



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**PLANIFICACIÓN DE EDIFICACIÓN EN CONCRETO ARMADO PARA TREN
DE LAMINACIÓN BARRAS PERFILES EN INDUSTRIA METALÚRGICA**

Nelvin José Cruz Godoy

Asesorado por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, mayo de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLANIFICACIÓN DE EDIFICACIÓN EN CONCRETO ARMADO PARA TREN
DE LAMINACIÓN BARRAS PERFILES EN INDUSTRIA METALÚRGICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

NELVIN JOSÉ CRUZ GODOY

ASESORADO POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
EXAMINADORA	Inga. Carmen Marina Mérida Alva
EXAMINADOR	Ing. Crecencio Benjamín Cifuentes Velásquez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PLANIFICACIÓN DE EDIFICACIÓN EN CONCRETO ARMADO PARA TREN DE LAMINACIÓN BARRAS PERFILES EN INDUSTRIA METALÚRGICA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 21 de agosto de 2013.



Nelvin José Cruz Godoy



Guatemala, 3 de febrero de 2016

Ingeniero
Guillermo Francisco Melini Salguero
Departamento de Planeamiento
COORDINADOR

Ingeniero Melini

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación: **PLANIFICACIÓN DE EDIFICACIÓN EN CONCRETO ARMADO PARA TREN DE LAMINACIÓN BARRAS PERFILES EN INDUSTRIA METALÚRGICA**, elaborado con el estudiante universitario Nelvin José Cruz Godoy, quien contó con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante universitario Cruz Godoy, satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"


Inga. Civil Dilma Yanet Mejicanos Iol
Col. 5947
ASESORA





USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
 15 de abril de 2016

Ingeniero
 Hugo Leonel Montenegro Franco
 Director Escuela Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PLANIFICACIÓN DE EDIFICACIÓN EN CONCRETO ARMADO PARA TREN DE LAMINACIÓN BARRAS PERFILES EN INDUSTRIA METALÚRGICA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Nelvin José Cruz Godoy, quien contó con la asesoría de la Ingeniera Dilma Yanet Mejicanos Jol.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
 Jefe Del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO
 DE
 PLANEAMIENTO
 USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





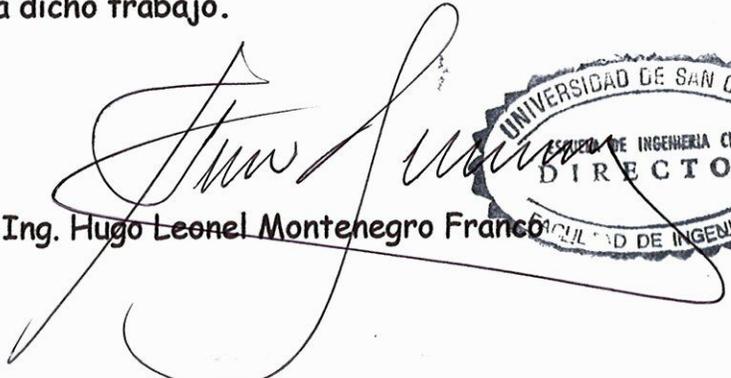
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol y del Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Nelvin José Cruz Godoy, titulado PLANIFICACIÓN DE EDIFICACIONES EN CONCRETO ARMADO PARA TREN DE LAMINACIÓN BARRAS PERFILES EN INDUSTRIA METALÚRGICA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, mayo 2016

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 256 .2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **PLANIFICACIÓN DE EDIFICACIÓN EN CONCRETO ARMADO PARA TREN DE LAMINACIÓN BARRAS PERFILES EN INDUSTRIA METALÚRGICA**, presentado por el estudiante universitario: **Nelvin José Cruz Godoy**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, mayo de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su infinita bondad y amor, siendo mi guía espiritual, a lado de mi madre la Virgen María.
- Mis padres** José Inés Cruz Hernández y Ana Odilia Godoy Pineda, por darme la vida y enseñarme, con su ejemplo, los valores éticos y morales que rigen mi futuro profesional.
- Mis abuelos** Hortensia Hernández, Antonio Cruz (q. e. p. d.), Eligia Pineda (q. e. p. d.) y Miguel Ángel Godoy (q. e. p. d.), por sus bendiciones que me iluminaron y protegieron durante la carrera universitaria.
- Mis hermanos** Balter y Edison Cruz Godoy, porque siempre cuento con ustedes incondicionalmente.
- Mi familia** Por su aprecio y cariño que me impulsa a seguir adelante; parte vital en mi existencia.
- Mi novia** Aura Godínez, por brindarme la inspiración que me motiva en la vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala y Facultad de Ingeniería	Por inculcar con excelencia académica, el desarrollo de mis estudios superiores.
Mi asesora	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol, por compartir sus conocimientos y experiencia en la elaboración de este trabajo.
La empresa	Aceros de Guatemala, S. A., por brindarme la formación como profesional.
Los compañeros de trabajo	En general, así como a todas esas personas que de una u otra forma me apoyaron. En especial al Ing. Carlos Ponce, por la confianza depositada en mi persona.
Mis amigos	Los de la Universidad y de toda una vida, por cada uno de los instantes compartidos y que ahora son memorables.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. MARCO ORGANIZACIONAL	1
1.1. Historia de la corporación y descripción de la empresa	1
1.2. Plantas de fabricación y productos	2
1.3. Actividades del Departamento de Ingeniería y Proyectos	7
1.4. Estructura organizacional	9
1.5. Planificación estratégica	11
1.5.1. Visión	12
1.5.2. Misión	12
1.5.3. Políticas de calidad	12
1.6. <i>Empowerment</i> de las jefaturas	14
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA EN EL PROCESO DE EDIFICACIÓN PARA INFRAESTRUCTURA DE OBRA CIVIL	17
2.1. Diagnóstico preliminar del problema	17
2.2. Limitaciones del proceso	18
2.3. Análisis FODA	19
2.3.1. Factores internos	19
2.3.1.1. Fortalezas del proyecto	20

