de la respuesta a los riesgos.

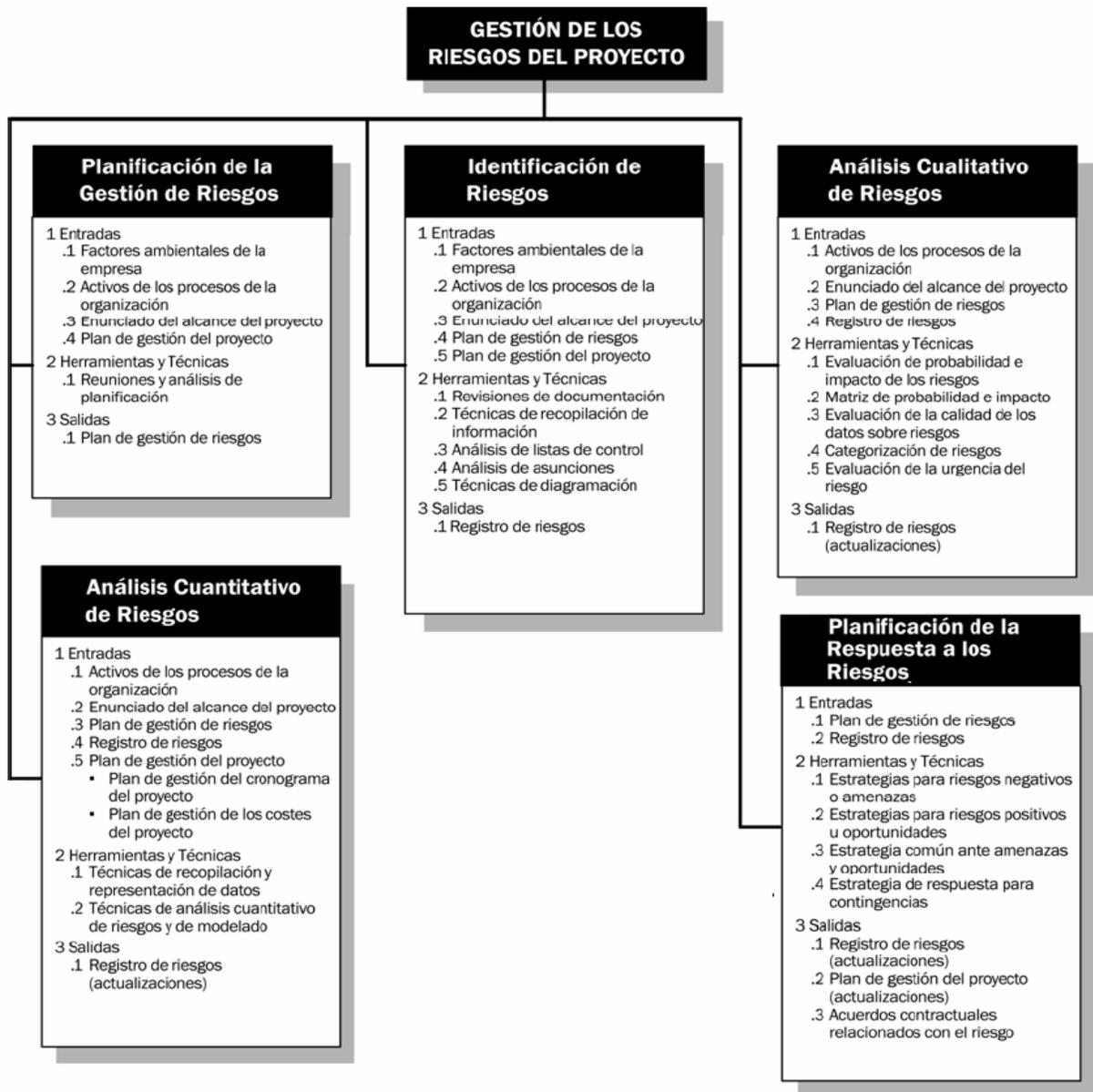


Figura N° 8. Descripción General de la Gestión de los Riesgos del Proyecto  
Fuente: PMBOK (2008).

Con respecto a los aspectos técnicos del proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras es importante describir los conceptos teóricos de los componentes principales del mismo, los cuales son el controlador lógico programable, el variador de velocidad y los motores de corriente alterna.

## **2.2.6 Controlador Lógico Programable (PLC)**

De acuerdo a Romero (2003), un PLC se puede definir como un equipo electrónico el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica y su principal aplicación es para la automatización de procesos. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas prioritarias, pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal. El fin de dicha ejecución es provocar el cambio de las variables tratadas. Este cambio sobre las variables se realiza antes, durante y al final del programa. Antes del programa se realiza la lectura de las entradas (inicio de ciclo), al final se realiza la escritura de las salidas (fin de ciclo y enlace con el inicio). Durante la ejecución del programa se realiza la lectura y/o escritura de las variables internas según el contexto programado.

Una visión global de un automatismo define varios conceptos, los cuales se mencionan a continuación:

- Una alimentación principal del sistema.
- Una adquisición de datos del estado de la instalación o del proceso (Entradas).
- Un proceso (tratamiento) de esos datos (PLC).
- Un resultado plasmado sobre unos accionadores auxiliares (Salidas).
- La variación real sobre la instalación o el proceso (movimientos, activaciones, cualquier cambio).

Existen básicamente dos tipos de PLC, los compactos y los modulares. Los PLCs compactos se distinguen por presentar en un solo bloque todos sus elementos,

incluyendo fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas, salidas, entre otros. Son los PLCs de gama baja o nanoautómatas los que suelen tener una estructura compacta. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

Los PLCs modulares son los que permiten una ampliación de sus posibilidades, es decir; se amplían con los diferentes módulos que se necesiten. Estos módulos suelen ser de:

- Entradas digitales o analógicas.
- Salidas digitales o analógicas.
- E/S combinadas.
- Comunicaciones.
- Contaje rápido.
- Ejes.
- Regulación.
- Pesaje.
- Funciones especiales.

El PLC se compone de un chasis principal, en el cual están alojados los diferentes módulos, éstos son limitados principalmente en número de acuerdo a las características del PLC o CPU (Unidad Central). Dentro de una gama de un mismo PLC pueden existir varios tipos de Chasis o Racks, Unidades centrales (CPU), Fuentes de alimentación, y módulos (especiales o no). Todos están sujetos físicamente al Rack y, lógicamente al bus de comunicación que se genera entre ellos.

### **2.2.7 Variadores de velocidad**

Los variadores de velocidad son equipos de potencia cuya función principal es regular la velocidad de los motores. La etapa de potencia es controlada

electrónicamente. Existen dos tipos de variadores de velocidad, los que controlan motores de corriente alterna y los que controlan motores de corriente continua.

### **2.2.8 Variadores de velocidad de corriente alterna**

Según Romero (2003), los variadores de velocidad de corriente alterna (C.A.) son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y el par de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

En general, un variador de velocidad de corriente alterna realiza las siguientes funciones:

- Recibe la señal de velocidad requerida ya sea por control interno o externo.
- Recibe las órdenes del usuario: arranque, paro, inversión, etc.
- Genera las señales de conmutación de los semiconductores para generar la tensión y corriente aplicada al motor.
- Vigila la corriente en el motor para proteger al Drive y el motor frente a sobrecargas.
- Permite realizar los ajustes necesarios para una aplicación: rampas de aceleración y deceleración, velocidad máxima y mínima, etc.
- Proporciona el estado de las salidas: corriente en el motor, marcha, arranque, indicación de fallo, etc.

Debido a estas características, los variadores de velocidad de corriente alterna son accionamientos de control universales para prácticamente todas las aplicaciones. Estos equipos no requieren de motores especiales, son muy eficientes y con precios cada vez más competitivos.

Las aplicaciones típicas de los variadores de velocidad son:

- Cintas o cadenas transportadoras.

- Bombas Centrífugas.
- Ventiladores Centrífugos.
- Bombas de desplazamiento positivo.
- Ascensores y elevadores.
- Extrusoras y prensas de tornillo.
- Separadores Centrífugos.
- Otras aplicaciones importantes se dan en laminadoras, prensas mecánicas, compresores de aire, máquinas textiles, máquinas herramienta, pozos de petróleo, etc.

Los variadores de velocidad de corriente alterna ofrecen una excelente alternativa de automatización de sistemas y control de energía en todo tipo de aplicaciones. Su empleo se ha incrementado enormemente en los últimos 10 años por los grandes beneficios que ofrece en el ahorro de energía, costos operativos y de mantenimiento. Además, si se tiene en cuenta que más del 60% de la energía eléctrica que se produce se consume en motores eléctricos, las aplicaciones potenciales de los variadores de velocidad son enormes.

En SIDOR los variadores de velocidad son usados en muchos procesos, incluyendo gran parte de los procesos de Laminación, en hornos de Acerías, bombas y ventiladores entre otros.

### **2.2.9 Motor de corriente alterna**

Se denomina motor de corriente alterna a aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos (Romero, 2003).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLOGICO**

Según lo indica Balestrini (2002), “en toda investigación científica, se hace necesario, que los hechos estudiados, así como las relaciones que se establecen entre estos, los resultados obtenidos y las evidencias significativas encontradas en relación con el problema investigado, además de los nuevos conocimientos que es posible situar, reúnan las condiciones de fiabilidad, objetividad y validez interna, para lo cual, se requiere delimitar los procedimientos de orden metodológico, a través de los cuales se intenta dar respuesta a la(s) interrogante(s) objeto de la investigación.” p. 128

El marco metodológico de la presente investigación donde se propone un Plan de ejecución para el proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambrón de SIDOR C.A. describe el conjunto de métodos, técnicas e instrumentos que se emplearon en la recolección de los datos, así como la presentación y análisis de los mismos, con la finalidad de cumplir con el propósito general de la investigación planteada.

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

En atención a las características que presenta esta investigación y los objetivos que perseguirá, la misma es considerada un proyecto del tipo de Investigación y Desarrollo, ya que se tiene como propósito satisfacer una necesidad del ambiente interno de la organización a través del desarrollo de un producto (Yáber, G; Valarino, E 2003), que no es más que el Plan de Ejecución del proyecto de modernización de las cadenas transportadoras del tren de alambrón de Sidor. Como puede observarse existe un problema o necesidad que será atendida a través del producto o servicio a desarrollar.

La presente investigación es un diseño mixto, ya que se apoyó en investigación de campo a través de entrevistas e investigación documental a través de revisión bibliográfica y planos.

### **3.2 Población y muestra**

La población considerada en la presente investigación la constituyó un grupo de expertos de la empresa SIDOR pertenecientes al departamento de mantenimiento de alambón, ingeniería de proyectos, planificación de mantenimiento, abastecimiento y taller central.

Se seleccionó una muestra intencional (no probabilística) conformada por un grupo de quince personas pertenecientes a los diferentes departamentos involucrados de la empresa SIDOR y que cumplían con el siguiente perfil:

- Con mínimo 5 años de experiencia en el cargo:
  - Electricista de Mantenimiento correctivo de alambón
  - Técnico de Mantenimiento Eléctrico de alambón
  - Ingeniero de Mantenimiento Eléctrico de alambón
  - Ingeniero Mantenimiento Mecánico de alambón
  - Inspector de grupo técnico de zona de enfriamiento de alambón
  - Supervisor de cuadrillas de mantenimiento eléctrico
  - Coordinador de Automatización y Control de productos largos
  - Ingeniero de Proyectos Nivel I Automatización y Control de largos
  - Ingeniero de Proyectos Nivel II Automatización y Control de largos
  - Supervisor de taller de fabricación
  - Ingeniero Electrónico de taller central
  
- Con mínimo 3 años de experiencia en el cargo:
  - Analista de abastecimiento de materiales
  - Analista de abastecimiento de servicios

Coordinador de planificación de mantenimiento de alambreon

Programador de mantenimiento de alambreon

### **3.3 Recolección, procesamiento y análisis de datos**

Con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos planteados en esta investigación, se utilizaron fundamentalmente dos técnicas para la recolección de información:

- Técnicas de investigación documental: mediante esta técnica se llevó a cabo la revisión y análisis de fuentes documentales, planos, archivos y documentos disponibles en SIDOR, bibliografía especializada, Sap, intranet e internet, con el fin de determinar los aspectos relevantes que debían estar presentes en el plan de ejecución del proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambión.
- Entrevistas: esta técnica permitió la recolección de información a través de reuniones con los miembros claves dentro de SIDOR, quienes participan activamente dentro del área de desarrollo de la investigación, y cuya opinión, basada en su experiencia y conocimiento, fue fundamental para la determinación de los elementos que debían ser considerados en el desarrollo del plan de ejecución.

Una vez obtenida la información requerida mediante el empleo de las técnicas mencionadas anteriormente, se inició el análisis lógico, cualitativo y cuantitativo de dicha información haciendo referencia a la Metodología del Project Management Institute (P.M.I) para realizar el Plan de Ejecución.

La información levantada fue procesada con el apoyo de los software Microsoft Excel®, Microsoft Project® y Microsoft Visio®.

### **3.4 Procedimiento**

Según Méndez (2008), “el proceso de investigación implica el cumplimiento de pasos o fases que el investigador debe tener en cuenta para construir conocimiento acerca de la realidad que ocupa su interés” (p. 144).

La presente investigación se dividió en cuatro fases, primero la fase de diseño del proyecto de investigación, de segundo la fase de recopilación de información, posteriormente la fase de desarrollo de la investigación propuesta y finalmente la fase de elaboración del informe final.

El diseño del proyecto de investigación comprendió la planificación del proyecto, y la propuesta de TEG constituyó el desarrollo completo de dicha planificación. Los elementos que conformaron la planificación del proyecto fueron la definición del tema, el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la justificación y el marco de referencia, los elementos de apoyo metodológico y finalmente los elementos de soporte administrativos como el cronograma de trabajo y el presupuesto de la investigación. Se dió culminación a esta fase con la presentación de la propuesta de TEG a la Coordinación del Programa de Gerencia de Proyectos de la Universidad Católica Andrés Bello para su respectiva evaluación y aprobación.

La segunda fase consistió en la recolección de información a través de técnicas de investigación documental y entrevistas con el personal clave dentro del área de desarrollo de la investigación, por otro lado se realizaron visitas al área de desarrollo de la investigación para el reconocimiento de los equipos actuales, su ubicación y disposición, y visualización de la modernización a llevar a cabo. Seguidamente se realizó el procesamiento y análisis de información bajo la Metodología del Project Management Institute.

La fase de desarrollo de la investigación propuesta implicó la ejecución de acciones que permitieron cumplir con los objetivos planteados. Con la información recopilada, se procedió desarrollar el Plan de Ejecución del proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambión de SIDOR C.A., el cual consistió en identificar aquellas eventualidades que podrían ocasionar irregularidades en la ejecución del proyecto, así como también identificar las actividades, determinar la secuencia lógica de ejecución de las actividades, estimación de las duraciones y distribución de los recursos asociados para dar cumplimiento a los objetivos planteados en esta investigación. En el Figura N° 9 se muestra el esquema con el cual se desarrolló el plan de ejecución del proyecto bajo los lineamientos de la Metodología del Project Management Institute.

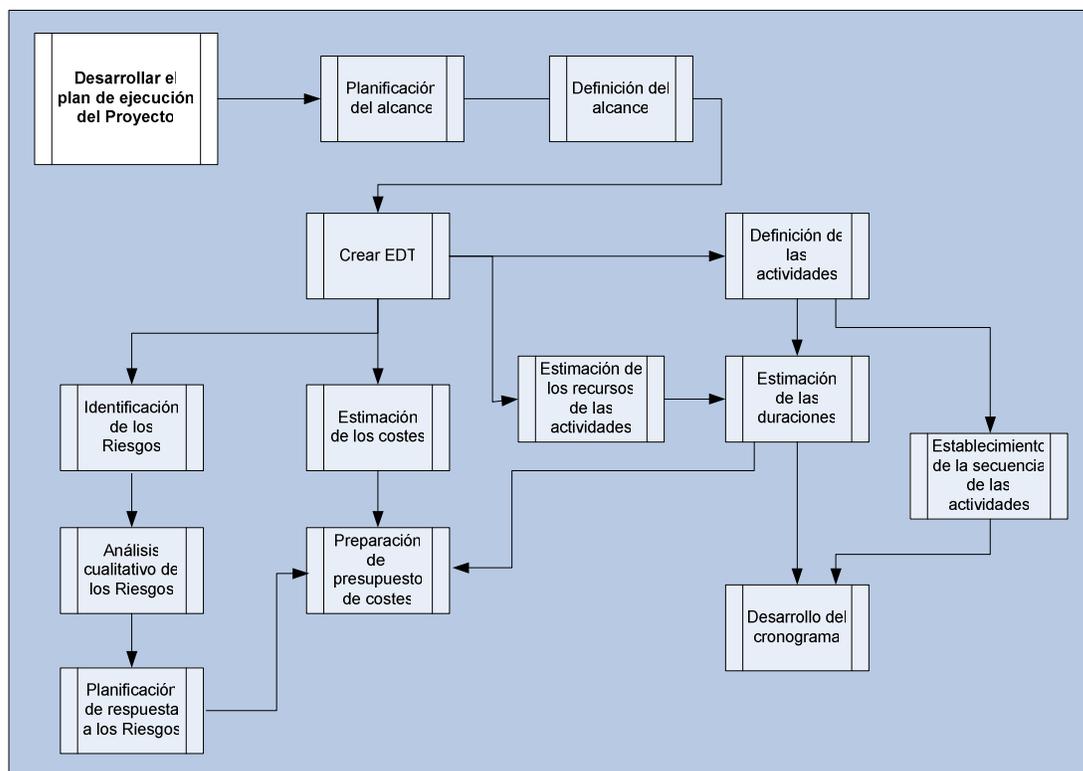


Figura N° 9. Flujograma de procesos de elaboración del plan de ejecución del proyecto de Modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambión de SIDOR C.A.

Fuente: Elaboración propia (2009).

La última fase desarrollada en la investigación fue la elaboración del informe final que será entregado al Tutor y al Leedor asignados por la coordinación del programa de gerencia de proyectos para su aprobación. Esta fase consistió en documentar el desarrollo de la propuesta del Plan de Ejecución del proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambrón de SIDOR C.A realizado bajo la metodología establecida por el Project Management Institute (PMI).

### **3.5 Consideraciones Éticas y Legales**

Para el desarrollo de la propuesta de un plan de ejecución para el proyecto de implementación de un sistema de control moderno en las cadenas transportadoras del tren de alambrón de la empresa SIDOR se tomaron como consideraciones éticas los siguientes aspectos:

- El respeto en todo momento de las condiciones y la confidencialidad que la organización establezca o que sean requeridas en el caso de estudio.
- El reconocimiento personal a las ideas, conceptos y desarrollos de otros autores al explorar trabajos anteriores.
- Los valores y principios asociados al ejercicio de la Ingeniería como disciplina, aplicando particularmente el Código de ética del Colegio de Ingenieros de Venezuela.

## **CAPITULO IV**

### **MARCO ORGANIZACIONAL**

#### **4.1 Reseña Institucional**

La Siderúrgica del Orinoco (SIDOR), es una empresa venezolana dedicada a procesar mineral de hierro con el objeto de obtener productos de acero semielaborados y elaborados, destinados a satisfacer la demanda del mercado nacional e internacional.

SIDOR es un complejo siderúrgico integrado, desde la fabricación de pellas hasta productos no planos (barras y alambrón) y planos (bandas laminadas en calientes, bandas laminadas en frío y recubiertos) cuenta con tecnología de Reducción Directa, Hornos Eléctricos y Colada Continua. Es uno de los complejos más grandes de este tipo en el mundo y constituye el principal productor de acero de la comunidad andina y del caribe.

La Siderúrgica del Orinoco esta situada en el estado Bolívar, dentro del perímetro de Ciudad Guayana, al sureste de Venezuela, en la zona industrial de Matanzas, sobre el margen derecho del río Orinoco a 17 Km del punto de confluencia de los ríos Orinoco y Caroní y a 300 Km de la desembocadura del río Orinoco al Océano Atlántico, a una altura promedio de 45,5 m sobre el nivel del mar (ver figura 10, p. 51).

SIDOR se abastece de la energía eléctrica generada en la zona por las represa Gurí y Macagua, así como del gas natural proveniente de los campos petroleros del oriente venezolano.

La ubicación de la Siderúrgica del Orinoco en Guayana responde principalmente a razones económicas y geográficas, entre ellas la proximidad a los vastos yacimientos de mineral de hierro y de las fuentes energéticas, confiables y a bajo costo, aunado a la facilidad del acceso a los mercados mundiales a través del canal de navegación del río Orinoco.



Figura N° 10. Mapa de ubicación de Sidor.

Fuente: <http://sidornet.com> (2008).

Sus instalaciones se extienden sobre una superficie de 2.838 hectáreas, de las cuales 90 son techadas, y se emplean directamente a unos 6.000 trabajadores.

#### 4.2 Reseña Histórica

La creación de la Siderúrgica del Orinoco C.A., se remonta hacia los años de 1926, ligada con el descubrimiento del yacimiento del mineral de hierro en el Cerro El Pao y en 1947 con el descubrimiento de los yacimientos del Cerro Bolívar. A

raíz de estos sucesos se da inicio a los estudios preliminares para la instalación de una Siderúrgica en el país.

Para el año 1955, el gobierno Venezolano suscribe un contrato con la firma italiana INNOCENTI, para la construcción de una planta Siderúrgica para producir lingotes. Para el año 1962 se realiza la primera colada de acero en el horno # 1 de la Acería de Siemens – Martins.

Entre los años 1969 se inicia la construcción del PLAN II, conformada por las plantas de tubos y productos planos.

En 1973 es la inauguración del PLAN III y del Centro de Investigaciones. Además se le da inicio a las operaciones de la línea de Estañado y Cromado Electrolítico de la Planta de Productos Planos.

En 1974 se pone en marcha la Planta de Productos Planos y se inicia el proyecto denominado: PROGRAMA DE AMPLIACIÓN DE 1974 – 1979, llamado PLAN IV, cuya finalidad era no sólo garantizar su eficiencia y combatividad futura, sino, dar inicio a las inversiones foráneas y nacionales. En el Plan IV se incorporan las plantas de pellas, hornos de acería eléctricas, Reducción MIDREX I, la Acería de Planchones, Colada Continua Palanquillas y los Laminadores de Barras y Alambrón.

Para 1980, se pone en marcha la Planta de Reducción directa H y L II, MIDREX II y la Planta de Cal.

Ya en 1989, se inició el Plan de Reconversión organizacional e industrial de SIDOR asumiendo una posición de adaptabilidad a condiciones cambiantes debido a las épocas difíciles. Para esto es necesario el cierre de plantas con grandes trayectorias de vida, pero con poco índice productivo debido a su nivel tecnológico que traían como consecuencia la baja rentabilidad, se reduce la variedad de productos, se implementan nuevos procesos de información y se ejecutan inversiones prioritarias.