	2.3.1.2.	Debilidades del proyecto	20
2.3.2.		Factores externos.....	21
	2.3.2.1.	Oportunidades del proyecto.....	21
	2.3.2.2.	Oportunidades factores externos	22
	2.3.2.3.	Amenazas del proyecto	22
3.		MARCO DE REFERENCIA TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	23
3.1.		Fundamentos teóricos para el proceso de gestión de la ingeniería	23
	3.1.1.	Definiciones	26
	3.1.2.	Macroproceso industrial	26
	3.1.3.	Macroflujo del proceso de ingeniería.....	29
	3.1.4.	Prácticas del proceso de ingeniería.....	30
	3.1.5.	Ítems de control	33
	3.1.6.	Ítems de verificación	34
3.2.		Antecedentes	34
	3.2.1.	Evolución de la tecnología de gestión	35
3.3.		Elaboración de la hipótesis.....	35
	3.3.1.	Hechos o situaciones del proyecto	36
	3.3.2.	Relación causa	37
	3.3.3.	Relación efecto.....	37
	3.3.4.	Relación objetivo	37
3.4.		Identificación de las variables	38
	3.4.1.	Variable independiente	38
	3.4.2.	Variable dependiente	38
4.		DESARROLLO DEL PROYECTO	39
4.1.		Estudio preliminar de la inversión	39
4.2.		Estudio técnico de la inversión	41

4.2.1.	Propuesta autorización de la inversión	44
4.2.1.1.	<i>Payback</i>	45
4.2.1.2.	TIR	46
4.2.1.3.	VPN	47
4.3.	Estructura de desglose de trabajo	48
4.4.	Cronograma.....	49
4.5.	Presupuesto	51
4.6.	Matriz de responsabilidades	53
4.7.	Gestión de riesgos	55
4.8.	Implantación de la inversión	57
4.8.1.	Reunión de coordinación	59
5.	EVALUACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	61
5.1.	Informe de progreso	61
5.1.1.	Especificación técnica de equipo	63
5.1.2.	Especificación técnica de servicios	64
5.2.	Plan de comunicación	65
5.3.	Requerimiento de alteración de la inversión (RAI).....	66
5.4.	Evaluación de la implantación de la inversión (AVI).....	67
5.5.	Evaluación de retorno y desempeño (API).....	68
5.6.	Gestión de contratos.....	69
5.7.	Matriz multicriterial (MMC)	72
5.8.	Aceptación técnica.....	73
5.9.	Gestión de la documentación técnica	73
6.	RESULTADOS ESPERADOS.....	77
6.1.	Reducción de recursos	77
6.1.1.	Financieros	78
6.1.2.	Humanos	80

6.1.3.	Físicos	81
6.1.4.	Materiales	82
6.2.	Evaluación de impacto ambiental (EIA)	83
CONCLUSIONES		91
RECOMENDACIONES		93
BIBLIOGRAFÍA		95
ANEXOS		99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta de producción Sidegua	2
2.	Diferentes tipos de productos, Corporación Aceros de Guatemala.....	6
3.	Direccionamiento estratégico de ingeniería y proyectos	7
4.	Competencias del proceso de ingeniería y proyectos.....	8
5.	Estructura organizacional, Departamento de Ingeniería y Proyectos....	9
6.	Relación entre los tres niveles de planificación	11
7.	Espectrómetro ARL 3460 B, laboratorio Sidegua	14
8.	Procesos y objetivos en la gestión de proyectos	24
9.	Planta de laminación de barras Indeta, S. A. (julio 2011)	27
10.	Propuesta planta de perfiles Sidegua (agosto 2011)	28
11.	Macroflujo del proceso de ingeniería	29
12.	Ciclo PDCA	32
13.	Estudio preliminar de una inversión.....	40
14.	Formato de informe técnico.....	42
15.	Soluciones y beneficios en la situación	43
16.	Balance entre las demandas concurrentes de alcance, presupuesto, cronograma y calidad.....	43
17.	Formato de propuesta autorización de la inversión (PAI)	44
18.	Determinación del <i>paybac</i> aplicado	46
19.	Ejemplo de determinación de la tasa interna de retorno.....	47
20.	Ejemplo de la determinación del valor presente neto	48
21.	Estructura del desglose de trabajo del proyecto	49
22.	Formato del cronograma	51

23.	Plan de implantación.....	57
24.	Formato de la agenda de reunión de coordinación	60
25.	Formato del informe de progreso de la inversión	62
26.	Formato de la especificación técnica de equipos	64
27.	Formato de la especificación técnica de servicios.....	65
28.	Costes acumulados en la curva S y períodos característicos.....	80

TABLAS

I.	Registro histórico de Aceros de Guatemala	1
II.	Tipos de ítem de control	33
III.	Formato del presupuesto	53
IV.	Formato de la matriz de responsabilidades	54
V.	Descripción de responsabilidades, matriz RACI	55
VI.	Matriz de graduación de los riesgos	56
VII.	Formato del plan de riesgos	56
VIII.	Formato del plan de comunicación	66
IX.	Formato del requerimiento de alteración de la inversión	67
X.	Formato de la evaluación de la implantación de la inversión	68
XI.	Formato de la evaluación de retorno y desempeño	69
XII.	Principales actividades de la gestión de un contrato.....	71
XIII.	Formato de la matriz multicriterial	72
XIV.	Formato de aceptación técnica	74
XV.	Indicadores de producción, agosto 2011	79
XVI.	Productos a laminar para la propuesta de producción	82

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
d	Día
F_y	Fluencia del acero, resistencia a la tensión
h	Hora
m	Metro
mg/L	Miligramos por litro
N, n	Número de casos o de años
W_c	Peso específico del concreto
%	Porcentaje
f_c	Resistencia a la compresión de un espécimen de concreto a carga axial.
Σ	Sumatoria
T	Tiempo
U	Unidad

GLOSARIO

Ambiente	Conjunto o sistema de elementos naturales y artificiales, de naturaleza física, química, biológica o sociocultural, en constante interacción y en permanente modificación por la acción humana o natural, que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.
EP	Estudio preliminar de la inversión.
ET	Estudio técnico de la inversión.
Gestión	Conjunto de los métodos, procedimientos y acciones desarrollados por la gerencia, dirección o administración del generador de residuos, sean estas personas naturales o jurídicas, y por los prestadores del servicio de desactivación y del servicio público especial de aseo, para garantizar el cumplimiento de la normatividad vigente sobre residuos.
Impacto ambiental	Cualquier cambio neto, positivo o negativo, que provoca sobre el ambiente como consecuencia indirecta de acciones antrópicas susceptibles de producir alteraciones que afecten la salud, la

capacidad productiva de los recursos naturales y los procesos ecológicos esenciales.

Materiales de construcción

Arenas, gravas, piedra, recebo, asfalto, concreto y agregados sueltos de construcción o demolición. Capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación. Ladrillo, cemento, acero, hierro, mallas, madera, formaleta y similares. Todo material para construir obra civil.

Portafolio de Proyectos

Colección de programas y proyectos agrupados para facilitar el alcance de los objetivos estratégicos. Un portafolio es un conjunto de programas, proyectos y actividades orientado por el planeamiento estratégico de la organización y por los recursos disponibles.

POT

Plan de ordenamiento territorial.

Proceso

Conjunto de actividades que realiza una organización, mediante la transformación de unos insumos, para crear, producir y entregar sus productos, de tal manera que satisfagan las necesidades de sus clientes.

Proceso siderúrgico

Serie de pasos consecutivos que llevarán desde una materia prima, como el mineral de hierro y el carbón de coque, hasta un producto final, como el acero.

Programa	Grupo de proyectos relacionados, gestionados de un modo coordinado, con el fin de obtenerse beneficios que de un modo aislado no se obtendrían y que contribuirán a la realización del plan estratégico.
Proyecto	Esfuerzo temporario, progresivamente elaborado, con el objetivo de crear un producto, servicio o resultado único.
Tasa interna de rentabilidad (TIR)	Tasa de interés, a la cual el valor actual neto es igual a cero y es utilizada como indicador de la rentabilidad económica del proyecto.
Valor anual neto o valor presente neto (VAN o VPN)	Método financiero de evaluación, el cual consiste en trasladar el flujo de efectivo a un valor estimado en el tiempo presente.

RESUMEN

El desarrollo constructivo en un proyecto de obra civil, inicia con la planificación. Una vez sean determinados los alcances, las metas deben cumplirse de acuerdo a lo estipulado en el estudio de la inversión.

La industria siderúrgica ha experimentado un crecimiento constante durante los últimos años, que evidencia, de manera concreta, la importancia del aporte que esta realiza al desarrollo económico nacional, al proveer de materia prima al sector de la construcción y a otros segmentos industriales.

El propósito de este trabajo es presentar un Manual de procedimientos obtenido del aprendizaje en la edificación, para la infraestructura en concreto armado para un tren de laminación barras perfiles; enfocado a una mejor gestión de este tipo de proyectos, que genere una mejor utilización de los recursos, presupuesto, tiempo y otros; a través de herramientas administrativas que permitan determinar si un proyecto está siendo exitoso o cumple con los objetivos planificados.

OBJETIVOS

General

Proponer la implementación de indicadores de gestión que apoyen a la toma de decisiones, con el objetivo de cumplir con el presupuesto y plazos de entrega de los proyectos; basándose en las políticas estratégicas de acuerdo al plan de mejora continua de la corporación.

Específicos

1. Conocer las principales leyes ambientales que existen en Guatemala.
2. Desarrollar guías para la implementación de registros que proporcionen una base de datos en cada renglón de trabajo.
3. Elaborar una planificación detallada, con parámetros apegados al cumplimiento de un proyecto.
4. Verificar periódicamente los factores estimados contra los factores reales, conforme al avance de la obra gris.
5. Generar un documento para administrar el portafolio de materiales y servicios específicos para la infraestructura de un tren de laminación.
6. Evaluar un indicador para comparar y priorizar las inversiones.
7. Analizar la estructura organizativa de acuerdo a las prácticas de cada renglón de trabajo.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación contiene los aspectos y conceptos necesarios que permiten establecer la viabilidad de la planificación de infraestructura para la Corporación Aceros de Guatemala; permitiendo determinar cuán factible es implementarlo.

En el capítulo uno se presenta el marco organizacional de la empresa de interés, incluyendo aspectos administrativos y de organización. En el capítulo dos se desarrolla la formulación del problema, el diagnóstico y limitaciones, entre otros aspectos de interés.

En el capítulo tres se incluye el marco de referencia teórico y conceptual del proyecto. En el capítulo cuatro se presenta el desarrollo del proyecto con aspectos técnicos y teóricos.

El capítulo cinco presenta la evaluación y documentación del proyecto, así como algunos formatos para realizar mejor estas actividades. Por último, en el capítulo seis se presentan los resultados esperados con la implementación de la propuesta, incluyendo aspectos económicos, técnicos y ambientales. Al final se muestran las conclusiones y recomendaciones del estudio.

1. MARCO ORGANIZACIONAL

1.1. Historia de la corporación y descripción de la empresa

La Corporación Aceros de Guatemala se ha dedicado, durante más de 60 años, a la industria siderúrgica, generando productos provenientes de acero de alta calidad para distribuirlos en Guatemala y Centro América. A continuación se presentan los principales registros históricos del desarrollo de la empresa.

Tabla I. **Registro histórico de Aceros de Guatemala**

1953	• primera empresa destinada a la producción de clavo
1956	• inicia Distribuidora Universal (DISTUN)
1963	• nace Aceros de Guatemala
1970	• instalación de una laminadora para fabricación de alambros y hierro
1974	• se funda la empresa Hornos, S.A.
1987	• se compra la planta Industria de Tubos y Perfiles, S.A. (INTUPERSA)
1991	• inicia la construcción de Siderúrgica de Guatemala, S.A. (SIDEGUA)
1995	• Aceros de Guatemala, compra la planta INDETA, S.A.
1999	• DISTUN se posiciona en Carretera a El Salvador
2000	• inicio de operaciones de la Planta de Malla Electrosoldada
2005	• surge el Proyecto Arcoiris para una planeación estratégica de expansión
2006	• se amplía la capacidad del horno de Arco Sidegua
2008	• se adquiere una planta de laminación continua en Sidegua
2010	• nace Corporación Centroamericana del Acero
2011	• inicia la construcción de una planta de perfiles y trefilación en Sidegua

Fuente: *Historia de Aceros de Guatemala*. <http://www.acerosdeguatemala.com/quienes-somos/historia>. Consulta: octubre de 2013.

Figura 1. **Planta de producción Sidegua**



Fuente: *Plantas productivas*. <http://www.acerosdeguatemala.com/plantas-productivas/sidegua>. Consulta: octubre de 2013.

1.2. **Plantas de fabricación y productos**

La Corporación Aceros de Guatemala ha desarrollado sus diferentes productos, satisfaciendo parte importante del mercado de Guatemala y Centro América. Se dedica a la fabricación de productos derivados del acero, principalmente para la construcción, a partir de materia prima nacional e importada. La empresa está conformada por cuatro plantas de producción.