En 1995 el congreso autoriza el inicio del proceso de privatización de SIDOR. Para 1998 se concretó la transferencia de la titularidad del 70 % de las acciones de la Siderúrgica del Orinoco al Consorcio Amazonia.

En el año 2000, luego de un año de negociaciones, SIDOR firma el acuerdo de reestructuración financiera de su deuda con los bancos acreedores y el Estado venezolano. En el año 2003 se cumplen cinco años de gestión privada de SIDOR y se firma el segundo acuerdo de reestructuración financiera.

En Abril del año 2008, el Presidente de Venezuela Hugo Chávez decidió la estatización de SIDOR debido a un largo conflicto sindical que paralizaba la empresa, y para Junio del mismo año se hizo efectiva la toma de la misma por el estado. Actualmente se encuentra en un periodo de transición y reestructuración.

### **4.3 Visión y Misión**

SIDOR, para lograr consolidarse en el mercado como una empresa productora de acero de primer nivel, se definió una estrategia con una visión de largo plazo y crecimiento, utilizando tres vectores principales de desarrollo: la inversión en tecnologías, equipos y expansión; el desarrollo de sus recursos humanos; y la integración con la cadena venezolana del hierro y el acero.

Como visión, SIDOR tendrá estándares de competitividad similares a los productores de acero más eficientes y estará ubicada entre las mejores siderúrgicas del mundo.

Con esta visión se sientan las bases para establecer una clara misión la cual es expresada como fabricar y comercializar productos siderúrgicos de manera eficiente, competitivos y confiables propiciando la satisfacción de sus accionistas, clientes y trabajadores.

#### **4.4 Estructura Organizativa**

La estructura organizativa de SIDOR distribuye las posiciones centrandose las actividades por ambiente de especialización con el fin de hacer de SIDOR una empresa dinámica para el alcance de los objetivos planteados a corto plazo. La conducción de la empresa está a cargo de la Presidencia Ejecutiva y es apoyado a través de sus direcciones de Planeamiento, Administración, Legal, Finanzas, Abastecimiento, Industrial, Protección de Plantas, Comercial y Recursos Humanos. La estructura organizativa de SIDOR se esquematiza en la figura 11 (p. 62).

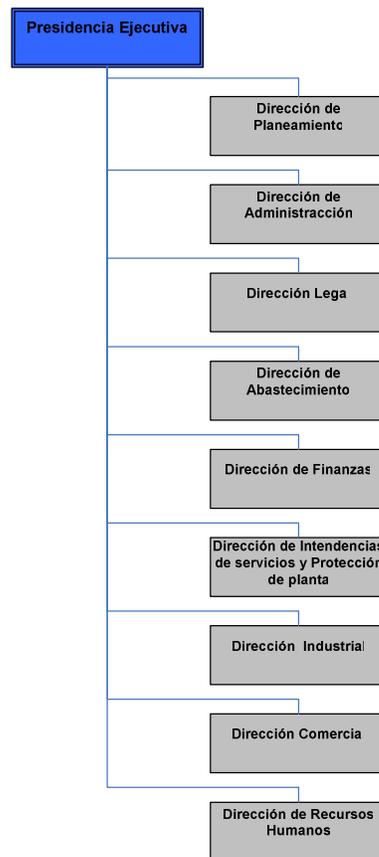


Figura N° 11. Estructura organizativa de Sidor  
 Fuente: <http://www.ikels.com/view/index.asp?ms=195&pageMs=19598>. (2009)

Dentro de la Gerencia Industrial, se encuentra la Gerencia General de Mantenimiento. Esta gerencia tiene como objetivo principal implementar las acciones necesarias para mantener los equipos disponibles, a bajo costo, en oportunidad, con calidad y seguridad contribuyendo así al cumplimiento de las metas planteadas por la organización.

La gerencia general de mantenimiento está estructurada de manera que pueda prestar sus servicios a cada una de las plantas que conforman el complejo siderúrgico, su estructura se muestra en la Figura N° 12 (p. 63).

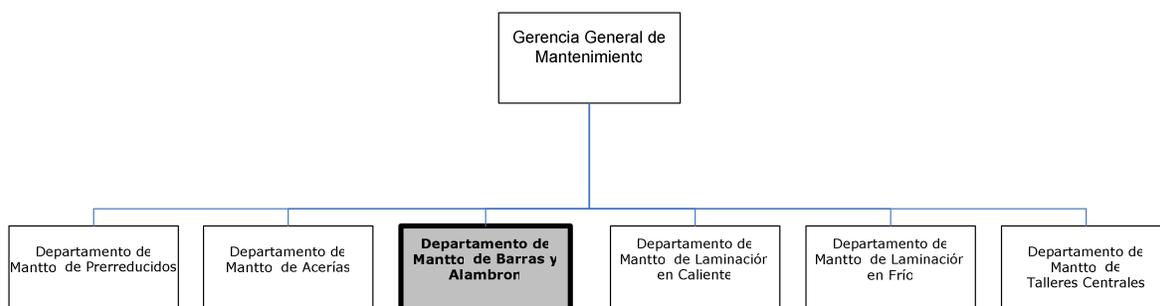


Figura N° 12. Organigrama gerencia general de mantenimiento.  
Fuente: Elaboración propia (2009).

La presente investigación será desarrollada para el departamento de mantenimiento de barras y alambros, específicamente mantenimiento de alambros, adscrita a la gerencia general de mantenimiento de SIDOR.

#### 4.5 Proceso del tren de alambros

El proceso de fabricación de acero en SIDOR se inicia en la Planta de Pellas, donde el mineral de hierro, la dolomita, la bentonita, el coque y la Cal se aglomeran y luego se acondicionan obteniendo como producto las pellas, como se muestra en la Figura N° 13 (p. 64).

Estas pellas son procesadas en alguna de las plantas de Reducción Directa, bien sea en HyL II o en Midrex, que garantizan la obtención de Hierro de Reducción Directa (HRD). En las Acerías, tanto de planchones como de palanquillas, el HRD se carga a los Hornos Eléctricos de Arco para obtener acero líquido.

El acero líquido resultante, con alta calidad y bajos contenidos de impurezas y residuales, es refinado en las estaciones de metalurgia secundaria, hornos cuchara, donde se le incorporan las ferró aleaciones con la finalidad de garantizar la calidad interna del producto. Posteriormente, pasa a las máquinas de Colada Continua para su solidificación, obteniéndose semielaborados "Planchones o

Palanquillas" que se destinan a la fabricación de Productos Planos y Productos Largos, respectivamente.

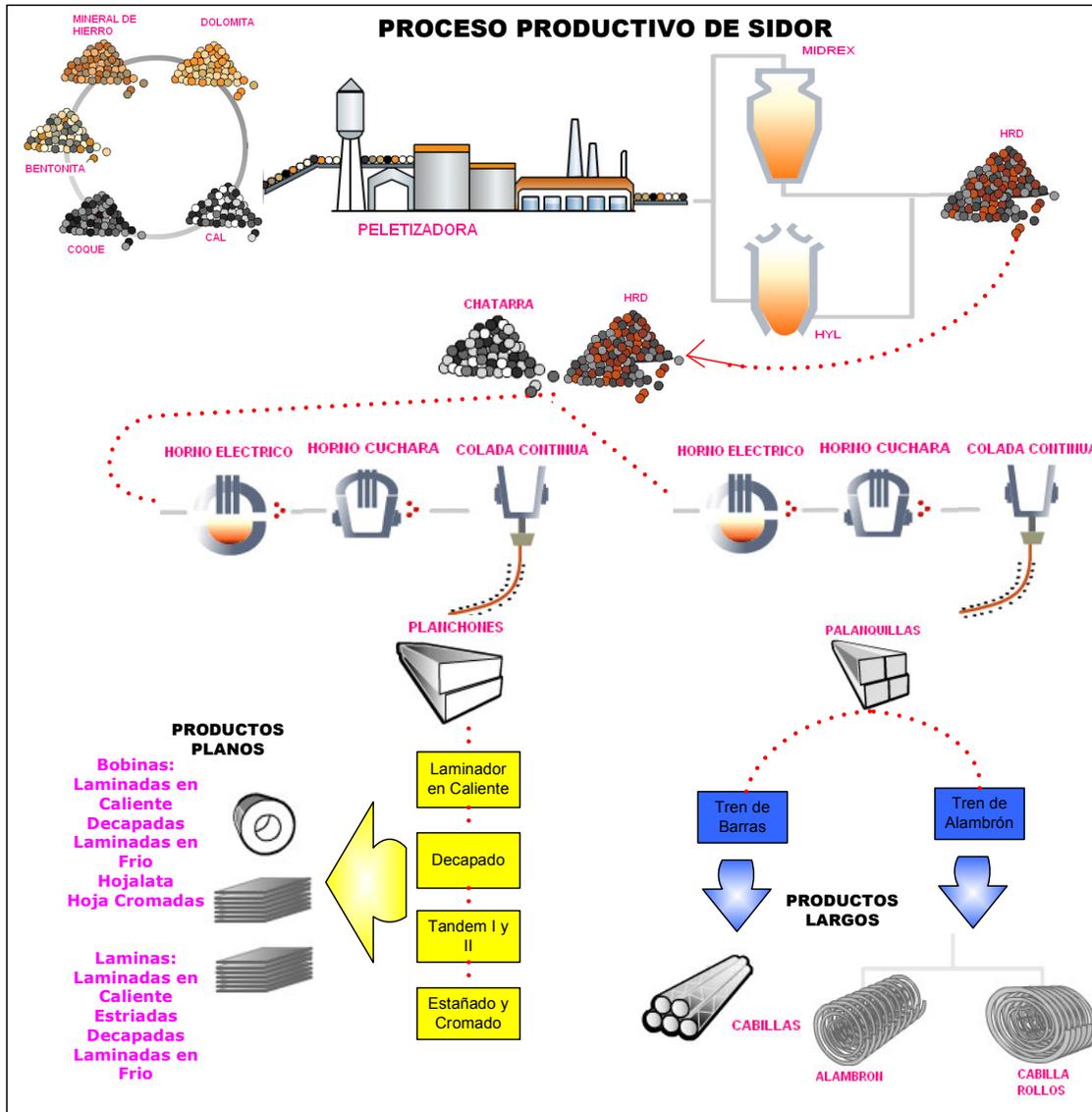


Figura N° 13. Proceso de producción de Sidor.  
Fuente: Elaboración propia (2009).

Los productos largos son procesados en los trenes de laminación de Barras y Alambros. El tren de barras está diseñada para una capacidad de 390.000 toneladas / año y produce a partir de Palanquillas, barras lisas y estriadas de calidad comercial y de alta resistencia, destinadas a la industria de la construcción.

El tren de alambión, con una capacidad instalada 600 Mt/a fabrica a partir de Palanquillas, rollos de alambión de alta calidad. La aplicación final del alambión es muy variada, de acuerdo a la calidad se tienen como productos para electrodos, las varillas y alambre para electrodos y como productos para trefilación de bajo, medio y alto carbono, el alambre fino, alambre galvanizado, mallas electrosoldadas, clavos, tornillos, tuercas, alambre de púa, guayas, muelles, resortes, ganchos para ropa, entre otros.

El tren de alambión se divide en cuatro grandes zonas: calentamiento, laminación, enfriamiento y acabado. La Figura N° 14 (p. 66) muestra el proceso productivo de alambión.

La zona de calentamiento se inicia en el área de recepción de la materia prima del tren de alambión, donde las Palanquillas son depositadas en las mesas de carga y arrastradas a la vía de rodillos que las conducen al horno. Mediante un separador – empujador se colocan las Palanquillas dentro del horno y son trasladadas individualmente y con cierta distancia entre sí en las vías galopantes del horno de calentamiento. Cuando las palanquillas alcanzan la temperatura de 1220 °C un eyector retira individualmente las palanquillas del horno hacia la zona de Laminación.

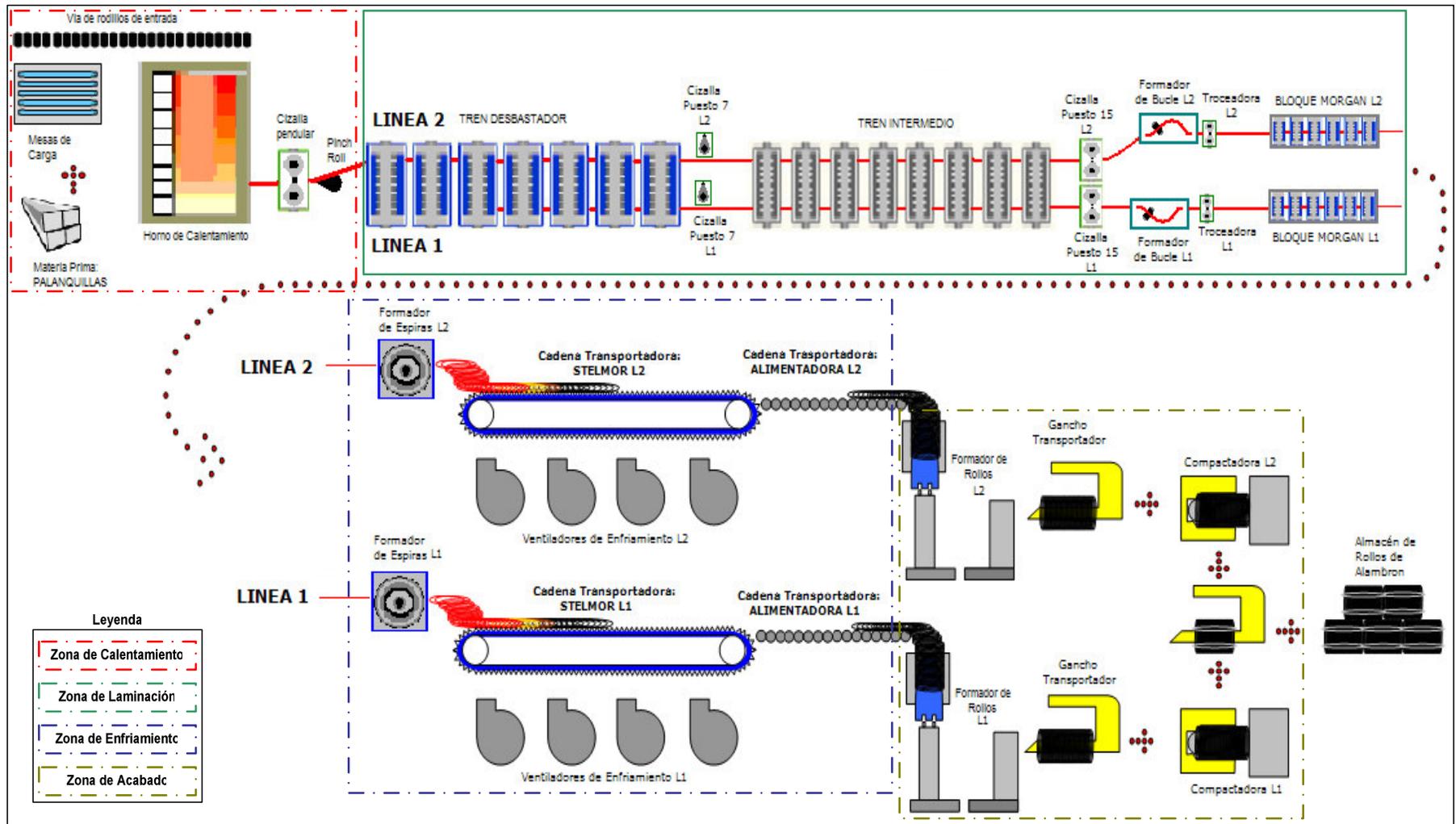


Figura N° 14. Proceso de producción de Alambón de Sidor  
Fuente: Elaboración propia (2009).

A partir de la zona de laminación hay dos líneas de producción iguales y el “pinch roll” es el equipo que tiene la función de enviar las palanquillas a la línea que corresponda. En el proceso de laminación las palanquillas pasan por medio de tres grupos de cajas laminadoras o bastidores dispuestos a lo largo del tren, primeramente por el desbastador, luego por el intermedio y finalmente por el bloque morgan. En esta zona se reducen las palanquillas y se les da la forma requerida a la sección transversal del material mientras circula entre los bastidores.

La palanquilla completamente deformada con una sección transversal que varía entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  pulgada llega a un cabezal giratorio llamado Formador de espiras, cuya función es formar las espiras que serán parte del rollo de alambre.

Las espiras son alojadas sobre las cadenas transportadoras, equipos pertenecientes a la zona de enfriamiento (ver Figura 15, p. 68). Cada línea de producción, está formada por una cadena “Stelmor” y una vía de rodillos Alimentadora, sin embargo en el vocablo del personal que labora en el tren de alambrón es llamada cadena Alimentadora. Las cadenas se encargan de trasladar las espiras hasta el formador de rollos. La primera cadena transportadora del proceso es la cadena Stelmor, donde durante el traslado de las espiras se lleva a cabo el enfriamiento controlado de las mismas. Consecutivamente las espiras son pasadas a la cadena alimentadora quien se encarga de separar las espiras, de tal manera que la entrada de las mismas al formador de rollos sea de forma ordenada, continua y uniforme.

La zona de acabado inicia con el formador de rollos, este es el equipo sucesivo a las cadenas transportadoras, y esta constituido por una cámara donde son depositadas las espiras y su acumulación forma una bobina o rollo.

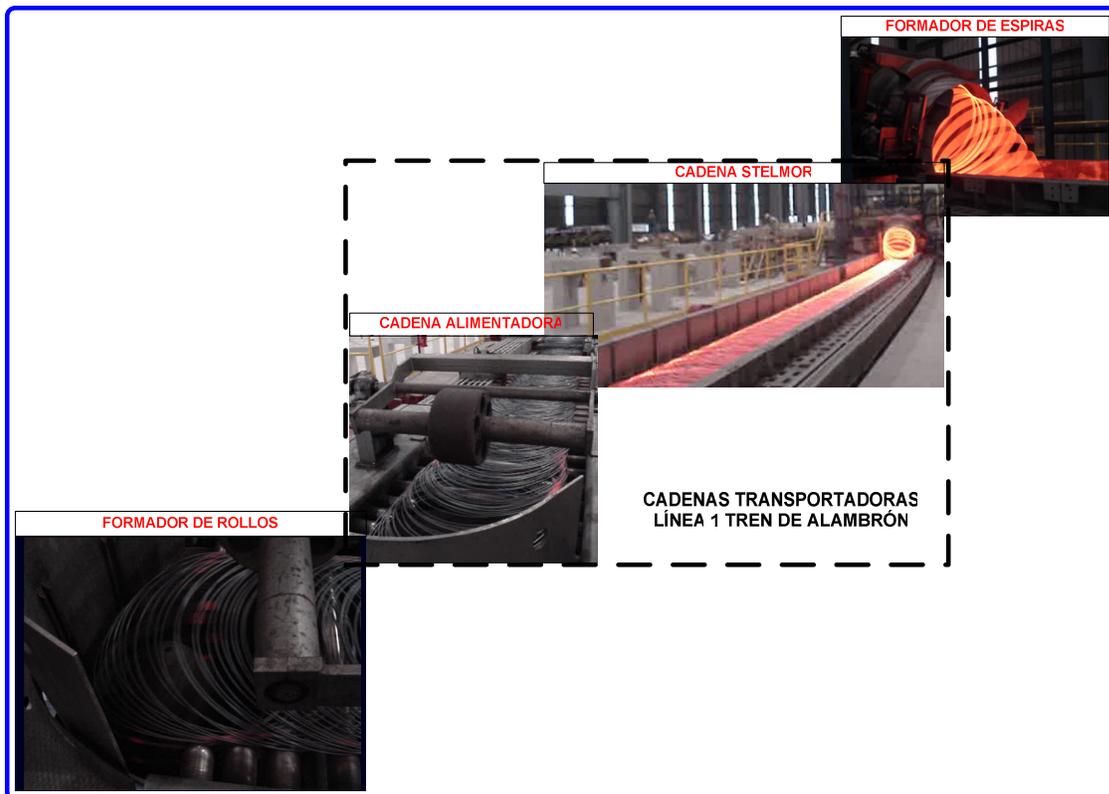


Figura N° 15. Cadenas transportadoras del tren de alambrión de Sidor.  
Fuente: Elaboración propia, 2009.

A continuación el rollo ya formado es llevado a través de los ganchos transportadores a la zona de acabado donde es compactado y atado y posteriormente traslado al almacén de despacho.

El presente trabajo de investigación esta enfocado en las cadenas transportadoras de la línea 1 y línea 2. Actualmente las cadenas transportadoras poseen un sistema de control marca Siemens formado cada uno por un motor de corriente continua y un sistema de regulación de motor de corriente continua, comandado a través de un PLC modelo S5. Tanto los motores como los sistemas de regulación son los equipos instalados originalmente durante la construcción de la planta en el año 1979 a los cuales no se les han realizado modificaciones. Por el contrario, los controladores lógicos programables actuales fueron instalados en el año 1990. Sin

embargo a partir del año 1994 el sistema de regulación del motor fue discontinuado y el PLC S5 en el año 1997, dejando de comercializarse los repuestos por el fabricante. Adicionalmente, el departamento de mantenimiento de alambrón no posee un stock suficiente de repuestos y tampoco se encuentran en el mercado los componentes electrónicos para las reparaciones de las tarjetas del sistema de regulación y de los PLC.

Los sistemas de control de las cadenas transportadoras generan fallas asociadas principalmente por daños en las tarjetas, lo cual ocasiona paradas de plantas indeseadas. En los últimos años, ha venido en aumento la frecuencia de fallas en el sistema de control de las cadenas transportadoras lo que ha limitado la continuidad operativa del tren de alambrón.

Con el proyecto de modernización se pretende sustituir el sistema de control actual por un sistema de control de última tecnología conformado cada uno por un motor de corriente alterna, un variador de velocidad de corriente alterna y un PLC modelo Quantum actualmente en funcionamiento.

## **CAPITULO V**

### **DESARROLLO**

Para obtener el plan de ejecución del proyecto de Modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambón de Sidor se desarrollaron cada uno de los objetivos planteados en esta investigación, los cuales se presentan a continuación.

El objetivo de describir detalladamente el alcance y estructurar los principales productos entregables del proyecto, fue desarrollado obedeciendo a los procesos Definición del Alcance y Crear EDT que están enmarcados dentro de los grupos de procesos de planificación en la Gestión del Alcance del Proyecto de acuerdo a la Guía del PMBOK (2008). Con el desarrollo de estos dos procesos se planificó y definió todo el trabajo requerido para completar el proyecto satisfactoriamente.

#### **5.1 Definición del alcance**

Se desarrolló un enunciado del alcance del proyecto detallado como base para futuras decisiones del proyecto, tomando como referencia el enunciado del proyecto preliminar, las premisas y restricciones que a continuación se menciona:

- El Enunciado del Alcance del Proyecto Preliminar establecía la “Modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambón con la finalidad de elevar la operatividad del tren de alambón limitada por fallas asociadas al sistema de control actual”.
- Las restricciones iniciales del proyecto son de tiempo y costo, ya que la modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras no plantea la realización de una parada especial de planta para llevarse a cabo, su puesta en funcionamiento se debe realizar dentro de los tiempos previstos para la reparación

extraordinaria (REX) establecido en cinco días, por lo cual se debe realizar la mayor cantidad de trabajo posible previo a la REX.