- Sidegua: es el parque siderúrgico más grande de Centroamérica. Inició sus operaciones en 1994 y se ubica en el kilómetro 65,5 municipio de Masagua, departamento de Escuintla, Guatemala. Produciendo 67 500 toneladas métricas que incluyen palanquilla, alambón, varilla corrugada, malla electrosoldada, varilla lisa de ¼". Con el traslado de las plantas de clavos, grapas, alambre de amarre, alambre espigado, alambre galvanizado y malla ciclón, la capacidad de producción de Sidegua aumenta a 71 000 toneladas métricas mensuales.

A partir de enero de 2012 se incluye la fabricación de trefilados y se inicia la fabricación de productos conocidos como elementos prearmados, como columnas, soleras y cimientos corridos. Para finales de ese año se incluye la fabricación de hierro en formas (lo que se conoce comercialmente como perfiles).

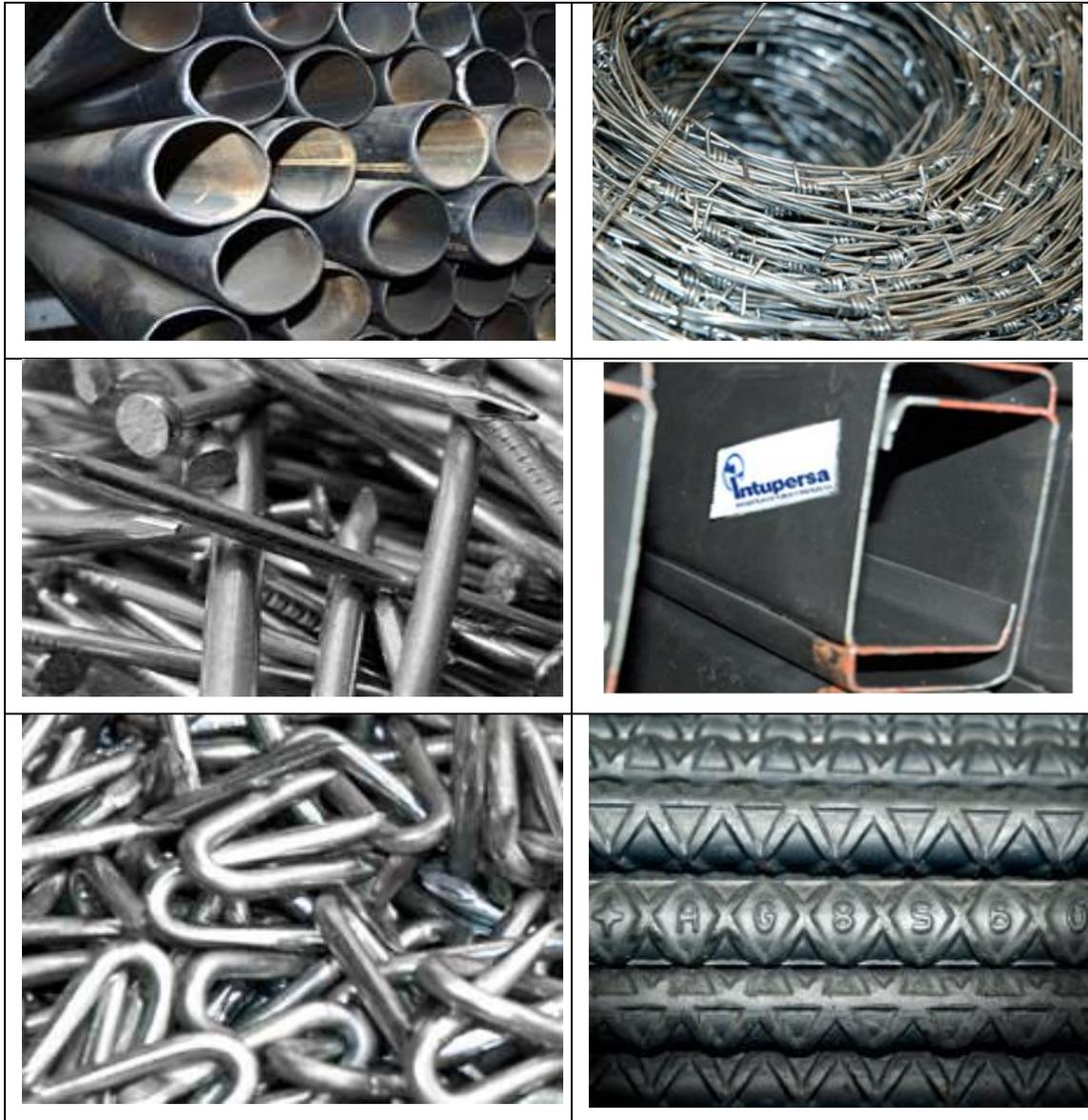
- Aceros de Guatemala: inició sus operaciones en 1953, dedicándose a la fabricación de clavo para madera. La planta se ubica en la zona 12 de la ciudad de Guatemala; actualmente es trasladada al parque industrial Sidegua.
- Indeta: inició sus operaciones en 1960 y Aceros de Guatemala compró esta planta en 1995, se ubica en la zona 7 de Mixco, Guatemala; actualmente es trasladada al parque industrial Sidegua.
- Intupersa: inició sus operaciones en 1961, Aceros de Guatemala compró esta planta en 1987. Se dedica a la transformación de productos derivados del acero, fabricando costanera, tubería galvanizada, tubería industrial, tubería mecánica y tubería negra.

A continuación se presentan los principales productos que se fabrican en la empresa.

- Trefilados: son aquellos productos cuya materia prima es el alambrón; en esta categoría están el alambre de amarre, alambre espigado, alambre galvanizado, clavo para madera y grapa. Los alambres de acero fabricados por Corporación Aceros de Guatemala son utilizados para distintos fines relacionados con la agricultura, ganadería y construcción, entre otros.
- Se fabrican tres tipos de cañería marca Intupersa AG: ligera, mediana y cédula 40 o también llamada de tipo pesada.
- Tubería AG: la Corporación Aceros de Guatemala produce distintos tipos de tubería de acero, eléctrica, estructural, mecánica, industrial.
- Malla electrosoldada: con varillas de alta resistencia en grado 70 en presentaciones. Sus principales usos son la fabricación de viviendas, tuberías de concreto, diques, túneles, concretos proyectados, canales de riego, armaduras inferiores y superiores de losas, pavimentos, escaleras, muros, entre otros.
- Clavo para lámina con un recubrimiento especial con pintura a base de aluminio. Como su nombre lo indica, se usa para la instalación de láminas galvanizadas, utilizando aproximadamente 8 clavos por cada lámina.
- Clavo para madera AG: tiene cabeza plana y con punta en forma de diamante para una mejor adaptación a la madera.

- Costanera AG, también llamada perfil en C o canaleta, su proceso de fabricación es de rolado en frío.
- Grapa AG: se fabrica a partir de alambre galvanizado y se utiliza principalmente para fijar el alambre espigado a los postes de madera.
- Hierro corrugado (grados 40 y 60), hierro liso, hierro de alta resistencia en diferentes medidas de acuerdo a normas internacionales.
- Perfiles AG: comercialmente se utilizan en diferentes formas, como angulares, redondos liso, hembra (planos/planitas) y cuadrados.

Figura 2. **Diferentes productos, Corporación Aceros de Guatemala**



Fuente: *Productos*. <http://www.acerosdeguatemala.com/producto-nuevo>.

Consulta: octubre de 2013.

1.3. Actividades del Departamento de Ingeniería y Proyectos

El Departamento de Ingeniería y Proyectos es la entidad encargada de la dirección, gestión y ejecución de proyectos por medio de la aplicación de herramientas y técnicas para administrar las inversiones, maximizando su resultado de costo, plazo y retorno.

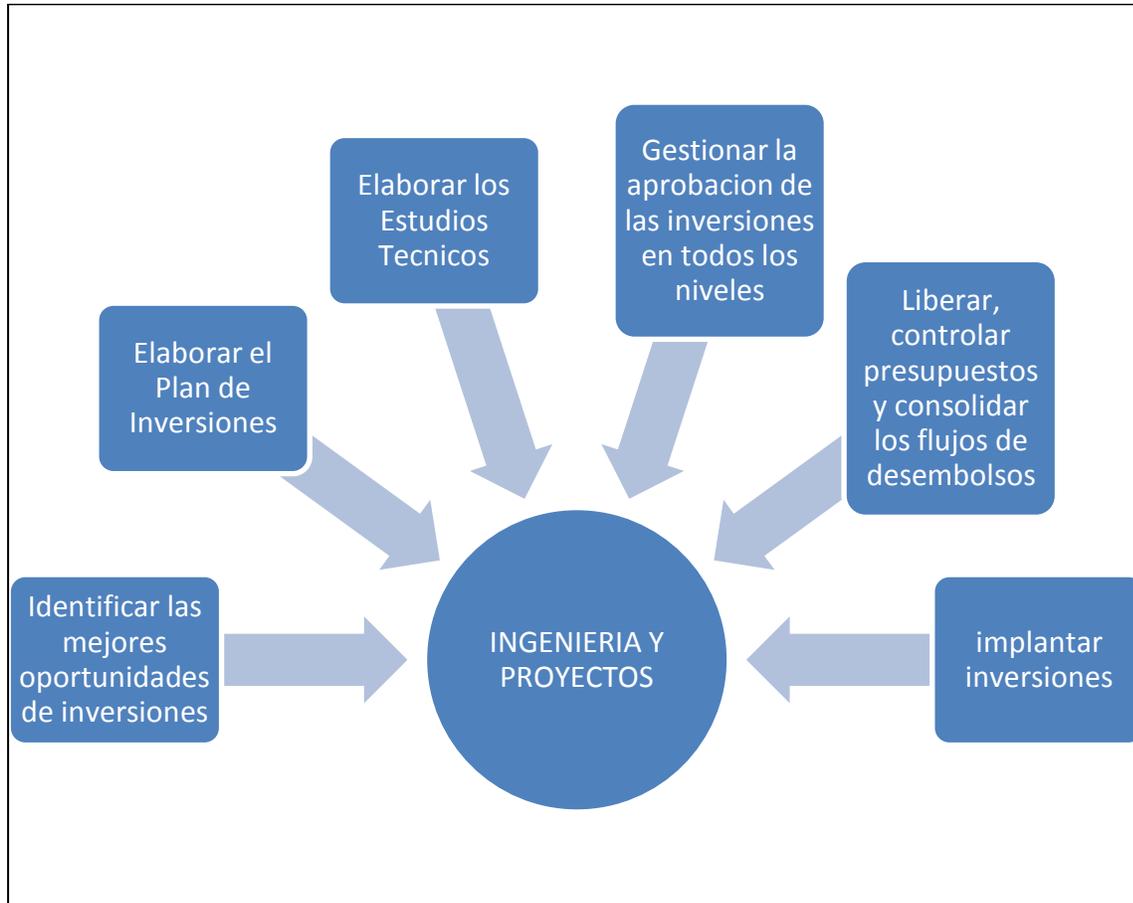
Figura 3. **Direccionamiento estratégico de ingeniería y proyectos**



Fuente: Gerdau. *GIG Manual de proceso de ingeniería*. p. 12.

En el ámbito de la gestión de proyectos, el proceso de planificación consta de especificar los objetivos definidos en el alcance, estructurarlo en actividades y tareas, establecer la secuencia como las prioridades y dependencia, estimar la duración de dichas tareas, definir los recursos disponibles y el presupuesto admisible.