- Se dispone de un presupuesto limitado, por lo que el proyecto debe ser ejecutado por el personal de mantenimiento con los recursos que se disponen dentro del presupuesto ordinario y de Rex aprobados, evitando así incurrir en costos asociado a horas-hombres de ingeniería.

- Los equipos a usar en el nuevo sistema de control de las cadenas transportadoras deben cumplir con los estándares establecidos en Sidor, es decir, deben estar codificados en el sistema SAP<sup>3</sup>. Se usarán los dos PLC actualmente en funcionamiento de la zona de acabado del tren de alambón.

Las técnicas utilizadas para definir el alcance detallado del proyecto fueron análisis del producto, juicio de expertos y análisis de los interesados. Dentro del análisis del producto se realizó un desglose del producto principal con la finalidad de identificar las diferentes partes que lo conformaban y de esta forma facilitar la visión del trabajo requerido para producirlo. Simultáneamente con el análisis del producto, se realizaron consultas a los expertos y análisis de los interesados en el proyecto a través de entrevistas, que permitieron desarrollar partes del enunciado del alcance detallado del proyecto.

Como producto de este proceso se obtuvo el enunciado del alcance del proyecto mostrado en la tabla 3 (p. 72) y las figuras 16 (p. 73) y figura 17 (p. 74) muestran el diagrama del sistema de control actual y del nuevo sistema de control a implementar.

---

<sup>3</sup> SAP: Software de gestión administrativa de SIDOR.

TABLA 3

PROJECT CHARTER EN DOBACLE CARTA  
POWERPOINT : PROJECT-CHARTER

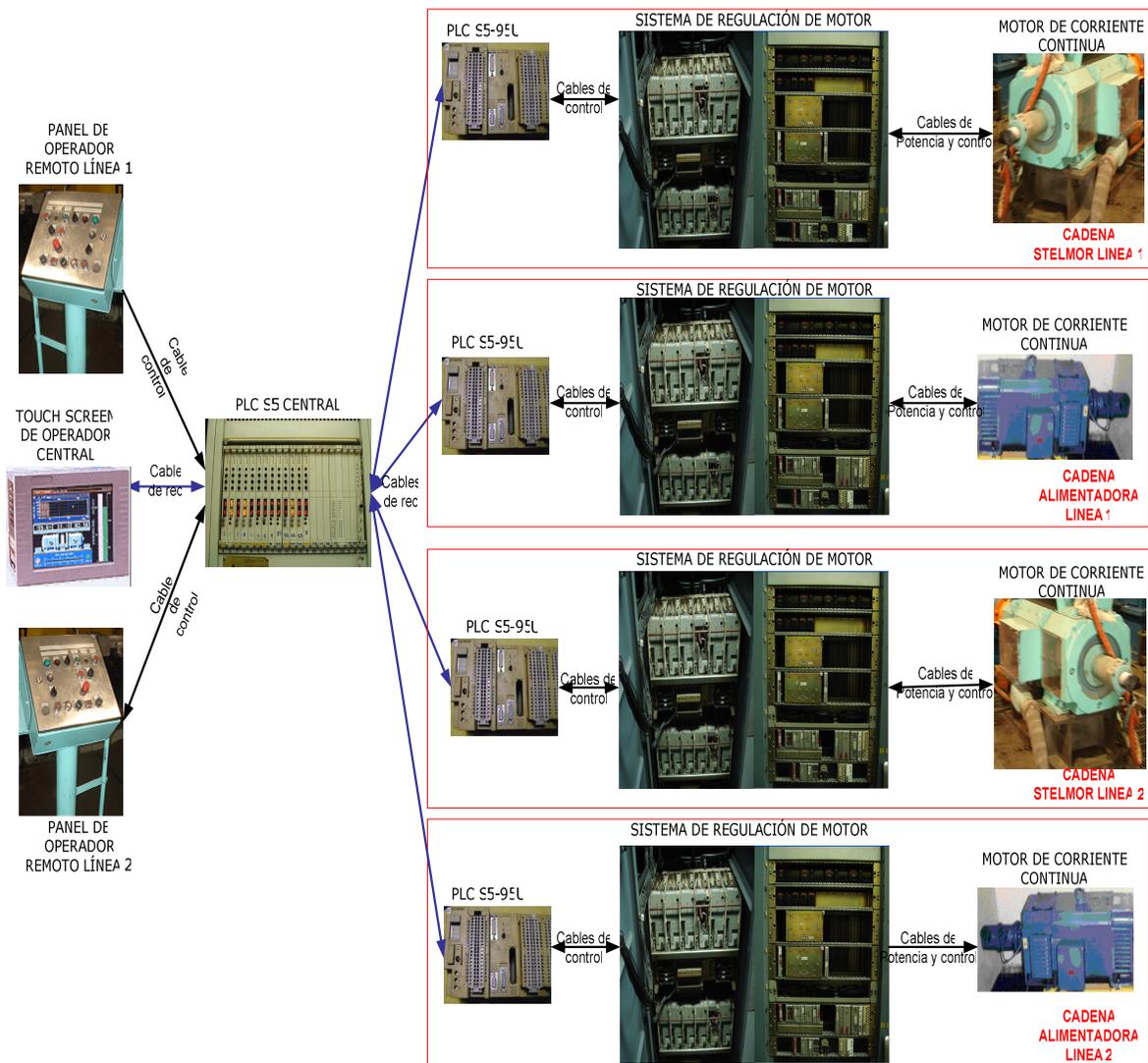


Figura N<sup>o</sup> 16. Diagrama del sistema de control de las cadenas transportadoras actual.  
Fuente: Elaboración propia, 2009.

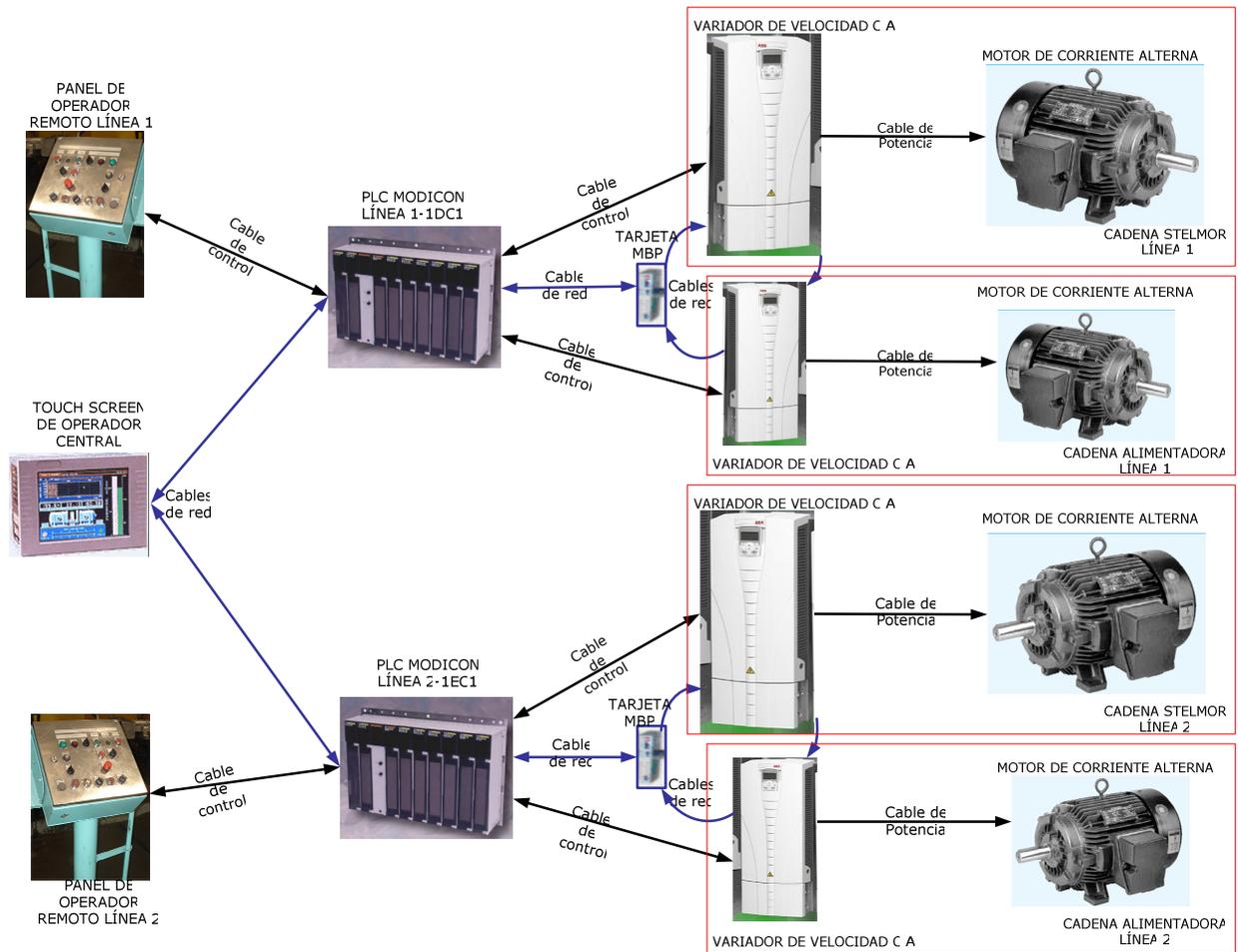


Figura Nº 17. Diagrama del sistema de control de las cadenas transportadoras a ser implementado.  
Fuente: Elaboración propia, 2009.

## **5.2 Crear Estructura desagregada de trabajo (EDT)**

Tomando como entrada el Enunciado del Alcance del proyecto se desarrolló una EDT que permite visualizar el alcance total del proyecto de forma organizada. Como herramienta para construir la EDT del proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambión se utilizó la descomposición de los productos entregables del proyecto.

De acuerdo a las características del proyecto, la descomposición se realizó por fases, las cuales fueron definidas como: Diseño, Contratación, Procura, Instalación y Puesta en marcha. (Ver Figura N° 18, p. 76)

La fase de Diseño, permitirá generar las aplicaciones en software, documentos y planos técnicos para la implantación del nuevo sistema de control de las cadenas transportadoras.

En la fase de Contratación, se gestionará el recurso humano necesario para la ejecución del proyecto, similar a la fase de Procura, donde se realizarán las gestiones para la compra de los equipos y materiales requeridos para la instalación del nuevo sistema.

Seguidamente la fase de Instalación, una de las más importantes del proyecto, donde se realizará el montaje de la infraestructura y equipos necesarios para llevar a cabo la modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras.

Y finalmente la fase de puesta en marcha, donde se realizarán las pruebas y se pondrá en funcionamiento las cadenas transportadoras con el nuevo sistema de control instalado.

ARCHIVO POWERPOINT: EDT-NOV09

Figura 18

EN DOBLE CARTA

El segundo objetivo planteado en este estudio fue desarrollar el cronograma base de actividades, con sus secuencias lógicas, duraciones, hitos principales y requisitos de recursos para generar los productos entregables del proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambrón.

Este objetivo hace referencia, de acuerdo al PMBOK(2008), a los procesos: Definición de las Actividades, Establecimiento de la Secuencia de las Actividades, Estimación de Recursos de las Actividades, Estimación de la Duración de las Actividades y Desarrollo de cronograma incluidos en el grupo de procesos de Planificación de la Gestión del Tiempo del Proyecto.

### **5.3 Definición de las actividades**

En este proceso se identificaron las actividades específicas del cronograma que deben ser realizadas para producir los diferentes productos entregables del proyecto teniendo como partida el enunciado del alcance del proyecto y la estructura desagregada de trabajo (EDT). En la definición de las actividades se usaron como herramientas la descomposición de los paquetes de trabajo, las plantillas y el juicio de expertos.

La descomposición de paquetes de trabajo, permitió dividir los paquetes en componentes más pequeños dando origen a las actividades del cronograma necesarias para obtener los productos entregables. A través de las hojas de rutas de los planes de mantenimiento de los equipos de la zona de enfriamiento y acabado del tren de alambrón, se obtuvieron con detalle las listas de actividades estandarizadas, las duraciones y recursos necesarios para ejecutarlas. Entre las hojas de ruta utilizadas para definir las actividades se encuentran cambio de motores, cambio de acoples y respaldo de programas de PLC. En la tabla 4 (p. 78) se muestra el modelo de hoja de ruta de mantenimiento utilizadas en el proyecto.

**Tabla 4**

**ARCHIVO EXCEL: HR\_vacia  
DOBLE CARTA**

Tabla 4. Modelo de hoja de ruta de mantenimiento (Continuación)

CONDICIONES DE SEGURIDAD		
ACTIVIDADES GENERALES (TODAS)		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
TRABAJOS ELECTRICOS		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
TRABAJOS CON MATERIALES O SUSTANCIAS PELIGROSOS		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
TRABAJOS EN ALTURA		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
INTERVENCION EN, DENTRO O CERCA DE EQUIPOS O CON MAQUINAS_ HERRAMIENTAS		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
IZAMIENTO DE CARGAS		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y MANIPULACION DE CARGAS		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
TRABAJOS DE REPARACION Y CONSTRUCCION		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
TRABAJOS CON EXPOSICIÓN A CALOR		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
TRABAJOS DE SOLDADURA		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES

Otra de las herramientas usadas y a criterio del autor la más importante para definir las actividades fue el Juicio de Expertos, donde se le consultó a los especialistas de las diferentes áreas sobre las actividades que deberían realizarse en cada fase del proyecto para lograr los objetivos planteados. Dentro de este proceso fueron incluidos expertos en el área de mantenimiento, operaciones, ingeniería de proyectos, ingeniería de mantenimiento, planificación de mantenimiento y abastecimiento. Como resultado del proceso se obtuvo una lista de actividades (ver tabla 5).

**Tabla 5. Listado de Actividades de Proyecto de Modernización del tren de alambrón.**

Nº	MODERNIZACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE LAS CADENAS TRANSPORTADORAS DEL TREN DE ALAMBRON DE LA EMPRESA SIDOR C.A.
<b>1. DISEÑO</b>	
<b>1.1 PROGRAMACIÓN</b>	
<b>1.1.1 PLC</b>	
1	Revisión de señales de paneles de operador y sistema de regulación
2	Seccion de arranque y parada de Panel principal y panel local
3	Creación de señales de salidas y entradas digitales y analógicas
4	Creación de señales de comunicación
5	Asignación de entradas y salidas físicas a variables de lógica de control
6	Asignación de entradas y salidas de comunicación
7	Lectura y envío de señales cableadas
8	Variación de velocidad
9	Envío de datos a pantallas: sala eléctrica y panel de operador
10	Verificación de protecciones eléctricas
11	Sincronización de arranque y parada entre cadena stelmor y cadena alimentadora
12	Factor de velocidad entre cadena alimentadora y cadena stelmor
13	Recepción y envío de datos de control
14	Lectura de señales de estado y valores de mediciones físicas
15	Carga final de programa en PLC
<b>1.1.2 TOUCH SCREEN</b>	
16	Eliminación de botones de conexión de armadura
17	Ajuste de botones de control de cadenas
18	Ajuste de visualizadores de velocidad y fallas
<b>1.1.3 VARIADORES</b>	
19	Ajuste parametros de control, comunicación y seguridad Cad. Alimentadora L1 y L2
20	Ajuste parametros de control, de comunicación y seguridad Cad.Stelmor L1 y L2
<b>1.2 DOCUMENTOS Y PLANOS VARIADORES</b>	
21	Lista de Equipos
22	Elaboración de planos de conexión de control
23	Elaboración de planos de conexión de potencia
24	Elaboración de planos de montaje de variadores

**Tabla 5. Listado de Actividades de Proyecto de Modernización del tren de alambón (continuación).**

25	Elaboración de planos de montaje de tarjetas
<b>1.3 DOCUMENTOS Y PLANOS MOTORES</b>	
26	Lista de Equipos
27	Elaboración de planos de conexión de potencia
28	Elaboración de planos de bases de motores
29	Elaboración de planos de instalación de motores
<b>1.4 DOCUMENTOS Y PLANOS PLC</b>	
30	Lista de Equipos
31	Elaboración de planos de montaje de tarjetas
32	Elaboración de planos de conexión de control
33	Elaboración de planos de programa de PLC
34	Elaboración de manual de funcionamiento de nuevo sistema
<b>2. CONTRATACIÓN</b>	
<b>2.1 MANO DE OBRA</b>	
35	Solicitud de mano de obra: Eléctricistas, mecánicos y soldadores
<b>2.2 SERVICIO DE TOPOGRAFÍA</b>	
36	Solicitud de topografía
<b>2.3 SERVICIO DE MONTAJE</b>	
37	Solicitud de cuadrilla de montaje
<b>3. PROCURA</b>	
<b>3.1 EQUIPOS</b>	
38	Variadores de velocidad
39	Pruebas Laboratorio Variadores de velocidad
40	Cable especial de potencia
41	Motores
42	Pruebas Laboratorio Motores
43	Tarjetas de entrada y salida digital y analógica
44	Tarjetas de comunicación MBP
<b>3.2 MATERIALES</b>	
45	Interruptores
46	Cables de control y accesorios para conexiones
47	Fusibles
48	Fusibleras
49	Tubería
50	Acoples mecánicos
51	Tornillos
<b>3.3 FABRICACION</b>	
52	Fabricación de bases de motores
53	Fabricación de placas de montaje de variadores de velocidad y montaje de accesorios (canaletas, rieles, borneras, fusibleras)
<b>4. INSTALACIÓN</b>	
<b>4.1 ACONDICIONAMIENTO</b>	
<b>4.1.1 VARIADOR</b>	
54	Adecuación Armario disponible Cad. Alimentadoras L1-L2
55	Desconexión eléctrica Control y Potencia Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2
56	Desmontaje Sistemas de Regulación Cad. Stelmor L1-L2
57	Adecuación Armarios Cad. Stelmor L1-L2 - Barras de tensión y desalojo cables

**Tabla 5. Listado de Actividades de Proyecto de Modernización del tren de alambón (continuación).**

<b>4.1.2 MOTOR</b>	
58	Desconexión Eléctrica Pruebas Motores C.A. Cad. Alimentadora L1-L2
59	Desconexión Eléctrica Motores C.C. Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2
60	Desacoplar motores-reductores Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2
61	Desmontaje Motores C.C. y Acoples Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2
62	Preparación y limpieza de piso Cad.Stelmor y Alimentadora L1-L2
<b>4.1.3 PLC</b>	
63	Desconectar cables de control de PLC S5
64	Desmontar tarjetas de PLC S5
<b>4.2 MONTAJE</b>	
<b>4.2.1 VARIADOR</b>	
65	Montaje Placa y Variadores de Velocidad Cad Alimentadora L1-L2
66	Instalación-configuración Tarjeta MBP Variadores de Velocidad Cad. Alimentadora L1-L2
67	Instalación placas de montaje Cad. Stelmor L1-L2
68	Instalación Variadores de Velocidad Cad. Stelmor L1-L2
<b>4.2.2 MOTOR</b>	
69	Instalación Acoples Motores C.A. Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2
70	Instalación de acoples reductores Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2
71	Instalación de bases y topografía Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2
72	Instalación de motores y alineación Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2
<b>4.2.3 PLC</b>	
73	Instalación y configuración Tarjeta MBP en PLC 1DC1 y 1EC1
74	Instalación Tarjetas entrada/salidas analógicas y digitales PLC 1DC1 y 1EC1
75	Instalación de Touch screen
<b>4.3 CABLEADO</b>	
<b>4.3.1 POTENCIA</b>	
76	Instalación tubería conduit cables de potencia Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2
77	Tendido Cables de Potencia Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2
78	Conexión Cables de Potencia Alimentación Variadores Cad. Alimentadora L1-L2
79	Conexión Cables de Potencia Alimentación Variadores Cad. Stelmor L1-L2
80	Conexión en pruebas Cables de Alimentación Motores C.A. Cad. Alimentadora L1-L2
81	Conexión Cables de Alimentación Motores C.A. Cad. Alimentadora L1-L2
82	Conexión Cables de Alimentación Motores C.A. Cad. Stelmor L1-L2
<b>4.3.2 CONTROL</b>	
83	Tendido de cables de control
84	Impresión de etiquetas e instalación en cables de control
85	Conexión Cables de Control en Mandos Locales Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2
86	Conexión Cables de Control en PLC 1DC1 y 1EC1
87	Conexión cables de control en Variadores de velocidad Cad. Alimentadora L1-L2
88	Conexión cables de control en Variadores de velocidad Cad. Stelmor L1-L2
89	Elaboración de cables de red
90	Instalación de cables de red
<b>5. PUESTA EN MARCHA</b>	
<b>5.1 PRUEBAS</b>	
91	Simulación de programa de PLC 1DC1 y 1EC1
92	Entonación de Variadores de Velocidad Cad. Alimentadora L1-L2
93	Pruebas en vacío preliminares Cad. Alimentadora L1-L2

**Tabla 5. Listado de Actividades de Proyecto de Modernización del tren de alambón (continuación).**

94	Entonación de Variadores de Velocidad Cad. Stelmor L1-L2
95	Pruebas en vacío Cad. Stelmor y Alimentadoras L1-L2
96	Pruebas con carga Cad. Stelmor y Alimentadoras L1-L2
97	Entrenamiento a personal técnico de mantenimiento y operaciones
<b>5.2 OPERACIÓN</b>	
98	Arranque con carga Cad. Stelmor y Alimentadoras L1-L2

Fuente: Elaboración propia, 2009.

#### **5.4 Establecimiento de la Secuencia de las Actividades**

Mediante este proceso se identificaron y documentaron las dependencias entre las actividades del cronograma, tomando como entradas al proceso el alcance del proyecto y la lista de actividades.

Las actividades identificadas del proyecto se ordenaron de forma lógica tomando en cuenta las dependencias obligatorias y dependencias por compartir recursos, las cuales se determinaron a través de la experiencia del equipo del proyecto en la ejecución de actividades de mantenimiento y el juicio de experto. A continuación se presenta un ejemplo del criterio utilizado en una de las actividades:

Para instalar un nuevo motor de las cadenas transportadoras es necesario en primer lugar realizar la compra del motor, acople mecánico y tornillos, trasladar el motor nuevo, el acople y tornillos al sitio e instalar el acople, luego desmontar el motor instalado actualmente, para lo que hay que realizar previamente la desconexión eléctrica, desacoplar motor y reductor, desmontar el motor y acople, preparar la superficie, limpiar y desmontar la base actual, instalar la nueva base, montar el motor nuevo en las bases, alinear motor y reductor y finalmente realizar la conexión eléctrica.