Figura 4. **Competencias del proceso de ingeniería y proyectos**



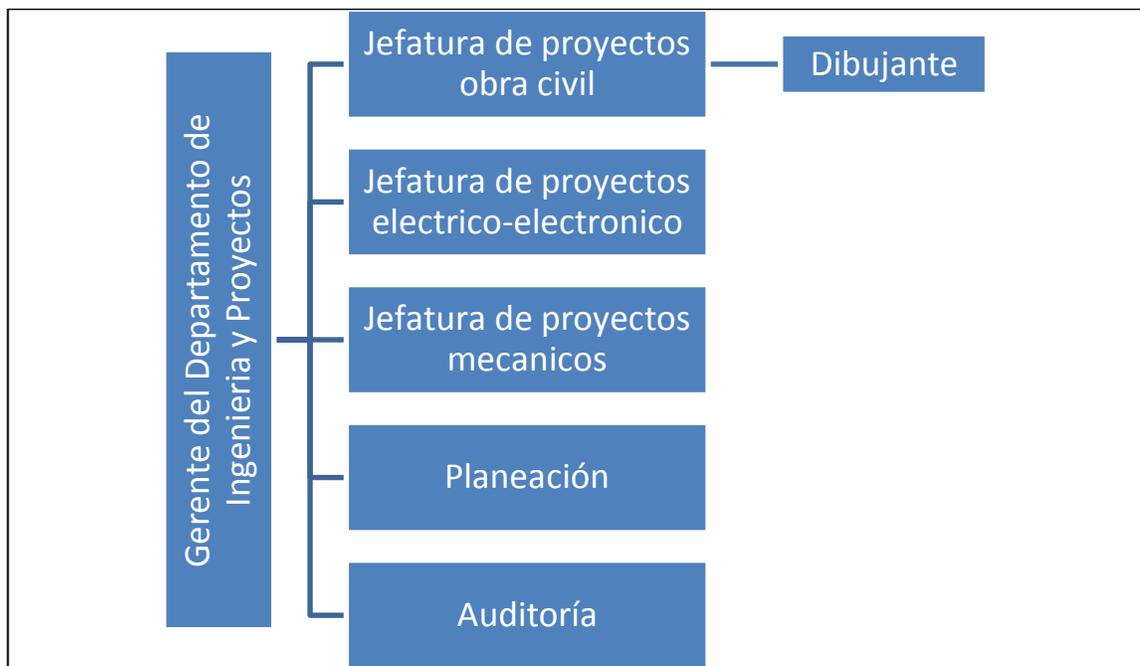
Fuente: Gerdau. *GIG Manual de Proceso de Ingeniería*. p. 14.

Las gestiones del proyecto de la Planta de laminación perfiles-Sidegua son administradas bajo el portafolio del proceso del Departamento de Ingeniería y Proyectos. La planificación de la infraestructura para la obra civil inicia con la elaboración del estudio técnico, identificando el plan de adquisiciones para el sistema constructivo, de acuerdo al presupuesto y cronograma adquirido.

1.4. Estructura organizacional

Describe la forma en que se distribuyen las funciones de los colaboradores en los distintos niveles jerárquicos del proyecto. La Corporación Aceros de Guatemala se organiza de acuerdo a la interrelación de sus departamentos, por lo que su estructura organizacional y funcional establece la especialización en actividades formales que indica la división de trabajo e identifica la relación dentro de la empresa, así como la jerarquía existente.

Figura 5. **Estructura organizacional, Departamento de Ingeniería y Proyectos**



Fuente: elaboración propia.

Para la ejecución del proyecto de tren de laminación barras perfiles Sidegua, las operaciones están organizadas de la siguiente forma:

- Gerente del Departamento de Ingeniería y Proyectos: el trabajo se relaciona con las actividades administrativas de planificación, organización, dirección y control de los recursos físicos, tecnológicos, humanos y financieros pertenecientes al proyecto.
- Jefatura de proyectos obra civil: se ocupa del desarrollo creativo para la infraestructura y obra gris de las inversiones generadas en la empresa. Además de las tareas de dirección y presupuesto de las obras, programando, dirigiendo y controlando todo el proceso de ejecución para una construcción.
- Jefatura de proyectos eléctrico-electrónico: verifica el diseño y suministro de energía para los equipos, así como la automatización de los circuitos y sistemas informáticos para los procesos industriales.
- Jefatura de proyectos mecánicos: establece el suministro de equipos mecánicos para los procesos de producción y transporte, así como el diseño y análisis de los diversos suministros que intervienen para la operación de la maquinaria.
- Planeación: el ingeniero planificador gestiona y consolida los tiempos de ejecución de los proyectos de obra civil, eléctrico-electrónico y mecánico. Estableciendo las metas y adjudicando las responsabilidades.
- Auditoría: ejerce la administración financiera del proyecto, responsable de verificar los registros contables de los recursos, de acuerdo al plan de inversiones.

1.5. Planificación estratégica

Se debe realizar a distintos niveles, en general se definen tres niveles básicos:

- Planificación estratégica o de largo plazo
- Planificación táctica o de mediano plazo
- Planificación operacional o de corto plazo

La visión y la misión, en conjunto con la política de calidad, conforman la filosofía de la planificación estratégica en la empresa.

Figura 6. **Relación entre los tres niveles de planificación**



Fuente: *Niveles de planificación*. <http://www.elconstructorcivil.com/2013/05/planificacion-y-control-de-proyectos-de.html>. Consulta: octubre de 2013.

1.5.1. Visión

“Mantener el liderazgo en Guatemala y el resto de Centroamérica, en la fabricación y distribución de productos de acero para la construcción y otros sectores. Con todos sus integrantes identificados y comprometidos con los altos estándares de la siderurgia a nivel internacional”.¹

1.5.2. Misión

“En Corporación Aceros de Guatemala, fabricamos y distribuimos productos de acero con calidad certificada en un ambiente seguro, con un equipo humano especializado y motivado; comprometido con nuestros clientes, la sociedad y el cuidado del medio ambiente”.²

1.5.3. Políticas de calidad

El control de calidad es un conjunto de métodos y actividades de carácter operativo, que se utilizan para satisfacer el cumplimiento de los requerimientos de calidad que se han establecido. Para cumplir con la satisfacción del cliente, es primordial suministrar productos de la más alta calidad, a través de la aplicación de los requerimientos de calidad, basados en las normas técnicas aplicables.

¹ Corporación Aceros de Guatemala. *Nuestros valores, visión y misión*. <http://www.acerosdeguatemala.com/quienes-somos/valores-vision-mision>. Consulta: octubre de 2013

² *Ibíd.*

Los productos fabricados con estándares internacionales permiten garantizar la calidad en los procesos y en el producto terminado, ajustándose a las necesidades de los clientes. En la Corporación Aceros de Guatemala se realiza una permanente gestión de calidad, orientada al mejoramiento continuo de la producción y suministro de soluciones en acero que satisfagan a sus clientes. Para esto, la empresa orienta su gestión a:

- Aplicar y mantener un sistema de gestión de calidad.
- Asegurar la correcta aplicación del sistema, a través de la comprometida participación de su personal en el mejoramiento continuo y una constante motivación y capacitación.
- Impulsar la innovación de sus productos y procesos, privilegiando el uso de tecnologías sustentables.

Durante todo el proceso se envían muestras al laboratorio, la calidad de los productos se respalda mediante dos espectrómetros de emisión óptica multicanal, que aseguran la exactitud de la composición química de la palanquilla. Además, se verifican los requerimientos de resultados de tensión de las barras mediante las dos máquinas de ensayos de tensión/compresión.

Figura 7. **Espectrómetro ARL 3460 B, laboratorio Sidegua**



Fuente: *Technology > ResearchAbility*. http://www.xuanda.com/en/JC_Data/JC_Files/a/z0gte5rpva/f1.jpg. Consulta: julio de 2015.