La secuenciación de esta actividad responde a un orden lógico para el montaje de cualquier equipo, donde primero hay que hacer un acondicionamiento, instalar las bases, montar el equipo y por último sus facilidades.

El establecimiento de la secuencia de las actividades del proyecto de Modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambrón, se realizó utilizando el software de gestión de proyectos Microsoft® Project, ya que la cantidad de actividades es bastante significativa haciendo complejo el procedimiento para realizar un diagrama típico manual. La secuencia de las actividades se observa en el Anexo A Cronograma del proyecto.

### **5.5 Estimación de Recursos de las Actividades**

Mediante el desarrollo de este proceso se estimó el tipo y las cantidades de recursos necesarios (personas, equipos y materiales) para realizar las actividades del proyecto. Para la estimación de los recursos se utilizó como entrada al proceso la lista de actividades producto del proceso de definición de actividades y la disponibilidad de recursos sobre todo lo referente a mano de obra administrada de especialidad eléctrica, mecánica y soldadores, servicio de topografía y montaje eléctrico que es manejado a través de contratos marco por Sidor.

También se utilizaron hojas de rutas de los planes de mantenimiento de los equipos de la zona de enfriamiento y acabado del tren de alambrón, donde se especifican las actividades, duraciones y recursos necesarios para desarrollar actividades iguales o similares a las del proyecto. Entre las hojas de ruta utilizadas para estimar los recursos de las actividades se encuentra el cambio de motores (ver tabla 6, p. 85).

**Tabla 6.**

**DOBLE CARTA**

**COLOCAR HOJAS DE RUTA LLENAS**

Tabla 6. Hoja de ruta Cambio de Motores C.C. Cadena Stelmor. (Continuación)

CONDICIONES DE SEGURIDAD		
ACTIVIDADES GENERALES		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
1	CAIDAS	MANTENER CUERPO FUERA DEL ALCANCE DE OBJETOS O SUSTANCIAS QUE PUEDAN RODAR, CAER, PROYECTARSE O DESLIZARSE
2	GOLPES	COLOCAR CUBIERTAS Y SUPERFICIES ANTIRESBALANTES EN PISOS RESBALADIZOS (MALLA, PARRILLA, PALETAS)
3	RUIDO	USAR EPP GENERALES, PROTECCION AUDITIVA EN AREAS CON MAS DE 85 dBA
4	SOBRESFUERZOS	USAR CORRECTAMENTE LAS HERRAMIENTAS
5	OBJETOS CORTANTES	USAR HERRAMIENTAS DE GOLPE SIN FISURAS EN EL MANGO Y SIN REBABAS
		USAR LENTES Y MASCARILLAS ANTIPOLVO
TRABAJOS ELECTRICOS		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
6	CONTACTO CON CORRIENTE ELECTRICA	BLOQUEAR EFECTIVAMENTE (CORTE Y LIBERACION DE ENERGIA , VERIFICACION Y TARJETA)
		MEDIR TENSION ELECTRICA; CONTROLANDO POSICIÓN ADECUADA DEL INSTRUMENTO
TRABAJOS CON MATERIALES O SUSTANCIAS PELIGROSOS		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
TRABAJOS EN ALTURA		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
INTERVENCION EN, DENTRO O CERCA DE EQUIPOS O CON MAQUINAS_ HERRAMIENTAS		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
7	ATRAPAMIENTO	UTILIZAR SEÑALES DE PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS (LUCES, SIRENAS, CORNETAS)
IZAMIENTO DE CARGAS		
N°	RIESGOS	RECOMENDACIONES
8	CAIDA DE OBJETOS	PERMANECER FUERA DE CARGAS SUSPENDIDAS Y ALERTAR A OTROS
		USAR LAS SEÑALES ESTABLECIDAS PARA ORIENTAR EL MOVIMIENTO DE CARGA

Los métodos empleados para estimar los recursos del proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambón consistieron en la consulta a personal de la empresa con experiencia en la ejecución de actividades similares a las del proyecto, el análisis de documentación técnica de los equipos y mediciones en campo del sistema actualmente instalado. La tabla 7 muestra la lista de equipos y materiales requeridos para el proyecto.

Para el caso de estimación de recurso humano, se estimaron recursos de mano de obra administrada (MOA) en aquellas actividades que son sencillas o rutinarias y para la mayoría de actividades difíciles o poco repetitivas incluyendo el diseño, se estimaron recursos propios de la empresa, entre ellos técnicos de las cuadrillas de mantenimiento correctivo que trabajan por turnos e ingenieros. Esto trae doble beneficio, en primer lugar reducir los costos generados por la mano de obra administrada y horas-hombre de ingeniería al asignar recursos propios al proyecto y mitigar riesgos en la ejecución de actividades, asignando las actividades más difíciles y muy técnicas a personal altamente capacitado y con gran experiencia en la planta. En la tabla 8 (p. 88) se muestra la lista de recurso humano requerido en cada una de las actividades del proyecto.

**Tabla 7. Lista de materiales y equipos**

<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTI DAD</b>	<b>INSTALACION ASOCIADA</b>
1	Drive de corriente alterna Marca: ABB. Modelo: ACS800-0050-5	UND	2	Stelmor
2	Drive de corriente alterna. Marca: ABB. Modelo: ACS800-0011-5	UND	2	Alimentadora
3	Motor eléctrico de corriente alterna. Marca: WEG Potencia 50 Hp	UND	2	Stelmor
4	Motor eléctrico de corriente alterna. Marca: WEG Potencia 11 Hp	UND	2	Alimentadora
5	Cable de potencia especial de tres fases mallado y centrado # 2 AWG, 1000 V	MTS	600	Stelmor
6	Cable de potencia especial de tres fases mallado y centrado # 6 AWG, 1000 V	MTS	600	Alimentadora
7	Cable de control #18 AWG	MTS	2000	Stelm./Alim.
8	Tarjeta de comunicación protocolo MBP. Marca: ABB	UND	2	Stelm./Alim.
9	Tarjeta de entrada digital modicon	UND	2	Stelm./Alim.

**Tabla 7. Lista de materiales y equipos (Cont.)**

10	Tarjeta de salida digital modicon	UND	2	Stelm./Alim.
11	Tarjetas de entrada analogica modicon	UND	2	Stelm./Alim.
12	Tarjeta de salida analogica modicon	UND	2	Stelm./Alim.
13	Interruptor automatico 3 polos,	UND	2	Alimentadora
14	Fusiblera para fusible tipo Din 43630	UND	2	Alimentadora
15	Fusible Tipo: Din 43620. I: 25 A, 660 V	UND	9	Alimentadora
16	Fusible Tipo: Din 43620. I: 80 A, 660 V	UND	9	Stelmor
17	Acople mecánico Marca: Falk	UND	2	Stelmor
18	Acople mecánico Marca: Falk	UND	2	Alimentadora
19	Tornillos de montaje de motores	UND	16	Stelm./Alim.
20	Tubería conduit 2"	UND	20	Stelm./Alim.
21	Placa de montaje con accesorios	UND	4	Stelm./Alim.
22	Bases de Motores	UND	4	Stelm./Alim.

Fuente: Elaboración propia, 2009.

**Tabla 8. Listado de recurso humano por actividad**

Nº	MODERNIZACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE LAS CADENAS TRANSPORTADORAS DEL TREN DE ALAMBRON	Recurso Humano	Tipo de Recurso Humano
<b>1. DISEÑO</b>			
<b>1.1 PROGRAMACIÓN</b>			
<b>1.1.1 PLC</b>			
1	Revisión de señales de paneles de operador y sistema de regulación	Ing-Ele(1), Tec-Ele(1)	Personal Propio
2	Seccion de arranque y parada de Panel principal y panel local	Ing-Ele(1)	Personal Propio
3	Creación de señales de salidas y entradas digitales y analógicas	Ing-Ele(1)	Personal Propio
4	Creación de señales de comunicación	Ing-Ele(1)	Personal Propio
5	Asignación de entradas y salidas físicas a variables de lógica de control	Ing-Ele(1)	Personal Propio
6	Asignación de entradas y salidas de comunicación	Ing-Ele(1)	Personal Propio
7	Lectura y envío de señales cableadas	Ing-Ele(1)	Personal Propio
8	Variación de velocidad	Ing-Ele(1)	Personal Propio
9	Envío de datos a pantallas: sala eléctrica y panel de operador	Ing-Ele(1)	Personal Propio
10	Verificación de protecciones eléctricas	Ing-Ele(1)	Personal Propio
11	Sincronización de arranque y parada entre cadena stelmor y cadena alimentadora	Ing-Ele(1)	Personal Propio
12	Factor de velocidad entre cadena alimentadora y cadena stelmor	Ing-Ele(1)	Personal Propio
13	Recepción y envío de datos de control	Ing-Ele(1)	Personal Propio
14	Lectura de señales de estado y valores de mediciones físicas	Ing-Ele(1)	Personal Propio
15	Carga final de programa en PLC	Ing-Ele(1)	Personal Propio
<b>1.1.2 TOUCH SCREEN</b>			
16	Eliminación de botones de conexión de armadura	Ing-Aut(1)	Personal Propio
17	Ajuste de botones de control de cadenas	Ing-Aut(1)	Personal Propio
18	Ajuste de visualizadores de velocidad y fallas	Ing-Aut(1)	Personal Propio
<b>1.1.3 VARIADORES</b>			
19	Ajuste parametros de control, comunicación y seguridad Cad. Alimentadora L1 y L2	Ing-Ele(1)	Personal Propio
20	Ajuste parametros de control, de comunicación y seguridad Cad.Stelmor L1 y L2	Ing-Ele(1)	Personal Propio

**Tabla 8. Listado de recurso humano por actividad (Cont.)**

<b>1.2 DOCUMENTOS Y PLANOS VARIADORES</b>			
21	Lista de Equipos	Tec-Pro(1)	Personal Propio
22	Elaboración de planos de conexión de control	Tec-Pro(1)	Personal Propio
23	Elaboración de planos de conexión de potencia	Tec-Pro(1)	Personal Propio
24	Elaboración de planos de montaje de variadores	Tec-Pro(1)	Personal Propio
25	Elaboración de planos de montaje de tarjetas	Tec-Pro(1)	Personal Propio
<b>1.3 DOCUMENTOS Y PLANOS MOTORES</b>			
26	Lista de Equipos	Tec-Pro(1)	Personal Propio
27	Elaboración de planos de conexión de potencia	Tec-Pro(1)	Personal Propio
28	Elaboración de planos de bases de motores	Ing-Mec(1)	Personal Propio
29	Elaboración de planos de instalación de motores	Ing-Mec(1)	Personal Propio
<b>1.4 DOCUMENTOS Y PLANOS PLC</b>			
30	Lista de Equipos	Tec-Pro(1)	Personal Propio
31	Elaboración de planos de montaje de tarjetas	Tec-Pro(1)	Personal Propio
32	Elaboración de planos de conexión de control	Tec-Pro(1)	Personal Propio
33	Elaboración de planos de programa de PLC	Tec-Pro(1)	Personal Propio
34	Elaboración de manual de funcionamiento de nuevo sistema	Ing-Ele(1)	Personal Propio
<b>2. CONTRATACIÓN</b>			
<b>2.1 MANO DE OBRA</b>			
35	Solicitud de mano de obra: Eléctricistas, mecánicos y soldadores	Pla-Man(1)	Personal Propio
<b>2.2 SERVICIO DE TOPOGRAFÍA</b>			
36	Solicitud de topografía	Pla-Man(1)	Personal Propio
<b>2.3 SERVICIO DE MONTAJE</b>			
37	Solicitud de cuadrilla de montaje	Pla-Man(1)	Personal Propio
<b>3. PROCURA</b>			
<b>3.1 EQUIPOS</b>			
38	Variadores de velocidad	Ing-Com(1)	Personal Propio
39	Pruebas Laboratorio Variadores de velocidad	Tec-Elec(1)	Personal Propio
40	Cable especial de potencia	Ing-Com(1)	Personal Propio
41	Motores	Ing-Com(1)	Personal Propio
42	Pruebas Laboratorio Motores	Tec-Elec(1)	Personal Propio
43	Tarjetas de entrada y salida digital y analógica	Ing-Com(1)	Personal Propio
44	Tarjetas de comunicación MBP	Ing-Com(1)	Personal Propio
<b>3.2 MATERIALES</b>			
45	Interruptores	Ing-Com(1)	Personal Propio
46	Cables de control	Ing-Com(1)	Personal Propio
47	Fusibles	Ing-Com(1)	Personal Propio
48	Fusibleras	Ing-Com(1)	Personal Propio
49	Tubería	Ing-Com(1)	Personal Propio
50	Acoples mecánicos	Ing-Com(1)	Personal Propio
51	Tornillos	Ing-Com(1)	Personal Propio
<b>3.3 FABRICACION</b>			
52	Fabricación de bases de motores	Tec-Maq(1)	Personal Propio
53	Fabricación de placas de montaje de variadores de velocidad y accesorios		Personal Propio
<b>4. INSTALACIÓN</b>			
<b>4.1 ACONDICIONAMIENTO</b>			
<b>4.1.1 VARIADOR</b>			
54	Adecuación Armario disponible Cad. Alimentadoras L1-L2	Tec-Ele(2)	Personal Propio
55	Desconexión eléctrica Control y Potencia Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	Mon-Ele(6), Mon-Sup(1)	Personal contratado
56	Desmontaje Sistemas de Regulación Cad. Stelmor L1-L2	Mon-Ele(6), Mon-Sup(1)	Personal contratado

**Tabla 8. Listado de recurso humano por actividad (Cont.)**

57	Adecuación Armarios Cad. Stelmor L1-L2 - Barras de tensión y desalajo cables	Mon-Ele(6), Mon-Sup(1)	Personal contratado
<b>4.1.2 MOTOR</b>			
58	Desconexión Eléctrica Pruebas Motores C.A. Cad. Alimentadora L1-L2	Tec-Ele(1)	Personal Propio
59	L2 Desconexión Eléctrica Motores C.C. Cad. Stelmor y Alimentadora L1-	Moa-Ele(4), Sup-Ele(1)	MOA
60	Desacoplar motores-reductores Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	Moa-Ele(4), Sup-Ele(1)	MOA
61	L2 Desmontaje Motores C.C. y Acoples Cad. Stelmor y Alimentadora L1-	Moa-Ele(4), Sup-Ele(1)	MOA
62	Preparación y limpieza de piso Cad.Stelmor y Alimentadora L1-L2	Moa-Sol(2), 1 Sup-Mec(1)	MOA
<b>4.1.3 PLC</b>			
63	Desconectar cables de control de PLC S5	Tec-Ele(2)	Personal Propio
64	Desmontar tarjetas de PLC S5	Tec-Ele(2)	Personal Propio
<b>4.2 MONTAJE</b>			
<b>4.2.1 VARIADOR</b>			
65	Montaje Placa y Variadores de Velocidad Cad Alimentadora L1-L2	Tec-Ele(2)	Personal Propio
66	Alimentadora L1-L2 Instalación-configuración Tarjeta MBP Variadores de Velocidad Cad.	Tec-Ele(2)	Personal Propio
67	Instalación placas de montaje Cad. Stelmor L1-L2	Mon-Ele(6), Mon-Sup(1)	Personal contratado
68	Instalación Variadores de Velocidad Cad. Stelmor L1-L2	Mon-Ele(6), Mon-Sup(1)	Personal contratado
<b>4.2.2 MOTOR</b>			
69	Instalación Acoples Motores C.A. Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	Tec-Mec(2)	Personal Propio
70	Instalación de acoples reductores Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	Moa-Mec(4), Sup-Mec(1)	MOA
71	Instalación de bases y topografía Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	Moa-Mec(4), Moa-Sol (2), Sup-Mec(1), Topógrafo (1)	MOA
72	Instalación de motores y alineación Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	Moa-Mec(4), Sup-Mex(1), Alineador(1)	MOA
<b>4.2.3 PLC</b>			
73	Instalación y configuración Tarjeta MBP en PLC 1DC1 y 1EC1	Tec-Ele(2)	Personal Propio
74	1EC1 Instalación Tarjetas entrada/salidas analógicas y digitales PLC 1DC1 y	Tec-Ele(2)	Personal Propio
75	Instalación de Touch screen		Personal Propio
<b>4.3 CABLEADO</b>			
<b>4.3.1 POTENCIA</b>			
76	Alimentadora L1-L2 Instalación tubería conduit cables de potencia Cad. Stelmor y	Moa-Ele(4), Sup-Ele(1)	MOA
77	Tendido Cables de Potencia Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	Moa-Ele(4), Sup-Ele(1)	MOA
78	Alimentadora L1-L2 Conexión Cables de Potencia Alimentación Variadores Cad.	Tec-Ele(2)	Personal Propio
79	L1-L2 Conexión Cables de Potencia Alimentación Variadores Cad. Stelmor	Mon-Ele(6), Mon-Sup(1)	Personal contratado
80	Alimentadora L1-L2 Conexión en pruebas Cables de Alimentación Motores C.A. Cad.	Tec-Ele(2)	Personal Propio
81	L2 Conexión Cables de Alimentación Motores C.A. Cad. Alimentadora L1-	Moa-Ele(4), Sup-Ele(1)	MOA
82	Conexión Cables de Alimentación Motores C.A. Cad. Stelmor L1-L2	Moa-Ele(4), Sup-Ele(1)	MOA
<b>4.3.2 CONTROL</b>			
83	Tendido de cables de control	Moa-Ele(4), Sup-Ele(1)	MOA
84	Impresión de etiquetas e instalación en cables de control	Tec-Ele(1)	Personal Propio

**Tabla 8. Listado de recurso humano por actividad (Cont.)**

85	Conexión Cables de Control en Mandos Locales Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	Tec-Ele(2)	Personal Propio
86	Conexión Cables de Control en PLC 1DC1 y 1EC1	Tec-Ele(2)	Personal Propio
87	Conexión cables de control en Variadores de velocidad Cad. Alimentadora L1-L2	Tec-Ele(2)	Personal Propio
88	Conexión cables de control en Variadores de velocidad Cad. Stelmor L1-L2	Tec-Ele(2)	Personal Propio
89	Elaboración de cables de red	Tec-Ele(1)	Personal Propio
90	Instalación de cables de red	Tec-Ele(2)	Personal Propio
<b>5. PUESTA EN MARCHA</b>			
<b>5.1 PRUEBAS</b>			
91	Simulación de programa de PLC 1DC1 y 1EC1	Ing-Ele(1)	Personal Propio
92	Entonación de Variadores de Velocidad Cad. Alimentadora L1-L2	Ing-Ele(1), Tec-Ele(1)	Personal Propio
93	Pruebas en vacío preliminares Cad. Alimentadora L1-L2	Ing-Ele(1), Tec-Ele(1)	Personal Propio
94	Entonación de Variadores de Velocidad Cad. Stelmor L1-L2	Ing-Ele(1), Tec-Ele(1)	Personal Propio
95	Pruebas en vacío Cad. Stelmor y Alimentadoras L1-L2	Ing-Ele(1), Tec-Ele(1)	Personal Propio
96	Pruebas con carga Cad. Stelmor y Alimentadoras L1-L2	Ing-Ele(1), Tec-Ele(1)	Personal Propio
97	Entrenamiento a personal técnico de mantenimiento y operaciones	Ing-Ele(1)	Personal Propio
<b>5.2 OPERACIÓN</b>			
98	Arranque con carga Cad. Stelmor y Alimentadoras L1-L2	Ing-Ele(1), Tec-Ele(1)	Personal Propio

Fuente: Elaboración propia (2009).

## 5.6 Estimación de la Duración de las Actividades

Para llevar a cabo el proceso de estimación de la duración de las actividades del proyecto, se utilizó información histórica provenientes de informes de gestión de paradas de mantenimiento e información de las hojas de rutas de los planes de mantenimiento de los equipos de la zona de enfriamiento y acabado del tren de alambrón, donde se especifican las duraciones de actividades iguales o similares a las del proyecto.

En este proceso se definieron las actividades a desarrollar en periodo de operaciones, en las paradas rutinarias (RP) y en la reparación extraordinaria (REX), basado en la posibilidad técnica de ser realizada en cada periodo y que en periodo de operación no interrumpiera el proceso productivo.

En el proceso de estimación de duración de las actividades a desarrollar en periodo de paradas programadas (RP) y reparación extraordinaria (REX), se tomó en cuenta la duración de las mismas de acuerdo a la programación. Por ejemplo para las RP, la duración programada es de doce horas y son realizadas cada quince días. En el caso de la REX la duración programada para actividades de mantenimiento en la zona de acabado y enfriamiento es de 6 días, por lo cual el proyecto sólo dispondrá de esos días para su culminación. Para la estimación de duraciones de las actividades del proyecto también se tomó en cuenta la cantidad de recurso humano y su disponibilidad.

Para el caso de procura, el tiempo estimado desde que se realiza el pedido hasta la llegada a almacén se obtuvo de los históricos de compras en SAP de los materiales y equipos.

Las duraciones para las actividades fueron determinadas y calculadas a través del juicio de experto y estimaciones análogas de actividades similares a las que se ejecutarán en el proyecto (ver tabla 9).

**Tabla 9. Duraciones estimadas de actividades.**

Nº	MODERNIZACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE LAS CADENAS TRANSPORTADORAS DEL TREN DE ALAMBRO DE LA EMPRESA SIDOR C.A.	Duración de Actividad	Estado de la planta
<b>1. DISEÑO</b>			
<b>1.1 PROGRAMACIÓN</b>			
<b>1.1.1 PLC</b>			
1	Revisión de señales de paneles de operador y sistema de regulación	32 h	RP
2	Sección de arranque y parada de Panel principal y panel local	120 h	Operación
3	Creación de señales de salidas y entradas digitales y analógicas	40 h	Operación
4	Creación de señales de comunicación	16 h	Operación
5	Asignación de entradas y salidas físicas a variables de lógica de control	40 h	Operación
6	Asignación de entradas y salidas de comunicación	16 h	Operación
7	Lectura y envío de señales cableadas	40 h	Operación
8	Variación de velocidad	40 h	Operación
9	Envío de datos a pantallas: sala eléctrica y panel de operador	40 h	Operación
10	Verificación de protecciones eléctricas	40 h	Operación
11	Sincronización de arranque y parada entre cadena stelmor y cadena alimentadora	32 h	Operación

**Tabla 9. Duraciones estimadas de actividades (Cont.)**

12	Factor de velocidad entre cadena alimentadora y cadena stelmor	40 h	Operación
13	Recepción y envío de datos de control	40 h	Operación
14	Lectura de señales de estado y valores de mediciones físicas	40 h	Operación
15	Carga final de programa en PLC	8 h	RP
<b>1.1.2 TOUCH SCREEN</b>			
16	Eliminación de botones de conexión de armadura	40 h	Operación
17	Ajuste de botones de control de cadenas	40 h	Operación
18	Ajuste de visualizadores de velocidad y fallas	72 h	Operación
<b>1.1.3 VARIADORES</b>			
19	Ajuste parametros de control, comunicación y seguridad Cad. Alimentadora L1 y L2	64 h	Operación
20	Ajuste parametros de control, de comunicación y seguridad Cad.Stelmor L1 y L2	2 h	Rex
<b>1.2 DOCUMENTOS Y PLANOS VARIADORES</b>			
21	Lista de Equipos	16 h	Operación
22	Elaboración de planos de conexión de control	40 h	Operación
23	Elaboración de planos de conexión de potencia	40 h	Operación
24	Elaboración de planos de montaje de variadores	64 h	Operación
25	Elaboración de planos de montaje de tarjetas	40 h	Operación
<b>1.3 DOCUMENTOS Y PLANOS MOTORES</b>			
26	Lista de Equipos	16 h	Operación
27	Elaboración de planos de conexión de potencia	24 h	Operación
28	Elaboración de planos de bases de motores	40 h	Operación
29	Elaboración de planos de instalación de motores	56 h	Operación
<b>1.4 DOCUMENTOS Y PLANOS PLC</b>			
30	Lista de Equipos	16 h	Operación
31	Elaboración de planos de montaje de tarjetas	40 h	Operación
32	Elaboración de planos de conexión de control	40 h	Operación
33	Elaboración de planos de programa de PLC	16 h	Operación
34	Elaboración de manual de funcionamiento de nuevo sistema	176 h	Operación
<b>2. CONTRATACIÓN</b>			
<b>2.1 MANO DE OBRA</b>			
35	Solicitud de mano de obra: Eléctricistas, mecánicos y soldadores	920 h	Operación
<b>2.2 SERVICIO DE TOPOGRAFÍA</b>			
36	Solicitud de topografía	192 h	Operación
<b>2.3 SERVICIO DE MONTAJE</b>			
37	Solicitud de cuadrilla de montaje	179 h	Operación
<b>3. PROCURA</b>			
<b>3.1 EQUIPOS</b>			
38	Variadores de velocidad	129 d	Operación
39	Pruebas Laboratorio Variadores de velocidad	2 d	Operación
40	Cable especial de potencia	109 d	Operación
41	Motores	66 d	Operación
42	Pruebas Laboratorio Motores	2 d	Operación
43	Tarjetas de entrada y salida digital y analógica	22 d	Operación
44	Tarjetas de comunicación MBP	109 d	Operación
<b>3.2 MATERIALES</b>			
45	Interruptores	22 d	Operación
46	Cables de control y accesorios para conexiones: borneras, tirraps, canaletas, terminales, etiquetas	22 d	Operación
47	Fusibles	22 d	Operación
48	Fusibleras	22 d	Operación

**Tabla 9. Duraciones estimadas de actividades (Cont.)**

49	Tubería	22 d	Operación
50	Acoples mecánicos	22 d	Operación
51	Tornillos	21 d	Operación
<b>3.3 FABRICACION</b>			
52	Fabricación de bases de motores	22 d	Operación
53	Fabricación de placas de montaje de variadores de velocidad y montaje de accesorios (canaletas, rieles, borneras, fusibleras)	44 d	Operación
<b>4. INSTALACIÓN</b>			
<b>4.1 ACONDICIONAMIENTO</b>			
<b>4.1.1 VARIADOR</b>			
54	Adecuación Armario disponible Cad. Alimentadoras L1-L2	16 h	RP
55	Desconexión eléctrica Control y Potencia Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	4 h	Rex
56	Desmontaje Sistemas de Regulación Cad. Stelmor L1-L2	16 h	Rex
57	Adecuación Armarios Cad. Stelmor L1-L2 - Barras de tensión y desalojo cables	6 h	Rex
<b>4.1.2 MOTOR</b>			
58	Desconexión Eléctrica Pruebas Motores C.A. Cad. Alimentadora L1-L2	2 h	Operación
59	Desconexión Eléctrica Motores C.C. Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	4 h	Rex
60	Desacoplar motores-reductores Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	2 h	Rex
61	Desmontaje Motores C.C. y Acoples Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	6 h	Rex
62	Preparación y limpieza de piso Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	12 h	Rex
<b>4.1.3 PLC</b>			
63	Desconectar cables de control de PLC S5	4 h	Rex
64	Desmontar tarjetas de PLC S5	2 h	Rex
<b>4.2 MONTAJE</b>			
<b>4.2.1 VARIADOR</b>			
65	Montaje Placa y Variadores de Velocidad Cad Alimentadora L1-L2	22 h	Rp
66	Instalación-configuración Tarjeta MBP Variadores de Velocidad Cad. Alimentadora L1-L2	8 h	Operación
67	Instalación placas de montaje Cad. Stelmor L1-L2	8 h	Rex
68	Instalación Variadores de Velocidad Cad. Stelmor L1-L2	2 h	Rex
<b>4.2.2 MOTOR</b>			
69	Instalación Acoples Motores C.A. Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	8 h	Operación
70	Instalación de acoples reductores Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	8 h	Rex
71	Instalación de bases y topografía Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	16 h	Rex
72	Instalación de motores y alineación Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	15 h	Rex
<b>4.2.3 PLC</b>			
73	Instalación y configuración Tarjeta MBP en PLC 1DC1 y 1EC1	8 h	Rp
74	Instalación Tarjetas entrada/salidas analógicas y digitales PLC 1DC1 y 1EC1	8 h	Rp
75	Instalación de Touch screen	16 h	Rex
<b>4.3 CABLEADO</b>			
<b>4.3.1 POTENCIA</b>			
76	Instalación tubería conduit cables de potencia Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	16 h	Rp
77	Tendido Cables de Potencia Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	32 h	Rp
78	Conexión Cables de Potencia Alimentación Variadores Cad. Alimentadora L1-L2	8 h	Rp
79	Conexión Cables de Potencia Alimentación Variadores Cad. Stelmor L1-L2	8 h	Rex
80	Conexión en pruebas Cables de Alimentación Motores C.A. Cad. Alimentadora L1-L2	2 h	Operación
81	Conexión Cables de Alimentación Motores C.A. Cad. Alimentadora L1-L2	2 h	Rex

**Tabla 9. Duraciones estimadas de actividades (Cont.)**

82	Conexión Cables de Alimentación Motores C.A. Cad. Stelmor L1-L2	2 h	Rex
<b>4.3.2 CONTROL</b>			
83	Tendido de cables de control	16 h	Rp
84	Impresión de etiquetas e instalación en cables de control	32 h	Operación
85	Conexión Cables de Control en Mandos Locales Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	22 h	Rp
86	Conexión Cables de Control en PLC 1DC1 y 1EC1	36 h	Rp
87	Conexión cables de control en Variadores de velocidad Cad. Alimentadora L1-L2	16 h	Operación
88	Conexión cables de control en Variadores de velocidad Cad. Stelmor L1-L2	12 h	Rex
89	Elaboración de cables de red	4 h	Operación
90	Instalación de cables de red	4 h	Operación
<b>5. PUESTA EN MARCHA</b>			
<b>5.1 PRUEBAS</b>			
91	Simulación de programa de PLC 1DC1 y 1EC1	64 h	Operación
92	Entonación de Variadores de Velocidad Cad. Alimentadora L1-L2	8 h	RP
93	Pruebas en vacío preliminares Cad. Alimentadora L1-L2	36 h	Operación
94	Entonación de Variadores de Velocidad Cad. Stelmor L1-L2	2 h	Rex
95	Pruebas en vacío Cad. Stelmor y Alimentadoras L1-L2	8 h	Rex
96	Pruebas con carga Cad. Stelmor y Alimentadoras L1-L2	22 h	Rex
97	Entrenamiento a personal técnico de mantenimiento y operaciones	70 h	Operación
<b>5.2 OPERACIÓN</b>			
98	Arranque con carga Cad. Stelmor y Alimentadoras L1-L2	3 h	Rex

Fuente: Elaboración propia, 2009.

## 5.7 Desarrollo del Cronograma base

En este proceso se analizaron las secuencias de las actividades, la duración de las actividades, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma del proyecto.

El cronograma del proyecto indica la fecha de inicio y de finalización de las actividades que conforman el proyecto. La fecha de inicio esta fijada por el equipo de proyecto y la fecha de finalización esta determinada por la fecha de culminación de la Reparación Extraordinaria (REX).

La elaboración del cronograma del proyecto responde a los siguientes objetivos:

1. Establecer compromisos de inicio y terminación de las actividades que concuerden con el lapso estipulado para la REX.

2. Identificar los eventos claves.
3. Identificar las interdependencias entre actividades.
4. Mejorar la comunicación entre el equipo involucrado en el proyecto.
5. Apoyar el sistema de información.

Para el desarrollo del cronograma se tomaron las siguientes consideraciones:

1. Día de inicio: **25 de Noviembre 2009.**
2. Calendario:
  - Período de operación: De lunes a viernes en jornada de 8 horas diarias, a excepción de días feriados.
  - Periodo de RP: Los miércoles cada 15 días. Para mano de obra administrada jornadas de 8 horas y para personal propio jornadas de 12 horas.
  - Período de REX: Para mano de obra administrada y topografía las jornadas serán de 12 Horas diarias, para personal propio y cuadrilla de montaje las jornadas serán de 12 Horas diarias por dos turnos al día.
3. Restricciones: el fin del proyecto de Modernización de las cadenas transportadoras del tren de alambón debe coincidir con la fecha de culminación de la REX. Debido a que la mayor cantidad de trabajo posible se debe ejecutar antes de la REX, por el poco tiempo que se dispone en esta, se hizo necesario identificar las paradas a realizarse durante el proyecto del plan de RP anuales y corresponder las actividades a realizarse en periodo de RP en las fechas establecidas para tal fin. Las RP en el tren de alambón se realizan cada 15 días con lo cual las actividades a realizar en periodo de RP con un lapso mayor a 12 horas se fragmentaron.
4. Adelantos y atrasos. Algunas actividades tienen relación de adelanto y atrasos con respecto a otra actividad, en especial en periodo de REX, donde se debe optimizar el tiempo de ejecución de las actividades. Un ejemplo es la actividad de instalación de los motores, donde previamente se deben instalar bases, pero para esta última actividad se estimaron dos

grupos de trabajo, la estrategia de montaje será que a medida que se instala una base se irá instalando el motor correspondiente, es por ello que la actividad de instalación de motores inicia 6 horas antes de concluir la instalación de todas las bases. Por otro lado, hay actividades que deben ser realizadas en período de RP, por lo cual se retrasaron hasta que coincidieran con una fecha de RP programada.

El día de inicio del proyecto, el día de inicio de REX, los días de RP, las relaciones de dependencias, la secuencia, la duración de las actividades y el calendario se introdujeron en el software Microsoft Project®, originando como resultado el cronograma del proyecto y la ruta crítica .

En el Anexo A se presenta el cronograma del proyecto en diagrama de Gantt. El proyecto tiene una duración estimada de 218 días, con fecha de fin para el **día 02 de Octubre del 2010**. La ruta que requiere mayor atención por parte del equipo del proyecto es el camino crítico y esta identificado con color rojo. En el cronograma se puede apreciar que las actividades de ajuste parámetros de variador de las cadenas Stelmor L1 y L2, Desconexión eléctrica de las cadenas Stelmor y Alimentadora L1-L2, desmontaje de motores C.C., preparación y limpieza de piso, instalación de motores y alineación Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2 y pruebas en vacío y con carga de las cadenas conforman la ruta crítica del proyecto. Estas son actividades que se deberán realizar en la REX, por esta razón es vital la revisión y corrección del diseño, simulación del software y las pruebas preliminares con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento del nuevo sistema en el periodo de REX.

Debido a que las pruebas preliminares son de vital importancia para la detección de errores o fallas en el sistema a instalar y permitirán realizar las correcciones que correspondan, es importante dar atención también a las actividades a desarrollarse en período de RP que afecten las pruebas preliminares de las

cadenas alimentadoras, como lo son la procura de los variadores de velocidad, el montaje de placas y variadores de velocidad C.A. L1 y L2, el tendido de cables de potencia, la conexión de cables de potencia de variadores de velocidad a barras de alimentación y la entonación de variadores de velocidad C.A. L1 y L2, que aunque no son ruta crítica podrían llegar a convertirse en caso de pequeños retrasos ya que están próximas a la REX.

En planificación de proyecto, existe un instrumento llamado índice de criticidad que relaciona las actividades críticas con las actividades totales, y dependiendo de su valor se puede caracterizar al proyecto, en cuanto a la probabilidad que tiene de culminar en la fecha programada. Si el índice es mayor de 25% indica gran rigidez en la red, baja probabilidad de cumplimiento de fecha final del proyecto y re-planificación de tareas recomendada. Si el índice es menor de 5% indica gran flexibilidad de la red y oportunidad para adelantar fecha final del proyecto.

$$\text{INDICE DE CRITICIDAD} = \frac{\text{NÚMERO DE ACTIVIDADES CRÍTICAS}}{\text{NÚMERO DE ACTIVIDADES TOTALES}}$$

Fuente: Mora, M. (2007)

El proyecto de Modernización de las cadenas transportadoras del tren de Alambrón se visualiza nueve (9) actividades críticas de un total de noventa y siete (97), por lo cual aplicando la fórmula de índice de criticidad se tiene lo siguiente:

$$\text{Índice de criticidad} = 13/98 = 0,1392$$

Este valor, 13,92 nos indica que existe cierta flexibilidad en la red del proyecto y también una “alta” probabilidad de que el proyecto culmine en la fecha programada.

Para cumplir con el objetivo de definir el presupuesto de costos estimados del proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambión propuesto en esta investigación, fue necesario desarrollar los procesos de Estimación de Costos y Preparación del Presupuesto de Costos de acuerdo a la metodología del PMBOK (2008). Mediante estos procesos se estimaron los costos de los recursos necesarios para completar las actividades del cronograma.

La planificación de los costos es de gran importancia para el proyecto debido a que se cuenta con una restricción de presupuesto de REX para la zona de enfriamiento del tren de alambión, por lo que fue necesario estimar la inversión a realizar para poder decidir como cubrir el presupuesto requerido para ejecutar el proyecto.

## **5.8 Estimación de Costos**

El proceso de estimación de costos permitió realizar una aproximación de los costos de los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto. Para desarrollar este proceso se utilizó como entradas el enunciado del alcance del proyecto, la EDT, el cronograma, donde se visualiza el tipo y la cantidad de recursos, la cantidad de tiempo que dichos recursos se aplican para concluir el trabajo del proyecto, productos obtenidos de los procesos de planificación de la gestión del alcance y tiempo descritos anteriormente.

Como herramienta para realizar la estimación de costos se empleó la Determinación de Tarifas de Costos de Recursos sugerida en el PMBOK(2008). Debido a que Sidor posee contratos marco con diferentes empresas que prestan servicio especializados y de mano de obra, las tarifas para determinar los costos de los recursos fueron obtenidas de los precios fijados en dichos contratos. Este

fue el caso de mano de obra de especialidad eléctrica, mecánica, soldadura y supervisión, servicio de topografía, servicio de suministro y montaje eléctrico, necesarios para la ejecución del proyecto.

El método empleado para obtener los precios de algunos equipos a procurar, fue a través de la consulta de precios realizada por un Ingeniero de compras a los proveedores registrados en Sidor y que con mayor frecuencia proveen los equipos requeridos para el proyecto, y para otros equipos y materiales el método usado fue a través de consultas en el historial de compras de los equipos codificados en el sistema de gestión SAP. En el proceso se identificaron los materiales y equipos que tenían stock en los almacenes de Sidor y los que debían ser comprados puntualmente.

Por otro lado se tomó en cuenta una asignación para contingencias debido a que el plan de riesgos, que se verá más adelante, arrojó como acción de mitigación, cubrir el personal de mano de obra administrada por personal de montaje en caso de que el riesgo huelga de contratista de mano de obra durante la REX ocurra. Para lo cual se estimó un requerimiento de personal eléctrico de montaje de 320 H-H y de supervisión 80 H-H. De igual manera se incluyó una cantidad destinada a equipos de repuestos para mitigar el riesgo de detección de equipos defectuosos. Los equipos requeridos y que deberán ser comprados conjuntamente con los equipos planificados son: un variador de velocidad y un motor de corriente alterna para la cadena "Stelmor" y un variador de velocidad y un motor de corriente alterna para la cadena alimentadora.

Como producto del proceso de estimaciones de costos de las actividades se obtuvo el listado de los recursos necesarios de materiales y equipos y mano de obra con sus costos probables (Ver tablas 10, 11 y 12).

**Tabla 10. Lista de equipos y materiales y costos asociados.**

Nº	DESCRIPCION	UNID	CANT.	PRECIO UNIT. (\$)	PRECIO	TIEMPO DE ENTREGA (DIAS)	Instalación asociada	TIPO DE COMPRA
					TOTAL (\$)			
1	Drive de corriente alterna Marca: ABB. Modelo: ACS800-0050-5	UND	3	7000,00	21000,00	129	Stelmor	* Puntual
2	Drive de corriente alterna. Marca: ABB. Modelo: ACS800-0011-5	UND	3	5000,00	15000,00	129	Aliment.	Puntual
3	Motor eléctrico de corriente alterna. Marca: WEG Potencia 50 Hp	UND	3	5000,00	15000,00	66	Stelmor	* Contrato marco
4	Motor eléctrico de corriente alterna. Marca: WEG Potencia 11 Hp	UND	3	3000,00	9000,00	66	Aliment.	Contrato marco
5	Cable de potencia especial de tres fases mallado y centrado # 2 AWG, 1000 V	MTS	600	20,00	12000,00	109	Stelmor	Puntual
6	Cable de potencia especial de tres fases mallado y centrado # 6 AWG, 1000 V	MTS	600	15,00	9000,00	109	Aliment.	Puntual
7	Cable de control #18 AWG	MTS	2000	3,00	6000,00	22	Stelm./Alim.	Stock almacén
8	Tarjeta de comunicación protocolo MBP. Marca: ABB	UND	2	1200,00	2400,00	109	Stelm./Alim.	Puntual
9	Tarjeta de entrada digital modicon	UND	2	1200,00	2400,00	44	Stelm./Alim.	Stock almacén
10	Tarjeta de salida digital modicon	UND	2	1200,00	2400,00	44	Stelm./Alim.	Stock almacén
11	Tarjetas de entrada analogica modicon	UND	2	1200,00	2400,00	44	Stelm./Alim.	Stock almacén
12	Tarjeta de salida analogica modicon	UND	2	1200,00	2400,00	44	Stelm./Alim.	Stock almacén
13	Interruptor automatico 3 polos,	UND	2	500,00	1000,00	44	Aliment.	Stock almacén
14	Fusiblera para fusible tipo Din 43630	UND	2	100,00	200,00	22	Aliment.	Stock almacén
15	Fusible Tipo: Din 43620. I: 25 A, 660 V	UND	9	200,00	1800,00	44	Aliment.	Stock almacén
16	Fusible Tipo: Din 43620. I: 80 A, 660 V	UND	9	150,00	1350,00	44	Stelmor	Stock almacén
17	Acople mecánico Marca: Falk	UND	2	1200,00	2400,00	44	Stelmor	Stock almacén
18	Acople mecánico Marca: Falk	UND	2	1000,00	2000,00	44	Aliment.	Stock almacén
19	Tornillos de montaje de motores	UND	16	5,00	80,00	21	Stelm./Alim.	Stock almacén
20	Tubería conduit 2"	UND	20	40,00	800	22	Stelm./Alim.	Stock almacén
21	Placa de montaje e instalación y suministro de accesorios	UND	4	1900,00	7600,00	44	Stelm./Alim.	Contrato marco
<b>SUB-TOTAL EQUIPOS Y MATERIALES US\$</b>					<b>116230,00</b>			

\* Compra Puntual: Se realiza una compra específica para el Proyecto, haciendo selección de la mejor oferta.

\* Contrato Marco: Convenio establecido entre Sidor y un proveedor para la compra rápida de repuestos.

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

**Tabla 11. Lista de Horas-Hombre y costos asociados.**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL
1	MONTAJE - HH ELECTRICO	HH	264	9	2376
2	MONTAJE - HH SUPERVISOR	HH	44	11	484
3	MOA - HH ESPECIALIDAD ELECTRICA	HH	320	8	2560
4	MOA - HH ESPECIALIDAD MECANICA	HH	156	8	1248
5	MOA - HH ESPECIALIDAD SOLDADURA	HH	56	8	448
6	MOA - SUPERVISOR	HH	131	10	1310
7	TOPOGRAFIA	HH	16	12	192
8	CONTINGENCIA- MONTAJE ELECTRICO	HH	320	9	2880
9	CONTINGENCIA- SUPERVISOR MONTAJE	HH	80	11	880
<b>SUB-TOTAL HH US\$</b>					<b>12378</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

**Tabla 12. Costos totales del proyecto**

<b>EQUIPOS Y MATERIALES US\$</b>	<b>116230,00</b>
<b>HORAS HOMBRES DE RECURSO HUMANO US\$</b>	<b>12378</b>
<b>TOTAL INVERSIÓN US\$</b>	<b>128608,00</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

Como se aprecia en la tabla 12 el costo estimado total del proyecto es de 128608,00 US\$ (5027 UT), monto estimado superior al presupuesto de REX disponible para la zona de enfriamiento, establecido en 95000 US\$. El restante del estimado del proyecto, la cantidad de 33608 US\$, se debe cubrir con presupuesto ordinario de mantenimiento. Después de realizar un análisis de los presupuestos ordinarios se tomó la decisión de disponer 20000 US\$ de la zona de enfriamiento, tomando en cuenta que la modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras disminuirá las actividades de mantenimiento y procura que se realizan actualmente, y por otro lado, disponer un máximo de 15000 US\$ de la zona de acabado para cubrir la inversión restante del proyecto, ya que en el último año esta zona registró una disminución en el consumo del presupuesto ordinario asignado debido a las mejoras que se están realizando.

## 5.9 Preparación del Presupuesto de Costos

Para desarrollar el proceso de preparación del presupuesto de costo se utilizó el listado de estimación de costos de las actividades, la EDT del proyecto y el cronograma del proyecto. Este proceso implicó sumar los costos estimados de actividades de cada uno de los paquetes de trabajo y distribuirlos en el tiempo.

Es importante mencionar, que la carga de los costos asociados a mano de obra y servicios especializados se hacen efectivos sobre el centro de costos asociado al proyecto en el mes en que prestan el servicio, en caso de procuras de equipos o materiales puntuales para el proyecto donde un analista de abastecimiento realiza la compra, la carga del costo se hace efectivo cuando el material o equipo llega al almacén principal de Sidor y en el caso de que se tenga “stock” en cualquiera de los almacenes de Sidor la carga se hace efectiva en el mes en que es extraído del almacén.

Como producto de este proceso se obtuvo la Línea Base de Costo, que se refiere al presupuesto distribuido en el tiempo, que se usa como base respecto a la cual se puede medir, supervisar y controlar el rendimiento general del costo en el proyecto. Se desarrolló sumando los costos estimados por período y se representó por una curva S. Las tablas 13 y 14 (p. 104) muestran el presupuesto por mes de los materiales y equipos y horas hombres asociados al proyecto.