1.6. *Empowerment* de las jefaturas

Los procesos de desarrollo y cambios significativos en el mundo han sido impulsados por líderes, se invierte gran cantidad de tiempo y recursos en su formación. *Empowerment* quiere decir potenciación o empoderamiento, que es el hecho de delegar poder y autoridad a los subordinados, y conferirles el sentimiento que son responsables de su propio trabajo.

Es decir que los empleados, administradores y equipos de todos los niveles de la organización tienen el poder para tomar decisiones sin tener que requerir la autorización de sus superiores. La idea en que se basa, es que quienes se hallan directamente relacionados con una tarea son los más indicados para tomar una decisión al respecto, en el entendido de que poseen las aptitudes requeridas para ello.

En la actualidad constituye una herramienta gerencial para tomar decisiones, su objetivo es transmitir una nueva cultura empresarial. Las tres claves para facultar a los empleados se presentan a continuación:

- Compartir información con todos
- Crear autonomía por medio de fronteras
- Reemplazar la jerarquía con equipos autodirigidos

Entre las razones del interés en el *empowerment* está la competitividad global, la necesidad de responder rápidamente a las demandas y expectativas de los clientes, y la exigencia de mayor autonomía por parte de una fuerza de trabajo cada vez mejor preparada.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA EN EL PROCESO DE EDIFICACIÓN PARA INFRAESTRUCTURA DE OBRA CIVIL

2.1. Diagnóstico preliminar del problema

Cimentación para motores-reductores, molinos, cama de enfriamiento y horno de recalentamiento sobre un nivel +5,00 m de la rasante; para una planta de laminación, perfiles con producción de 40 toneladas por hora. La infraestructura consiste de un macizo en concreto armado con un volumen de 13 000 metros cúbicos, para soportar una carga muerta de 5 500 toneladas en equipos.

El proyecto está ubicado sobre una superficie con depósitos de material tipo escoria de alto horno, que es un material granular no metálico, formado por silicatos y otras bases producto de la fusión del hierro, es una base de material inestable para cualquier edificación.

La geometría de la edificación requiere una estructura monolítica, para una disposición de concreto que corresponde a un promedio de 150 m³ diarios, brindada por el contratista.

Garantizar la consistencia y la comparación de los resultados asignados al proyecto, definidos en un margen de 5 % para el desvío de presupuesto, así como para el desvío en el plazo de entrega.

2.2. Limitaciones del proceso

La laminación de perfiles de acero es un proceso que busca transformar lingotes de acero en productos de diferentes formas, que pueden ser varillas de construcción, perfiles y alambros. Esta transformación se realiza por medio de cilindros de laminación, que son los que ejercen fuerzas de compresión sobre el material que ha sido calentado hasta 1 150 °C, lo que origina expansión del lingote en volumen, restringido por los canales que se maquinan en los cilindros.

El perfil pasa a la cama de enfriamiento y después es cortado a 6,00 o 9,00 metros de longitud, según se requiera. Por último, pasa a empaque y es almacenado en la bodega de producto terminado.

El diseño se caracteriza por el proceso de laminación a un nivel superior de 5,00 metros, con el aprovechamiento de los niveles inferiores para la instalación de servicios eléctricos, de lubricación, aire y datos. El diseño de la cimentación para los molinos fue un reto para el equipo involucrado, debido a la complejidad de mantener la trabajabilidad del concreto, así como sus características físicas y mecánicas en sus etapas de fraguado.

Entre las principales ventajas que se percibirán como resultado de la implementación del proyecto se encuentran la reducción de costos asociados al proceso de laminación y disminución de material desechado como chatarra. Esto se refleja en un aumento mensurable de la eficiencia de la planta y ahorro de energía, como consecuencia de un mayor rendimiento metálico. Se amplía la capacidad instalada, para afrontar la demanda futura.

Como desventaja está la falta de mano de obra calificada, ya que los colaboradores deben ser técnicos especialistas en laminación. También condiciones climáticas de la costa sur del país, donde prevalece una humedad relativa del 85 % que puede afectar las propiedades físicas del acero.

2.3. Análisis FODA

Es una de las herramientas esenciales que provee los insumos necesarios al proceso de planeación estratégica, proporcionando la información necesaria para la implantación de acciones y medidas correctivas y la generación de nuevos o mejores proyectos de mejora.

El proceso de planeación estratégica se considera funcional cuando las debilidades se ven disminuidas, las fortalezas son incrementadas, el impacto de las amenazas es considerado y atendido puntualmente, y el aprovechamiento de las oportunidades es capitalizado en el alcance de los objetivos, la misión y visión de la empresa.

Para el desarrollo de este proyecto, los valores, visión y misión de la empresa se fortalecen, contando con un ambiente seguro, con un equipo humano especializado, motivado y comprometido con los clientes, la sociedad y el cuidado del medio ambiente.

2.3.1. Factores internos

El análisis FODA consta de dos partes: una interna y otra externa. Las fortalezas y debilidades corresponden al ámbito interno de la institución. En el proceso de planeación estratégica, se debe realizar su análisis.

2.3.1.1. Fortalezas del proyecto

Se definen como la parte positiva de la empresa de carácter interno, se detectan a través de la evaluación de los resultados.

- Fortalezas, factores internos
 - Personal técnico especializado
 - Personal obrero especializado
 - Disponibilidad de equipos
 - Antecedentes experiencia constructora

El valor agregado del proyecto es el compromiso de la empresa a minimizar el impacto ambiental y contribuir con las generaciones futuras. Por ello, las gestiones de mejora continua involucran índices de ahorro energético, con beneficio en la conservación de los recursos no renovables.

2.3.1.2. Debilidades del proyecto

Es el caso contrario de las fortalezas, porque la principal característica de las debilidades es afectar en forma negativa y directa el desempeño de la empresa. Una debilidad puede ser disminuida mediante acciones correctivas, mientras que una amenaza, para ser reducida, solo se pueden realizar acciones preventivas.

- Debilidades factores internos
 - Falta de control de calidad.
 - Falta de manuales de procedimientos.
 - Falta de conocimiento de nuevas tecnologías de construcción.
 - Durante la etapa de ejecución se dispondrá de diversos contratistas.

2.3.2. Factores externos

Se refieren a las oportunidades que ofrecen el mercado y las amenazas que debe enfrentar la empresa. Para esto se deben considerar los factores económicos, políticos y sociales, los productos y la tecnología, los factores demográficos, la competencia y los mercados, entre otros.