Para el proyecto se desarrollaron tres líneas base de costos, de equipos y materiales, mano de obra y una general del proyecto de acuerdo a los requerimientos del líder del proyecto, ya que el presupuesto de todas las áreas de Sidor es controlado mensualmente. Las figuras 19, 20 y 21 (p. 105 y 106) representan las líneas base de equipos, mano de obra y general respectivamente.

**Tabla 13. Presupuesto de equipos y materiales distribuidos mensualmente**

PRESUPUESTO EQUIPOS Y MATERIALES X MES										
	Ene-10	Feb-10	Mar-10	Abr-10	May-10	Jun-10	Jul-10	Ago-10	Sep-10	Oct-10
Drive de corriente alterna Marca: ABB. Modelo: ACS800-0050-5							21000			
Drive de corriente alterna. Marca: ABB. Modelo: ACS800-0011-5							15000			
Motor eléctrico de corriente alterna. Marca: WEG Potencia 50 Hp				15000						
Motor eléctrico de corriente alterna. Marca: WEG Potencia 11 Hp				9000						
Cable de potencia especial de tres fases mallado y centrado # 2 AWG, 1000 V						12000				
Cable de potencia especial de tres fases mallado y centrado # 6 AWG, 1000 V						9000				
Cable de control #18 AWG						6000				
Marca: ABB						2400				
Tarjeta de entrada digital modicon		2400								
Tarjeta de salida digital modicon		2400								
Tarjetas de entrada analogica modicon		2400								
Tarjeta de salida analogica modicon		2400								
Interruptor automatico 3 polos,				1000						
Fusiblera para fusible tipo Din 43630		200								
Fusible Tipo: Din 43620. I: 25 A, 660 V		1800								
Fusible Tipo: Din 43620. I: 80 A, 660 V		1350								
Acople mecánico Marca: Falk					2400					
Acople mecánico Marca: Falk					2000					
Tornillos de montaje de motores					80					
Fabricacion de placa de montaje e instalacion y suministro de accesorios					7600					
Tuberia conduit 2"		800								
<b>Total x mes US\$</b>		<b>13750</b>		<b>25000</b>	<b>12080</b>	<b>29400</b>	<b>36000</b>			

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

**Tabla 14. Presupuesto de horas hombre distribuidos mensualmente**

PRESUPUESTO MANO DE OBRA Y SERVICIO TÉCNICO X MES										
	Ene-10	Feb-10	Mar-10	Abr-10	May-10	Jun-10	Jul-10	Ago-10	Sep-10	Oct-10
HH SERVICIO DE MONTAJE									2376	
HH SUPERVISOR DE MONTAJE									484	
MOA - HH ESPECIALIDAD ELECTRICA			512		512			1024	384	128
MOA - HH ESPECIALIDAD MECANICA									1248	
MOA- HH ESPECIALIDAD SOLDADURA									448	
MOA - SUPERVISOR ELECTRICO			160		160			320	120	40
MOA - SUPERVISOR MECANICO									510	
TOPOGRAFIA									192	
CONTINGENCIA- MONTAJE ELECTRICO									2880	
CONTINGENCIA- SUPERVISOR MONTAJE									880	
<b>Total x mes US\$</b>			<b>672</b>		<b>672</b>			<b>1344</b>	<b>9522</b>	<b>168</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

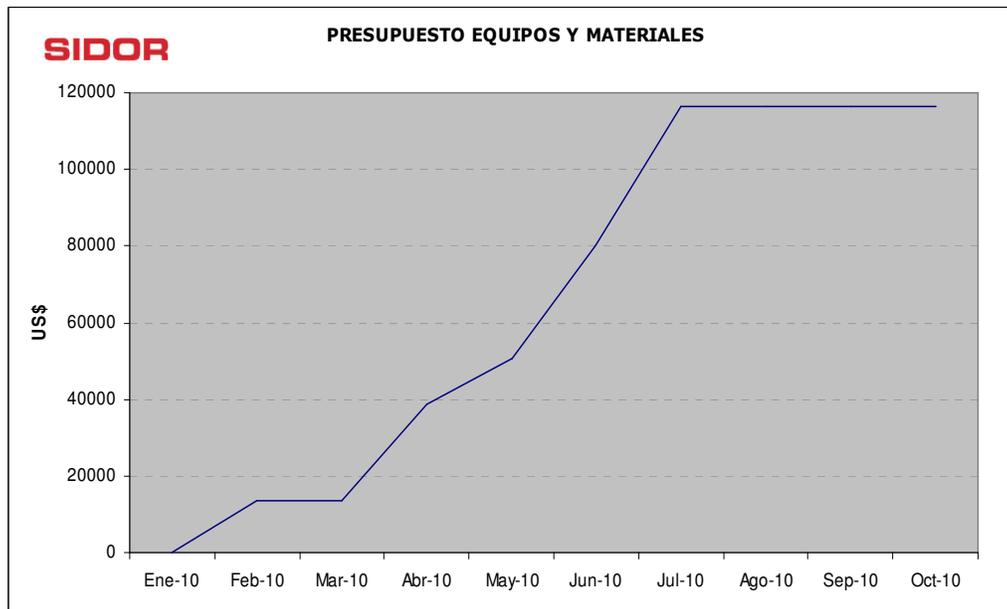


Figura N° 19. Curva S presupuesto de Equipos y materiales del proyecto

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

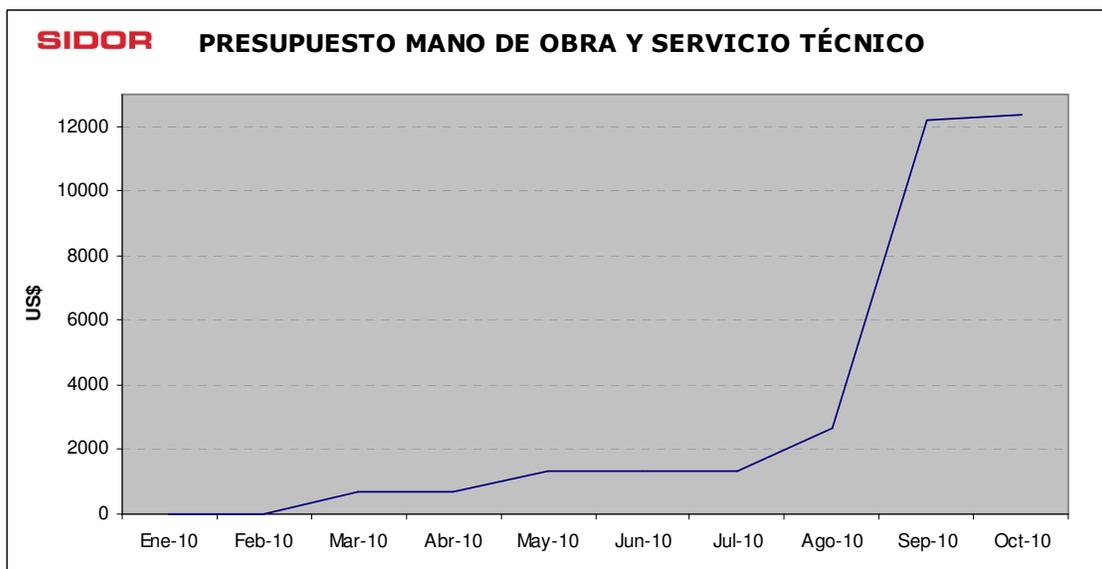


Figura N° 20. Curva S de presupuesto mano de obra y servicio técnico del proyecto

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

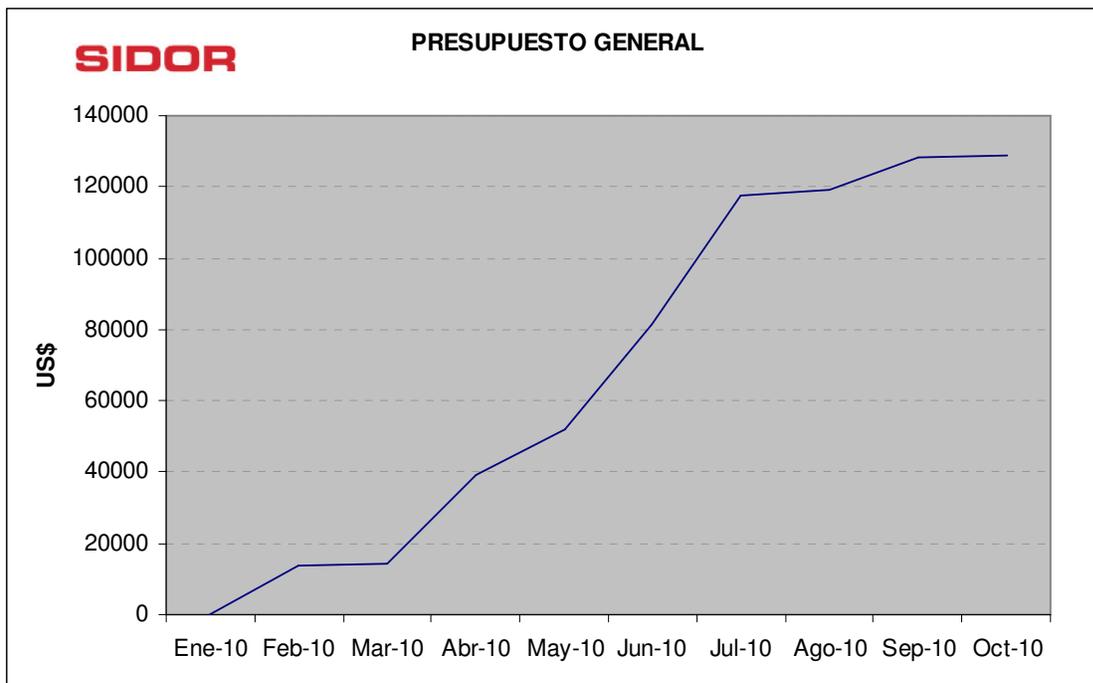


Figura N° 21. Curva S de presupuesto general del proyecto

Fuente: Elaboración Propia, 2009,

La gestión de riesgos es el proceso sistémico de identificación, análisis y respuesta a los riesgos del proyecto. Para cumplir con el cuarto objetivo planteado en este estudio, de identificar y priorizar los riesgos que puedan presentarse en el proyecto y definir un plan de respuesta se hizo necesario desarrollar los procesos de planificación de la gestión de riesgos.

La importancia de la gestión de riesgos en el presente trabajo de investigación radica en poder implementar en el proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambrón, en proyectos futuros, paradas ordinarias y extraordinarias de mantenimiento de las diferentes plantas de Sidor, una metodología que permita evaluar el impacto de los riesgos que se puedan presentar y así poder planificar en tiempo y forma un Plan de Respuesta a estos riesgos que incluya las acciones preventivas y/o correctivas a tomar con la finalidad de minimizar las probabilidades y consecuencias de sucesos adversos a

los objetivos del proyecto, principalmente aquellos que perjudiquen la terminación a tiempo y en costo.

La metodología empleada para la planificación de la gestión de riesgo del proyecto de Modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambión, fueron reuniones entre el líder del proyecto y especialistas de diferentes áreas (mantenimiento, abastecimiento, proyectos, operaciones y planificación) para recabar información y analizar los posibles riesgos que puedan presentarse a lo largo del proyecto y las acciones que pudieran controlarlos. Adicionalmente fue usada como herramienta para el análisis cualitativo de riesgos, la Matriz de probabilidad e impacto sugerida en el PMBOK(2008) con la finalidad de nivelar los mismos criterios en cuanto a percepción de impactos y frecuencia sobre un mismo riesgo entre los participantes.

Finalmente el plan de respuesta de los riesgos del proyecto fue generado luego del análisis cualitativo de los riesgos identificados, mediante la aplicación de las diferentes estrategias: evitar, mitigar y aceptar. Se utilizó una tabla para el Plan de Respuesta de Riesgos que contiene la siguiente información:

1. N° IDENTIFICACIÓN
2. DESCRIPCIÓN DEL RIESGO
3. PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (1 a 5)
4. IMPACTO RELATIVO (A a E)
5. AREA PRINCIPAL DE IMPACTO ESPECIFICO EN EL PROYECTO
6. PROB. x IMPACTO
7. CALIFICACIÓN
8. ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN
9. ACCIÓN DE MITIGACIÓN
10. COSTO RELATIVO DE LA ACCIÓN DE MITIGACIÓN (A,M,B)
11. PROBABILIDAD DE ÉXITO DE LA ACCIÓN DE MITIGACIÓN (A,M,B)
12. REPOSABLE DE LA ACCIÓN
13. FECHA META

## 5.10 Identificación de Riesgos

Durante el desarrollo de este proceso se determinaron los riesgos que pueden afectar al proyecto y se documentaron. Para esto se realizaron reuniones entre el líder del proyecto y los especialistas de las áreas de mantenimiento, abastecimiento, proyectos, operaciones y planificación haciendo una tormenta de ideas, donde cada participante identificó riesgos tomando en cuenta las lecciones aprendidas de las paradas de mantenimiento realizadas en las diferentes plantas de Sidor. También se analizaron algunos informes de gestión de las paradas de mantenimiento del tren de alambión para detectar eventos ocurridos que ocasionaron retrasos en las mismas. Con la información obtenida se registraron los diferentes riesgos ordenándose por categoría (ver tabla 15).

**Tabla N° 15. Riesgos identificados por categorías.**

SE	SEGURIDAD
SE1	Ocurrencia de incidentes o accidentes en la ejecución de las actividades
SE2	Fallas en el funcionamiento del sistema nuevo que puedan ocasionar daños a personas
GE	GERENCIALES (GE)
GE1	Interposición de tareas por falta de coordinación entre los diferentes ejecutores en la Reparación Extraordinaria
GE2	Falta de definición de roles y responsabilidades del equipo
CO	PROCESO DE CONTRATACION (CO)
CO1	Indisponibilidad de contratos marcos requeridos para el proyecto por vencimiento de contrato
AT	ASPECTOS TECNICOS (AT)
AT1	Detección de equipos defectuosos
AT2	Error en el conexionado del nuevo sistema
AT3	Error en la sincronización de las cadenas
LO	LOGISTICA (LO)
LO1	Retraso en la llegada de los equipos a instalar
ID	PROCESOS DE INGENIERIA/DISEÑO (ID)
ID1	Errores en el diseño de planos eléctricos
ID2	Errores en el diseño de planos mecánicos
ID3	Errores en la aplicación en software
CO	CONTRATISTAS Y SUB-CONTRATISTAS (CO)
CO1	Huelga de contratista de mano de obra durante la REX
EJ	EJECUCIÓN (EJ)
EJ1	Falla en la grúa puente para el montaje y desmontaje de motores durante REX

Fuente: Elaboración Propia, 2009.

## 5.11 Análisis Cualitativo de Riesgos

Este proceso permitió priorizar los riesgos identificados, evaluando y combinando su probabilidad de ocurrencia y su impacto sobre los objetivos del proyecto si ocurrieran, para realizar posteriormente el proceso de planificación de respuesta a los riesgos del proyecto. El análisis cualitativo permite concentrar los esfuerzos de los involucrados en el proyecto en aquellos riesgos con alta prioridad, es decir, aquellos que principalmente puedan afectar el tiempo y costo, variables críticas dentro del proyecto de Modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambión, con la finalidad de mejorar efectivamente el rendimiento del proyecto.

Para cada riesgo identificado se evaluó su probabilidad de ocurrencia y el impacto sobre el proyecto. Siguiendo las pautas del PMBOK(2008), se tomó una escala de probabilidad entre 0.1 (muy improbable que ocurra el riesgo) y 0.9 (casi certeza de que ocurra el riesgo) para la probabilidad de ocurrencia y para el impacto se tomó una escala no lineal reflejando el deseo del equipo de proyecto de evitar riesgos de alto impacto desde 0,05 (impacto despreciable) hasta 0.8 (impacto extremo). Las tablas 16 y 17 (p. 110) muestran la descripción de las escalas usadas para evaluar la probabilidad de ocurrencia y el impacto de los riesgos identificados. Las tablas permitieron nivelar los criterios sobre la percepción de los impactos y probabilidades sobre un mismo riesgo entre el líder del proyecto y los especialistas de las áreas involucradas en el proyecto.

Para darle prioridad a los riesgos identificados, después de evaluar la probabilidad de ocurrencia y el impacto de cada uno de los riesgos, se utilizó la matriz de probabilidad x impacto, con el objetivo de dar una calificación a los riesgos. Para ello se utilizó la matriz ilustrada en la Tabla 18 (p. 111), la cual esta basada en la matriz de probabilidad x impacto sugerida por el PMBOK (2008).

**Tabla 16. Descripción de escala de probabilidad**

Valor	Ocurrencia	Probabilidad	Escala
1	Muy Baja probabilidad de ocurrencia, raro, ocurre sólo en circunstancias excepcionales	$X < 10\%$	0.1
2	Baja probabilidad o poco probable que ocurra en la mayoría de las circunstancias	$10\% < X < 35\%$	0.3
3	Media probabilidad y es posible que ocurra en la mayoría de las circunstancias	$35\% < X < 65\%$	0.5
4	Alta probabilidad de ocurrencia y ocurrirá probablemente en la mayoría de las circunstancias	$65\% < X < 90\%$	0.7
5	Muy alta probabilidad de ocurrencia y casi seguro que ocurra en la mayoría de las circunstancias	$X > 90\%$	0.9

Fuente: PMBOK, 2008.

**Tabla 17. Descripción de escala de impacto**

Valor	Impacto	Escala
A	Consecuencias despreciables que pueden ser resueltos con procedimientos de rutina	0.05
B	Consecuencias bajas que pudieran poner en peligro algún elemento del proyecto. Control normal y medidas de monitoreo son suficientes.	0.1
C	Consecuencias moderadas que podrían necesitar ajustes significativos del proyecto. Requiere identificación y control de todos los factores incidentes mediante el monitoreo de las condiciones y la reevaluación de los hitos del proyecto.	0.2
D	Consecuencias significativas que amenazan las metas y objetivos del proyecto. Requiere un estrecho seguimiento. Podría retrasar sustancialmente el programa del proyecto o afectar significativamente el desempeño técnico o los costos. Requiere un plan para su manejo.	0.4
E	Consecuencias extremas que podrían paralizar el proyecto e impedir el logro de los objetivos y metas organizacionales. Causan sobre costos inaceptables y retrasos en el cronograma o inclusive fracaso del proyecto.	0.8

Fuente: PMBOK, 2008.

**Tabla 18. Matriz de calificación de riesgos.**

<b>Probabilidad</b>	<b>Calificación de Riesgo P x I</b>				
<b>0,9</b>	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
<b>0,7</b>	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
<b>0,5</b>	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40
<b>0,3</b>	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
<b>0,1</b>	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08
	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>
	<b>Impacto sobre el proyecto</b>				

Fuente: PMBOK, 2008.

En la Matriz, la calificación de los riesgos es proporcionada por el color. El rojo indica que el riesgo es alto, el amarillo indica que el riesgo es moderado mientras que el verde indica que el riesgo es bajo. La información resultante de la evaluación y calificación de los riesgos fue registrada como parte del plan de respuesta a riesgos (ver tabla 19, p. 113).

## **5.12 Planificación de la Respuesta a los Riesgos**

Este proceso permitió definir el plan de respuesta a los riesgos a través del desarrollo de las opciones y acciones para reducir las amenazas a los objetivos del proyecto. Como entrada para el desarrollo de este proceso se usó el registro de riesgos producto de los procesos de identificación de riesgos y del análisis cualitativo descrito anteriormente, para poder visualizar la lista de riesgos, agrupados por categorías y por nivel de importancia.

Para cada riesgo, se seleccionó la estrategia que se consideró por el equipo de proyecto con mayor probabilidad de ser efectiva y se indicó las acciones específicas para implementar la estrategia de respuesta elegida. Las estrategias aplicadas para la planificación de la respuesta a los riesgos fueron: evitar, mitigar y aceptar. A cada riesgo se les asignó una calificación de presupuesto y las actividades del cronograma necesarias para implementar las respuestas elegidas.

El producto de este proceso fue el registro de riesgos actualizado con su respectivo plan de respuestas (ver tabla 19, pág. 113)

El plan de respuesta a los riesgos muestra los riesgos asociados al proyecto de Modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambrón de Sidor que lo pueden afectar de forma baja, moderada o alta, sin embargo serán los riesgos de calificación alta, los que se tomarán como prioritarios y a los que se les deberá llevar el mayor seguimiento.

**TABLA 19**

**POWERPINT DOBLE CARTA: PLAN DE RIESGO**

De acuerdo al análisis cualitativo los riesgos calificados como altos son:

- Huelga de contratista de mano de obra durante la REX.
- Retraso en la llegada de los equipos a instalar.
- Detección de equipos defectuosos

La huelga de contratista de mano de obra durante la REX, es el riesgo identificado de mayor prioridad en el proyecto. El mismo afectaría casi todas las actividades de ruta crítica en el período de REX, donde se deba disponer de mano de obra administrada.

Por el área eléctrica las actividades afectadas serían la desconexión eléctrica de motores, desacoplar motores y reductores, y conexión cables de alimentación motores de cadena Stelmor y Alimentadora L1 y L2. Por el área mecánica y de soldadura, las actividades que se afectarían son el desmontaje de motores y acoples, preparación y limpieza de piso, instalación de acoples reductores, instalación de bases y topografía e instalación de motores.

El plan de contingencia a adoptar, si el riesgo ocurre, es establecer un convenio con la empresa de montaje para que suministre una mayor cantidad de trabajadores de especialidad electricista de forma tal de cubrir a la contratista de mano de obra administrada en el área eléctrica. Y para las actividades de mecánica y de soldadura, se deberá asignar a personal propio de las cuadrillas de mantenimiento del tren de alambrón, planificando jornadas adicionales de trabajo en horas extras e incluyendo personal propio de la planta de barras para cubrir los requerimientos de mano de obra de las tareas afectadas por el riesgo. Las horas hombre de personal eléctrico que deberá cubrir la empresa de montaje en caso de activarse la contingencia es de 320 H-H y 80 H-H de supervisión, a una tasa de 9 y 11 US\$/H respectivamente, equivalente a un costo de 3760 US\$. Para el caso de personal mecánico y soldador de mano de obra administrada a ser cubierto por personal propio, se estiman 156 H-H y 56 H-H respectivamente.

Será responsabilidad del líder del proyecto, conjuntamente con el departamento de planificación realizar el acuerdo con la empresa de montaje al momento de que se solicite el personal para las actividades de montaje eléctrico planificadas. Y el líder del proyecto deberá solicitar la asignación del personal propio a las actividades asociadas al riesgo al Jefe de mantenimiento de barras y alambres para su aprobación. Esta solicitud deberá ser realizada antes del inicio de la Rex para comunicarla posteriormente a los involucrados.

Otro de los riesgos de alta prioridad en el proyecto, es el retraso en la llegada de equipos, sobre todo de los equipos con compras puntuales para el proyecto. Este riesgo afectaría las actividades de pruebas preliminares del sistema de control de las cadenas alimentadoras, vitales para garantizar el correcto funcionamiento en la instalación final, en consecuencia, se debe ejercer para este riesgo, la Mitigación, es decir, se deben tomar acciones que reduzcan la probabilidad de ocurrencia y/o las consecuencias del riesgo a límites aceptables. Entre las acciones a implementar se tienen:

- 1) Agilizar la colocación de órdenes de compras.
- 2) Seleccionar entre los proveedores aquellos que sean estables y responsable con el tiempo de entrega establecido.
- 3) Para la colocación de la orden de compra, tomar como uno de los parámetros de selección de oferta la que ofrezca el mejor tiempo de entrega.
- 4) Realizar el seguimiento a la gestión de procura de equipos.

Será responsabilidad del departamento de abastecimiento, lo referente a la colocación de la orden de compra y el líder del proyecto será responsable de dar seguimiento a la gestión de procura.

El último riesgo de mayor prioridad es la detección de equipos defectuosos por defectos de fábricas o mala instalación. Este riesgo afectarían las actividades de la

fase de pruebas como son: simulación de programa de PLC 1DC1 y 1EC1, entonación de variadores de velocidad Cadena Alimentadora y Cadena Stelmor L1 y L2, pruebas en vacío preliminares de las cadenas y pruebas con carga. Este riesgo deberá ser mitigado a través de las siguientes acciones:

- 1) Comprar equipos de repuestos.
- 2) Realizar pruebas de funcionamiento de los equipos en el Laboratorio de Electrónica.
- 3) Seleccionar personal con experticia para ejecutar actividades de montaje.
- 4) Divulgar el procedimiento de montaje de los equipos a los ejecutores.
- 5) Supervisar permanentemente las actividades de montaje.

El líder del proyecto será responsable de que estas acciones se lleven a cabo, a través del apoyo con el departamento de abastecimiento para la compra de repuestos, que deberán realizarse al momento de la compra de equipos planificados. Los equipos que deberán ser comprados por ser críticos y los costos asociados por cada equipo y el costo total se muestran en la tabla 20. El costo de los equipos de repuestos que serán utilizados en caso de que el riesgo de detección de equipos defectuosos ocurra, está incorporado en la estimación de costos.

**Tabla 20. Listado de equipos de repuesto**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)	TIEMPO DE ENTREGA (DIAS)	INSTALACION ASOCIADA
1	Drive de corriente alterna Marca: ABB. Modelo: ACS800-0050-5	UND	1	7000,00	7000,00	129	Stelmor
2	Drive de corriente alterna. Marca: ABB. Modelo: ACS800-0011-5	UND	1	5000,00	5000,00	129	Alimentadora
3	Motor eléctrico de corriente alterna. Marca: WEG Potencia 50 Hp	UND	1	5000,00	5000,00	66	Stelmor
4	Motor eléctrico de corriente alterna. Marca: WEG Potencia 11 Hp	UND	1	3000,00	3000,00	66	Alimentadora
<b>SUB-TOTAL EQUIPOS Y MATERIALES US\$</b>					<b>20000,00</b>		

Fuente: Elaboración propia, 2009.

El líder del proyecto también deberá apoyarse del supervisor de obra para las acciones restantes. Las pruebas de funcionamiento de los equipos en el Laboratorio de Electrónica deberán realizarse una vez lleguen los equipos a planta. Mientras que la selección de personal con experticia para ejecutar actividades de montaje deberá ser realizada previo a la REX y notificarlo al planificador de mantenimiento, quien solicitará al personal requerido. El personal con experticia deberá ser aquel que con frecuencia trabaja en la planta de alambros en las paradas de mantenimiento rutinario y que han realizado trabajos similares.

## **CAPITULO VI**

### **ANALISIS DE RESULTADOS**

Los resultados obtenidos en esta investigación es el producto de la aplicación de la metodología establecida por el Project Management Institute, sobre los requerimientos del Departamento de mantenimiento de alambión para llevar a cabo la Modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambión de Sidor, lo que permitió realizar un Plan de Ejecución del proyecto.

En primera instancia, se obtuvo el alcance detallado del proyecto, mediante la aplicación de técnicas de análisis del producto, juicio de expertos y análisis de los interesados. En el alcance se definieron aspectos generales como el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto, el alcance del proyecto, los requisitos, límites, criterios de aceptación y restricciones. Se estableció la organización, identificando el patrocinador y líder del proyecto, así como los recursos y responsabilidades. Se estableció el plan, identificando hitos del cronograma, duración y los productos entregables así como los aspectos del caso de negocio conformado por la justificación, los riesgos iniciales, el costo y la limitación de fondos.

Partiendo del alcance detallado y del análisis de los productos entregables, se planteó la estructura desagregada de trabajo (EDT), con el objetivo de visualizar el alcance completo del proyecto. En la EDT se definió el proyecto en cinco fases conformadas por: Diseño, Contratación, Procura, Instalación y Puesta en marcha.

Seguidamente, a través de la aplicación de herramientas de descomposición de los paquetes de trabajo, las plantillas y el juicio de expertos se definieron las actividades, se establecieron las secuencias lógicas, se estimaron los recursos y las duraciones de las actividades para desarrollar el cronograma de actividades

del proyecto. El cronograma se llevó a cabo a través de la herramienta computacional Microsoft Project®, en el mismo se establecieron las jornadas laborales de acuerdo al periodo de ejecución de las actividades (operación, Rp y Rex) y al tipo de recurso humano (recurso propio, montaje, mano de obra administrada). El cronograma de actividades proyectó una duración de 218 días, iniciando el día 25/11/09, fecha establecida por el equipo del proyecto y fecha de culminación el día 02/10/10, fecha de culminación de la REX, cumpliendo con los parámetros y restricciones establecidas para el proyecto. Se identificaron como hitos principales la fecha de inicio del proyecto, fecha de arranque de REX y las fechas de RP programadas para el periodo del proyecto.

El cronograma arrojó la ruta crítica del proyecto, conformada especialmente por actividades a desarrollar durante la Rex y a las cuales se les debe tener el mayor control ya que pueden impactar en la duración total del proyecto, aunado a esto, en esta investigación se destacan las actividades que aún no siendo ruta crítica se les debe prestar atención debido a la importancia e impacto que tienen sobre los resultados del proyecto. El cronograma constituye la herramienta fundamental a utilizar para el seguimiento y control del proyecto.

Se realizó la estimación de costos del proyecto, utilizando como entradas el enunciado del alcance del proyecto, la EDT y el cronograma, y empleando como herramienta la determinación de tarifas de costos de recursos. El estimado de costos para el proyecto de Modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambón es de 128608 US\$.

La estimación de costos permitió definir y tomar algunas decisiones importantes para el proyecto, como por ejemplo, cuál es la inversión total del proyecto, qué cantidad excede del presupuesto de Rex, cómo cubrir el presupuesto excedente requerido para ejecutar el proyecto.

Posteriormente con el estimado de costo y el cronograma de actividades se logró distribuir los costos en el tiempo, para así obtener la línea base de costos, con la cual se puede medir, supervisar y controlar el rendimiento general del costo en el proyecto. Para el proyecto se desarrollaron tres líneas base de costos, una de equipos y materiales, una de mano de obra y una general del proyecto. De esta manera será más preciso y más fácil controlar los costos por rubro ya que el presupuesto de todas las áreas de Sidor es controlado mensualmente de esta forma.

El proceso de identificar y priorizar los riesgos que puedan presentarse en el proyecto y definir un plan de respuesta y contingencia, con la participación de los involucrados en el proyecto utilizando la metodología recomendada por el PMBOK, permitió determinar aquellos riesgos que en mayor medida pueden afectar negativamente el desenvolvimiento del proyecto y establecer las acciones que deberán ser realizadas con la finalidad de reducir la probabilidad de ocurrencia de un riesgo o su impacto sobre el proyecto en caso de que este suceda. Además de esto permitió establecer el costo asociado a las acciones a implementar como respuesta a los riesgos.

Y finalmente se han integrado las áreas del alcance, tiempo, costos y riesgos con el desarrollo del enunciado del alcance del proyecto y la EDT, el cronograma de actividades, las curva S del presupuesto que representan la evolución de los costos en el tiempo y el análisis y plan de respuesta de los riesgos.

## **CAPITULO VII**

### **EVALUACION DEL PROYECTO**

El desarrollo de la investigación se ha planteado de forma vertical, mediante el cumplimiento secuencial de cada uno de los objetivos planteados, específicamente todos los componentes de la presente investigación constituyen el documento formal, que podrá ser utilizado para gestionar la ejecución del proyecto, esto se enmarca dentro del objetivo general de la investigación de diseñar el plan de ejecución.

El contenido del plan de ejecución del proyecto de modernización de las cadenas transportadoras del tren de alambón, se logra mediante un conjunto de actividades tendientes a cumplir con los objetivos específicos de la investigación, donde el reflejo de los primeros cuatro son: el enunciado del alcance del proyecto, la EDT desarrollada, el cronograma del proyecto con su ruta crítica, los estimados de costos y curvas S de presupuesto y el plan de respuesta a riesgo y contingencia.

La actividad de cierre, destinada al cumplimiento del último objetivo específico de la investigación, estuvo orientada a integrar las áreas de conocimiento desarrolladas: alcance, tiempo, costos y riesgos. Son evidencia de ello: la influencia del análisis y plan de respuesta de riesgo sobre los costos; el desarrollo del cronograma de actividades, herramienta integradora del alcance y tiempo; el cálculo y las curvas de costo presupuestado, como instrumentos integradores de alcance, tiempo y costos.

## **CAPITULO VIII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En el desarrollo de la presente investigación, fue utilizada la metodología del PMI para realizar el Plan de Ejecución del proyecto de modernización de sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambón de la empresa Sidor , de acuerdo a los requerimientos y premisas del Departamento de mantenimiento de alambón. La aplicación de la metodología permitió definir cuatro elementos de vital importancia para la ejecución del proyecto: el enunciado del alcance y la EDT, el cronograma de actividades, el presupuesto de costos y el plan de respuesta a riesgo y contingencia, con los cuales se logra cumplir los objetivos de la investigación.

El enunciado del alcance y la EDT permiten visualizar todo el trabajo requerido para llevar a cabo el proyecto, el cronograma base establece cada una de las actividades a realizarse, con sus secuencias, fechas de inicio y culminación, recursos requeridos y la ruta crítica, la cual determina las actividades a las cuales se les debe llevar un mayor seguimiento. El presupuesto de costos permite conocer cuanto y cómo serán los desembolsos estimados del proyecto a través del tiempo y el plan de respuesta a riesgo delinea las acciones para prevenir los riesgos y/o minimizar el impacto sobre el proyecto en caso de que ocurran.

Los documentos generados en esta investigación conforman la estrategia de trabajo que guiará la ejecución del proyecto por un camino viable con la cual el equipo responsable del proyecto, podrá maximizar las posibilidades de llevarlo a cabo planificadamente dentro del tiempo, presupuesto, así como también manejar los posibles riesgos que puedan producirse durante el desarrollo del mismo y poder llevar un adecuado seguimiento que les permita al equipo responsable detectar cualquier desviación que perjudique la conclusión exitosa del proyecto.

La presente investigación plantea las siguientes recomendaciones:

- Continuar el presente estudio con la elaboración de documentos gerenciales que conforman las áreas de conocimiento de la Gerencia de Proyectos que no fueron desarrollados.
- Poner en práctica los documentos generados, en la ejecución del proyecto de Modernización, objeto de la presente investigación.
- Implementar la metodología del Project Managment Institute en la planificación de los proyectos y paradas de mantenimiento de plantas.
- Generar documentos y procedimientos formales sobre planificación de proyectos bajo la metodología del Project Managment Institute y divulgarlas al personal de Sidor.
- Entrenar al personal de mantenimiento en el área de Gerencia de Proyectos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Balestrini, M. (2002). *Como se elabora el Proyecto de Investigación para los Estudios Formulativos o Exploratorios, Descriptivos, Diagnósticos, Evaluativos, Formulación de Hipótesis Causales, Experimentales y Los Proyectos Factibles*. (6<sup>a</sup> ed.). Caracas: BL Consultores y Asociados, Servicio Editorial.

Bastidas, P. & Reyes, R. (2008). *Informe de análisis de fallas del tren de alambrón 2004-2008*. Puerto Ordaz.

Delgado J. (2007). *Plan de gerencia del alcance, tiempo y riesgos del proyecto de ampliación de la planta de tratamiento de agua de campo rosario*.

Glod, D. (2002). *Plan de ejecución de reparaciones refractarias en el horno rotatorio de la planta de pellas de Ferrominera del Orinoco*. Puerto Ordaz.

Losada L. (2007). *Plan preliminar del proyecto actualización del sistema de control digital en C.V.G. Bauxilum operadora de alúmina*.

Mendez, C. (2008). *Metodología - Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales*. (4<sup>a</sup> ed.). Mexico: Limusa.

Mora M. (2007). *Planificación y control del tiempo en proyectos - parte II*. Puerto Ordaz.

Palacios, L. (2005). *Gerencia de Proyectos - Un enfoque latino*. (3<sup>a</sup> ed.). Caracas: Publicaciones UCAB.

Project Management Institute. (2004). *Guía de los Fundamentos de la Gerencia de Proyectos* (Guía del PMBOK®). (3ª ed.). Pennsylvania: Lexicomm Internacional Ltd.

Romero, M. (2003). *Diseño e implementación de una sala de pruebas para plc's y drives de corriente alterna y continua*. Puerto Ordaz.

Romero, M. (2007). *Diseño de un modelo de mantenimiento para la cizalla 7 del tren de alambros*. Puerto Ordaz.

SIDOR (2008). *Ternium Sidor-Una década de progreso*. Recuperado el 06 de Junio de 2009 de [http://www.ternium.com/sidor10/sec\\_01.asp](http://www.ternium.com/sidor10/sec_01.asp)

SIDOR (2005). *La Corporación*. Recuperado el 06 de Junio de 2009 de <http://www.ikels.com/view/index.asp?ms=195&pageMs=19598>

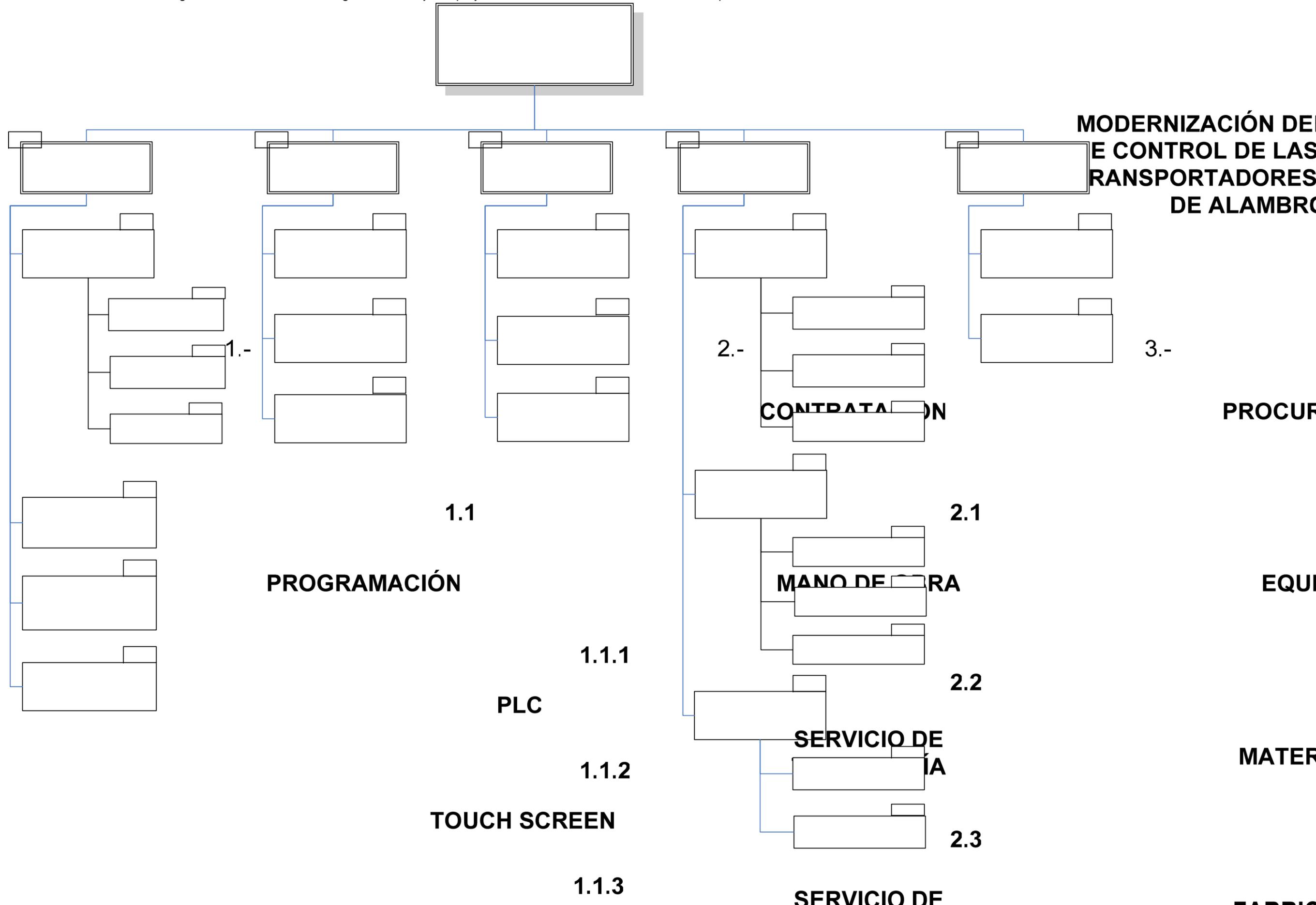
SIDOR (2005). *Procesos-sistemas productivos*. Recuperado el 15 de Junio de 2009 de <http://www.ikels.com/attach/195/default/productos-largos.swf>

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Vicerrectorado de Investigación y Postgrado. (1998). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Caracas: Autor.

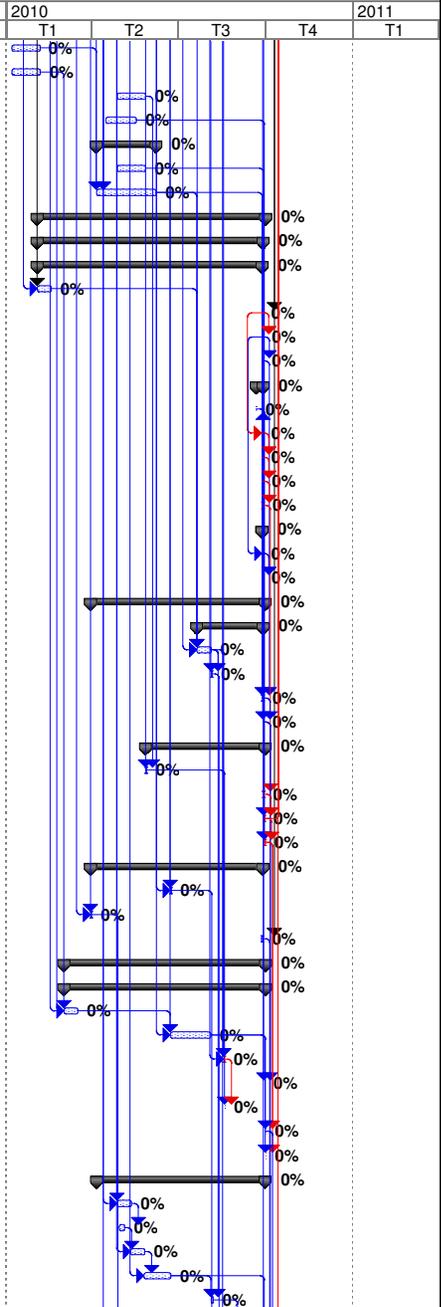
## **ANEXOS.**



Figura N° 18. Estructura de Desglose de Trabajo del proyecto de Modernización de las cadenas transportadoras del tren de alambón.



Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	deces	Estad de plant	Nombres de los recursos	Tipo de RRHH	2010					2011	
									T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1
88	Fusibleras	22 d	07/01/10	05/02/10	29	Operac	Ing-Com(1)	Propio			0%				
89	Tubería	22 d	07/01/10	05/02/10	29	Operac	Ing-Com(1)	Propio			0%				
90	Acoples mecánicos	22 d	28/04/10	27/05/10	61	Operac	Ing-Com(1)	Propio				0%			
91	Tornillos	21 d	16/04/10	17/05/10	60	Operac	Ing-Com(1)	Propio				0%			
92	<b>FABRICACION</b>	<b>44 d</b>	<b>06/04/10</b>	<b>07/06/10</b>											
93	Fabricación de bases de motores	22 d	28/04/10	27/05/10	61	Operac	Tec-Maq(1)	Propio				0%			
94	Placas de montaje de variadores de velocidad y accesorios	44 d	06/04/10	07/06/10	7;88;85	Operac	Lider de Proyecto	Propio				0%			
95	<b>INSTALACION</b>	<b>169,38 d</b>	<b>03/02/10</b>	<b>01/10/10</b>											
96	<b>ACONDICIONAMIENTO</b>	<b>167 d</b>	<b>03/02/10</b>	<b>28/09/10</b>											
97	<b>VARIADOR</b>	<b>166 d</b>	<b>03/02/10</b>	<b>28/09/10</b>											
98	Adecuación Armario disponible Cad. Alimentadoras L1-L2	16 h	03/02/10	17/02/10	2;9CC	RP	Tec-Ele(2)	Propio							
99	Desconexión eléctrica Control y Potencia Cad. Stelmor y Alimentado	4 h	27/09/10	27/09/10	3	Rex	Mon-Ele(6);Mon-Sup(1)	Contratado							
100	Desmontaje Sistemas de Regulación Cad. Stelmor L1-L2	16 h	27/09/10	28/09/10	FC-2 h	Rex	Mon-Ele(6);Mon-Sup(1)	Contratado							
101	Adecuación Armarios Cad. Stelmor L1-L2 - Barras de tensión y desa	6 h	28/09/10	28/09/10	100	Rex	Mon-Ele(6);Mon-Sup(1)	Contratado							
102	<b>MOTOR</b>	<b>5,38 d</b>	<b>21/09/10</b>	<b>28/09/10</b>											
103	Desconexión Eléctrica Pruebas Motores C.A. Cad. Alimentadora L1-	2 h	21/09/10	21/09/10	152	Operac	Tec-Ele(1)	Propio							
104	Desconexión Eléctrica Motores C.C. Cad. Stelmor y Alimentadora L	4 h	27/09/10	27/09/10	99CC	Rex	Moa-Ele(4);Sup-Ele(1)	MOA							
105	Desacoplar motores-reductores Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	2 h	27/09/10	27/09/10	104	Rex	Moa-Ele(4);Sup-Ele(1)	MOA							
106	Desmontaje Motores C.C. y Acoples Cad. Stelmor y Alimentadora L	6 h	27/09/10	27/09/10	105	Rex	Moa-Ele(4);Sup-Ele(1)	MOA							
107	Preparación y limpieza de piso Cad.Stelmor y Alimentadora L1-L2	12 h	28/09/10	28/09/10	106	Rex	Moa-Sol(2);1 Sup-Mec(1)	MOA							
108	<b>PLC</b>	<b>0,63 d</b>	<b>27/09/10</b>	<b>27/09/10</b>											
109	Desconectar cables de control de PLC S5	4 h	27/09/10	27/09/10	100CC	Rex	Tec-Ele(2)	Propio							
110	Desmontar tarjetas de PLC S5	2 h	27/09/10	27/09/10	109	Rex	Tec-Ele(2)	Propio							
111	<b>MONTAJE</b>	<b>129,13 d</b>	<b>31/03/10</b>	<b>01/10/10</b>											
112	<b>VARIADOR</b>	<b>50 d</b>	<b>21/07/10</b>	<b>28/09/10</b>											
113	Montaje Placa y Variadores de Velocidad Cad Alimentadora L1-L2	22 h	21/07/10	04/08/10	1CC;78	Rp	Tec-Ele(2)	Propio							
114	Instalación-configuración Tarjeta MBP Variadores de Velocidad Cad.	8 h	05/08/10	05/08/10	83;113	Operac	Tec-Ele(2)	Propio							
115	Instalación placas de montaje Cad. Stelmor L1-L2	8 h	28/09/10	28/09/10	94;101	Rex	Mon-Ele(6);Mon-Sup(1)	Contratado							
116	Instalación Variadores de Velocidad Cad. Stelmor L1-L2	2 h	28/09/10	28/09/10	115;78	Rex	Mon-Ele(6);Mon-Sup(1)	Contratado							
117	<b>MOTOR</b>	<b>88,13 d</b>	<b>28/05/10</b>	<b>01/10/10</b>											
118	Instalación Acoples Motores C.A. Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	8 h	28/05/10	28/05/10	90;81	Operac	Tec-Mec(2)	Propio							
119	Instalación de acoples reductores Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L	8 h	29/09/10	29/09/10	107	Rex	Moa-Mec(4);Sup-Mec(1)	MOA							
120	Instalación de bases y topografía Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	16 h	29/09/10	30/09/10	FC-6 h	Rex	Moa-Mec(4);Moa-Sol (2);Sup-Mec(1);Topógrafo (1)	MOA							
121	Instalación de motores y alineación Cad. Stelmor y Alimentadora L1-	15 h	29/09/10	01/10/10	91;103	Rex	Moa-Mec(4);Sup-Mex(1);Alineador(1)	MOA							
122	<b>PLC</b>	<b>126,5 d</b>	<b>31/03/10</b>	<b>28/09/10</b>											
123	Instalación y configuración Tarjeta MBP en PLC 1DC1 y 1EC1	8 h	23/06/10	23/06/10	3;19CC	Rp	Tec-Ele(2)	Propio							
124	Instalación Tarjetas entrada/salidas analógicas y digitales PLC 1DC1	8 h	31/03/10	31/03/10	2;13CC	Rp	Tec-Ele(2)	Propio							
125	Instalación de Touch screen	16 h	27/09/10	28/09/10	3	Rex		Propio							
126	<b>CABLEADO</b>	<b>149,38 d</b>	<b>03/03/10</b>	<b>01/10/10</b>											
127	<b>POTENCIA</b>	<b>149,38 d</b>	<b>03/03/10</b>	<b>01/10/10</b>											
128	Instalación tubería conduit cables de potencia Cad. Stelmor y Alimen	16 h	03/03/10	17/03/10	9;11CC	Rp	Moa-Ele(4);Sup-Ele(1)	MOA							
129	Tendido Cables de Potencia Cad. Stelmor y Alimentadora L1-L2	32 h	23/06/10	04/08/10	8;19CC	Rp	Moa-Ele(4);Sup-Ele(1)	MOA							
130	Conexión Cables de Potencia Alimentación Variadores Cad. Aliment	8 h	18/08/10	18/08/10	9;23CC	Rp	Tec-Ele(2)	Propio							
131	Conexión Cables de Potencia Alimentación Variadores Cad. Stelmor	8 h	29/09/10	29/09/10	116;79	Rex	Mon-Ele(6);Mon-Sup(1)	Contratado							
132	Conexión en pruebas Cables de Alimentación Motores C.A. Cad. Alir	2 h	19/08/10	19/08/10	30;118	Operac	Tec-Ele(2)	Propio							
133	Conexión Cables de Alimentación Motores C.A. Cad. Alimentadora L	2 h	01/10/10	01/10/10	29;121	Rex	Moa-Ele(4);Sup-Ele(1)	MOA							
134	Conexión Cables de Alimentación Motores C.A. Cad. Stelmor L1-L2	2 h	01/10/10	01/10/10	29;121	Rex	Moa-Ele(4);Sup-Ele(1)	MOA							
135	<b>CONTROL</b>	<b>124,5 d</b>	<b>06/04/10</b>	<b>30/09/10</b>											
136	Tendido de cables de control	16 h	28/04/10	12/05/10	5;15CC	Rp	Moa-Ele(4);Sup-Ele(1)	MOA							
137	Impresión de etiquetas e instalación en cables de control	32 h	30/04/10	05/05/10	7C-72 h	Operac	Tec-Ele(1)	Propio							
138	Conexión Cables de Control en Mandos Locales Cad. Stelmor y Alim	22 h	12/05/10	26/05/10	h;16CC	Rp	Tec-Ele(2)	Propio							
139	Conexión Cables de Control en PLC 1DC1 y 1EC1	36 h	26/05/10	23/06/10	h;17CC	Rp	Tec-Ele(2)	Propio							
140	Conexión cables de control en Variadores de velocidad Cad. Alimen	16 h	05/08/10	06/08/10	39;113	Operac	Tec-Ele(2)	Propio							



Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	deces:	Estac: de planta	Nombres de los recursos	Tipo de RRHH	2010					2011			
									T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1		
141	Conexión cables de control en Variadores de velocidad Cad. Stelmor	12 h	30/09/10	30/09/10	16;139	Rex	Tec-Ele(2)	Propio									
142	Elaboración de cables de red	4 h	06/04/10	06/04/10	65;85	Operac	Tec-Ele(1)	Propio									
143	Instalación de cables de red	4 h	06/08/10	06/08/10	42;114	Operac	Tec-Ele(2)	Propio									
144	<b>PUESTA EN MARCHA</b>	<b>110 d</b>	<b>29/04/10</b>	<b>02/10/10</b>													
145	<b>PRUEBAS</b>	<b>110 d</b>	<b>29/04/10</b>	<b>02/10/10</b>													
146	Simulación de programa de PLC 1DC1 y 1EC1	64 h	29/04/10	10/05/10	43;124	Operac	Ing-Ele(1)	Propio									
147	Entonación de Variadores de Velocidad Cad. Alimentadora L1-L2	8 h	01/09/10	01/09/10	9;24	CC RP	Ing-Ele(1);Tec-Ele(1)	Propio									
148	Pruebas en vacío preliminares Cad. Alimentadora L1-L2	18 h	02/09/10	06/09/10	46;140	Operac	Ing-Ele(1);Tec-Ele(1)	Propio									
149	Entonación de Variadores de Velocidad Cad. Stelmor L1-L2	2 h	01/10/10	01/10/10	50	Rex	Ing-Ele(1);Tec-Ele(1)	Propio									
150	Pruebas en vacío Cad. Stelmor y Alimentadoras L1-L2	8 h	01/10/10	01/10/10	25;133	Rex	Ing-Ele(1);Tec-Ele(1)	Propio									
151	Pruebas con carga Cad. Stelmor y Alimentadoras L1-L2	22 h	01/10/10	02/10/10	150	Rex	Ing-Ele(1);Tec-Ele(1)	Propio									
152	Entrenamiento a personal técnico de mantenimiento y operaciones	70 h	08/09/10	21/09/10	148	Operac	Ing-Ele(1)	Propio									
153	<b>OPERACIÓN</b>	<b>0 d</b>	<b>02/10/10</b>	<b>02/10/10</b>													
154	Arranque con carga Cad. Stelmor y Alimentadoras L1-L2	3 h	02/10/10	02/10/10	151	Rex	Ing-Ele(1);Tec-Ele(1)	Propio									
155	FIN DE REX	0 d	02/10/10	02/10/10	154												

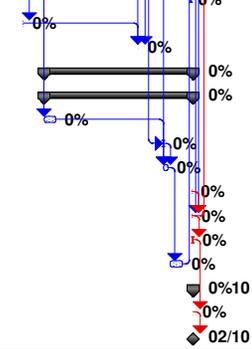






Tabla 19. Plan de respuesta a los riesgos

N° IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (1 a 5)	IMPACTO RELATIVO (A a E)	AREA PRINCIPAL DE IMPACTO ESPECIFICO EN EL PROYECTO	PROB. x IMPACTO	CALIFICACIÓN	ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN	ACCIÓN DE MITIGACIÓN	COSTO RELATIVO DE LA ACCIÓN DE MITIGACIÓN (A, M, B, ó \$)	PROBABILIDAD DE ÉXITO DE LA ACCIÓN DE MITIGACIÓN (A, M, B)	REPOSABLE DE LA ACCIÓN	FECHA META
<b>SE</b>	<b>SEGURIDAD</b>											
SE1	Ocurrencia de incidentes o accidentes en la ejecución de las actividades	2	D	TIEMPO	0,12	MODERADO	1) Mitigar 2) Mitigar	1) Elaborar el análisis de riesgo de cada una de las actividades a ejecutar a través de la participación de los ejecutores y asegurar su divulgación y comprensión en los ejecutores antes de iniciar la actividad 2) Tomar las medidas preventivas en cuanto a uso de equipos de seguridad y herramientas de trabajo adecuados para la ejecución del trabajo	Bajo Bajo	Media Media	Lider del Proyecto	02/10/2010
SE2	Fallas en el funcionamiento del sistema nuevo que puedan ocasionar daños a personas	1	D	TIEMPO	0,04	BAJO	Mitigar	Realizar pruebas en vacío de los equipos acordonando y despejando el área.	Bajo	Alto	Lider del Proyecto	02/10/2010
<b>GE</b>	<b>GERENCIALES (GE)</b>											
GE1	Interposición de tareas por falta de coordinación entre los diferentes ejecutores en la Reparación Extraordinaria	3	C	TIEMPO	0,10	MODERADO	1) Mitigar 2) Mitigar	Divulgar el plan de ejecución a todos los participantes del proyecto. Realizar reuniones de coordinación entre los diferentes involucrados del proyecto.	Bajo Bajo	Alto	Lider del Proyecto	02/10/2010
GE2	Falta de definición de roles y responsabilidades del equipo	3	C	TIEMPO	0,10	MODERADO	1) Mitigar 2) Mitigar	Definir los roles y responsabilidades y divulgarlos. Divulgar el plan de ejecución a todos los participantes del proyecto.	Bajo Bajo	Alto	Lider del Proyecto	02/10/2010
<b>CO</b>	<b>PROCESO DE CONTRATACION (CO)</b>											
CO1	Indisponibilidad de contratos marcos requeridos para el proyecto por vencimiento de contrato	2	C	TIEMPO	0,06	MODERADO	Mitigar	Verificar fechas de vencimientos de contratos al inicio del proyecto, solicitar renovación de contratos o nueva contratación al Departamento de Planificación y dar seguimiento al proceso de contratación	Bajo	Alto	Lider del Proyecto	02/10/2010
<b>AT</b>	<b>ASPECTOS TECNICOS (AT)</b>											
AT1	Detección de equipos defectuosos	3	d	COSTO	0,20	ALTO	1) Mitigar 2) Mitigar 3) Mitigar 4) Aceptar	1) Comprar equipos de repuestos 2) Realizar pruebas de funcionamiento en el Laboratorio de Electrónica 3) Seleccionar personal con experiencia para ejecutar la tarea. 4) Divulgar el procedimiento de montaje de los equipos a los ejecutores. 5) Supervisar permanentemente la actividad de montaje de motores.	1) Alto 2) Bajo 3) Bajo 4) Bajo 5) Bajo	1) Alto 2) Alto 3) Alto 4) Alto 5) Alto	1) Lider de Proyecto 2) Supervisor de trabajo 3) Supervisor de trabajo 4) Supervisor de trabajo 5) Supervisor de trabajo	02/10/2010
AT2	Error en el conexionado del nuevo sistema	2	B	TIEMPO	0,03	BAJO	1) Mitigar 2) Mitigar	1) Realizar un chequeo con el plano de conexiones y verificar cada punto de conexión.	1) Bajo 2) Bajo	1) Alto 2) Alto	1) Lider de Proyecto 2) Supervisor de trabajo	02/10/2010
AT3	Error en la sincronización de las cadenas	2	B	TIEMPO	0,03	BAJO	1) Mitigar 2) Mitigar	1) Realizar simulaciones para detectar fallas, 2) Realizar pruebas en vacío y corregir aplicación en software.	1) Bajo 2) Bajo	1) Alto 2) Alto	Supervisor de trabajo	02/10/2010
<b>LO</b>	<b>LOGISTICA (LO)</b>											
LO1	Retraso en la llegada de los equipos a instalar	3	D	TIEMPO	0,20	ALTO	1) Mitigar 2) Mitigar	1) Agilizar la colocación de ordenes de compras 2) Realizar seguimiento a la gestión de procura de equipos	1) Bajo 2) Bajo	1) Medio 2) Medio	Lider del proyecto	13/07/2009
<b>ID</b>	<b>PROCESOS DE INGENIERIA/DISEÑO (ID)</b>											
ID1	Errores en el diseño de planos eléctricos	1	C	TIEMPO	0,02	BAJO	1) Mitigar 2) Mitigar	1) Diseñar los planos de acuerdo a las recomendaciones de fabricantes de los equipos y a los planos eléctricos del sistema actualmente instalado verificandolos previamente. 2) Seleccionar personal con experiencia para ejecutar la tarea.	1) Bajo 2) Bajo	1) Alto 2) Alto	Lider del proyecto	02/10/2010
ID2	Errores en el diseño de planos mecánicos	1	C	TIEMPO	0,02	BAJO	1) Mitigar 2) Mitigar	1) Diseñar los planos mecánicos tomando como referencia los planos mecanicos del sistema actual, mediciones reales de los equipos instalados e información técnica de los equipos a instalar y verificar planos una vez se tengan los nuevos equipos en planta.	1) Bajo 2) Bajo	1) Alto 2) Alto	Lider del proyecto	01/10/2010
ID3	Errores en la aplicación en software	1	C	TIEMPO	0,02	BAJO	1) Mitigar 2) Mitigar	1) Diseñar la aplicación en software tomando como referencia el funcionamiento del sistema actual, la información técnica de los nuevos equipos a instalar y la opinión de los expertos en el área. 2) Seleccionar personal con experiencia para la elaboración de aplicaciones en	1) Bajo 2) Bajo	1) Alto 2) Alto	Lider del proyecto	02/10/2010
<b>CO</b>	<b>CONTRATISTAS Y SUB-CONTRATISTAS (CO)</b>											
CO1	Huelga de contratista de mano de obra durante la REX	2	E	TIEMPO	0,24	ALTO	Mitigar	1) Establecer acuerdo con la empresa de montaje para el suministro de mano de obra de especialidad eléctrica. 2) Asignar personal propio de las cuadrillas de mantenimiento de la especialidad mecánica y soldadura.	1)Medio 2)Bajo	Medio	Lider del proyecto	01/10/2010
<b>EJ</b>	<b>EJECUCIÓN (EJ)</b>											
EJ1	Falla en la grúa puente para el montaje y desmontaje de los motores durante la parada extraordinaria	1	C	TIEMPO	0,02	BAJO	Evitar	Habilitar un burro que permita movilizar los motores	Bajo	Alta	Supervisor del trabajo	02/10/2010

**TABLA N°3. Alcance del proyecto de Modernización de las cadenas transportadoras del tren de alambón.**

<b>PROYECTO:</b>	<b>MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LAS CADENAS TRANSPORTADORAS DEL TREN DE ALAMBRÓN DE SIDOR.</b>
<b>ASPECTOS GENERALES</b>	
<b>Objetivos del Proyecto</b>	<p><b>Objetivo General:</b> Elevar la continuidad operativa del tren de alambón mediante la modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambón.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar en las cuatro cadenas transportadoras un sistema de control de alta tecnología en concordancia con los estándares de Sidor.</li> <li>- Aumentar la continuidad del funcionamiento de las cadenas transportadoras con el sistema de control moderno a instalar.</li> <li>- Completar la implantación y puesta en funcionamiento del nuevo sistema de control de las cuatro cadenas transportadoras dentro del tiempo establecido para la Reparación Extraordinaria.</li> <li>- Completar la implantación del sistema de control moderno de las cuatro cadenas transportadoras dentro del presupuesto de mantenimiento de la zona de enfriamiento y acabado del tren de alambón.</li> </ul>
<b>Alcance del Proyecto</b>	<p>Implementación de un nuevo sistema de control en las cadenas transportadoras del tren de alambón formadas por las cadenas stelmor de la línea 1 y 2 y las cadenas alimentadoras de la línea 1 y 2, conformado por equipos de alta tecnología con la capacidad electrónica, eléctrica y potencia requerida para el correcto funcionamiento.</p> <p>Cada una de las cuatro cadenas transportadoras contará con un nuevo sistema de control constituido por un variador de velocidad de corriente alterna con circuito de protección eléctrico montado sobre una placa metálica dentro de un armario, un motor jaula de ardilla de corriente alterna con acople adecuado montado sobre nuevas bases, la modificación del software del panel de control adecuada para el nuevo sistema y una aplicación en software en el PLC MODICON de la zona de acabado correspondiente para el control automático de la cadena que estará sincronizado con los equipos aguas arriba y aguas abajo y nuevas conexiones eléctricas de control y de potencia.</p>
<b>Requisitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos a utilizar en el nuevo sistema de control de las cadenas transportadoras deberán cumplir con los estándares establecidos en Sidor en cuanto a fabricantes y normas y</li> <li>- Toda la lógica de control de las cadenas deberá excluirse del actual PLC S5 e incorporarse dentro de los PLC de alta tecnología de la zona de acabado actualmente en funcionamiento, identificados como 1DC1 para la línea 1 y 1EC1 para la línea 2.</li> <li>- El control de las cadenas transportadoras deberá estar sincronizado con los equipos aguas arriba y aguas abajo de las cadenas.</li> <li>- Las cadenas stelmor y las cadenas alimentadoras deberán estar sincronizadas en cuanto al arranque y parada, estas acciones deberán realizarse simultáneamente para evitar daños en el material que es transportado</li> <li>- Se deberá mantener la relación de velocidad de las cadenas stelmor y alimentadora vigente actualmente para que el proceso de desalojo de las espiras se realice correctamente.</li> </ul>
<b>Limites del proyecto</b>	No estarán incluidos dentro del proyecto cambios de los reductores, de las estructuras mecánicas o del sistema de lubricación de las cadenas transportadoras. Tampoco estarán incluidos cambios de paneles locales.
<b>Criterios de aceptación</b>	Rendimiento del 100% del nuevo sistema de control en la puesta en marcha de las cadenas transportadoras del tren de alambón.
<b>Restricciones del proyecto</b>	No se dispone de una parada especial del tren de alambón para realizar la sustitución de los sistemas de control actuales de cada una de las cadenas transportadoras, por lo que la implementación de los nuevos sistemas de control debe realizarse progresivamente, ejecutándose la mayor parte de las actividades previamente a la parada extraordinaria, y solo se dispondrá de seis días para la disposición final de los nuevos equipos y la puesta en funcionamiento de las cadenas transportadoras.
<b>ORGANIZACION</b>	
<b>Proyecto</b>	El Departamento de Mantenimiento de Barras y Alambón, quien será responsable de la implantación y puesta en marcha del sistema de control de las cadenas transportadoras del tren de alambón.
<b>Líder del Proyecto</b>	El líder de grupo técnico electro-mecánico de la zona de enfriamiento del tren de alambón, quien es el responsable de llevar a cabo exitosamente la ejecución del proyecto. Coordinara reuniones, dará seguimiento a las actividades del cronograma, autorizará cambios, solicitará los recursos. Estará involucrada en el desarrollo técnico del proyecto.
<b>Recursos y Responsabilidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El Jefe de Departamento de Mantenimiento de Barras y Alambón aprobará las solicitudes de recursos.</li> <li>- El personal técnico de mantenimiento correctivo y preventivo del tren de alambón ejecutarán actividades técnicas específicas en el cronograma del proyecto y supervisará actividades ejecutadas por contratistas.</li> <li>- La Gerencia de Abastecimiento realizará las gestiones de procura.</li> <li>- El Departamento de Planificación de Mantenimiento gestionará la contratación de servicios y mano de obra, así como realizará el seguimiento y control de las actividades a ejecutar.</li> <li>- Se contará con empresas contratistas quienes ejecutaran actividades específicas dentro del cronograma.</li> </ul>
<b>PLAN</b>	
<b>Hitos del cronograma</b>	Inicio de actividades de REX el 27/09/10 y arranque el día 02/10/10 en el primer turno.
<b>Duración</b>	La duración estimada de actividades del proyecto es de 218 días. Iniciando actividades el día 25/11/2009 y finalizando el día 02/10/2010.
<b>Productos entregables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de control moderno instalado para la cadena Stelmor línea 1 del tren de alambón y operativo.</li> <li>- Sistema de control moderno instalado para la cadena Alimentadora línea 1 del tren de alambón y operativo.</li> <li>- Sistema de control moderno instalado para la cadena Stelmor línea 2 del tren de alambón y operativo.</li> <li>- Sistema de control moderno instalado para la cadena Alimentadora línea 2 del tren de alambón y operativo.</li> <li>- Documentación técnica y Planos del sistema de control moderno de las cadenas transportadoras.</li> <li>- Manual de funcionamiento y operación del sistema de control de las cadenas transportadoras.</li> </ul>
<b>CASO DE NEGOCIO</b>	
<b>Justificación</b>	El proyecto de modernización del sistema de control de las cadenas transportadoras se llevará a cabo con la finalidad de aumentar la continuidad operativa del tren de alambón limitado por las fallas asociadas a las cadenas transportadoras debido a la obsolescencia del sistema de control actual.
<b>Riesgos iniciales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retraso en la llegada de los equipos principales</li> <li>- Mano de obra no calificada</li> <li>- Errores en el diseño</li> <li>- Problemas sindicales con la contratista de mano de obra administrada</li> </ul>
<b>Costos</b>	El costo estimado del proyecto es de 128608 US\$.
<b>Limitación de fondos</b>	El presupuesto de REX aprobado para la zona de enfriamiento del tren de alambón es de 90000 US\$, se deberá disponer del presupuesto ordinario de la zona de acabado y enfriamiento para cubrir la inversión.