- Tanto en la región sur del departamento de Guatemala, como en la región nororiental del departamento de Escuintla, las tasas de ISR (impuesto sobre la renta) y otros trámites municipales son favorables, en comparación con la ciudad capital.
- La capacidad instalada de energía eléctrica en el parque industrial Sidegua es de 223 000 voltios
- La ubicación del proyecto pretende contribuir, en una porción, a la descentralización de la industria nacional.

2.3.2.1. Oportunidades del proyecto

Las oportunidades se generan en un ambiente externo a la empresa; por esta razón es de vital trascendencia revisarlas.

2.3.2.2. Oportunidades factores externos

En términos del PIB trimestral, el sector construcción evidencia una recuperación a partir del segundo trimestre de 2013, registrando una tasa de crecimiento de 5,3 % al tercer trimestre de 2014.

- Participar en el desarrollo industrial de la región.
- Contratación de mano de obra y equipos de la región.
- Liderar el sector industrial en Guatemala en transformación tecnológica.

2.3.2.3. Amenazas del proyecto

Al igual que las oportunidades, las amenazas se encuentran en el entorno de la empresa.

- Amenazas factores externos
 - Falta de estabilidad en los precios
 - Falta de incentivos para la construcción
 - *Dumping* comercial del acero

3. MARCO DE REFERENCIA TEÓRICO Y CONCEPTUAL

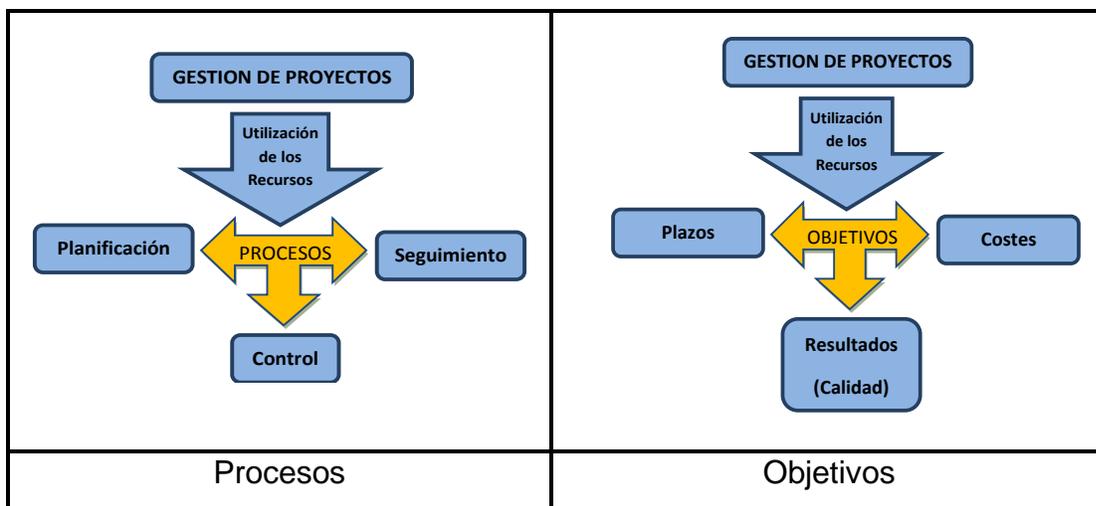
3.1. Fundamentos teóricos para el proceso de gestión de la ingeniería

El sistema de gestión de la empresa es una de las herramientas estratégicas de la compañía. Uno de sus objetivos es proporcionar confianza a los clientes en cuanto al buen funcionamiento de la empresa y de su capacidad para cumplir con los requisitos normativos y reglamentarios aplicables.

- **Gestión de portafolio:** promueve la conexión entre el nivel estratégico y operacional en el campo de gestión de proyectos. Gestionar el portafolio difiere de la gestión de proyectos por ser una actividad permanente. La gestión de portafolio debe estar enfocada en el conjunto de sus componentes para decidir cuáles serán priorizados, cuáles pueden ser postergados y cuáles deben ser removidos o cancelados, con el objetivo de maximizar los recursos de la organización.
- **Gestión de programas:** es una acción centralizada para alcanzar los objetivos estratégicos y sus beneficios, enfocada en perfeccionar las interdependencias de los proyectos del programa.
- **Gestión de proyectos:** es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto, con el objetivo de atender sus requisitos. Reúne la totalidad de las actividades involucradas en el desarrollo de estos en sus fases de estudio e ingeniería. De la correcta integración y administración de los distintos aspectos depende el ajuste de cada proyecto al presupuesto, tiempos y calidad requeridos.

En la gestión de un proyecto es necesario establecer sus objetivos, definir la metodología a seguir en su realización, planificar y programar tareas y recursos, corregir desviaciones, y comunicar progresos y resultados. También se deben delimitar qué áreas, qué funciones de la empresa, qué tareas y actividades cubre el campo de la dirección y gestión de proyectos. Actualmente existe una gran variedad de herramientas informáticas para efectuar la planificación, control y seguimiento de un proyecto, las cuales están a disposición del director del proyecto.

Figura 8. **Procesos y objetivos en la gestión de proyectos**



Fuente: CAPUZ RIZO, Salvador; *et al. Cuadernos de ingeniería de proyectos III: dirección, gestión y organización de proyectos.* p. 32.

- Plan de acción de la ingeniería IL (procedimiento GG-PR-003): debe presentar todos los proyectos, actividades y metas planeados, y forman parte del plan de acción anual de la unidad, alineado con el PEX del proceso funcional ingeniería. El plan de acción de la ingeniería se despliega en planes complementarios, integrados entre sí, y con recursos definidos para su ejecución.

- Conjunto enfocado en la implantación de las inversiones
 - Técnicas de construcción industrializadas: son los procesos donde predomina claramente la utilización de los equipos.
 - Plan de implantación de las inversiones (IA).
 - Plan de elaboración de los estudios técnicos (ET).
 - Plan de elaboración de los estudios preliminares (Ep).
 - Plan de adquisiciones.

- Conjunto enfocado en la mejora de gestión del proceso
 - Ítems de control y metas
 - Plan de mejoras
 - Capacitación del equipo
 - Planeamiento de los recursos

El seguimiento de la ejecución y control del plan de acción de la ingeniería se realiza durante la reunión de la ingeniería.

3.1.1. Definiciones

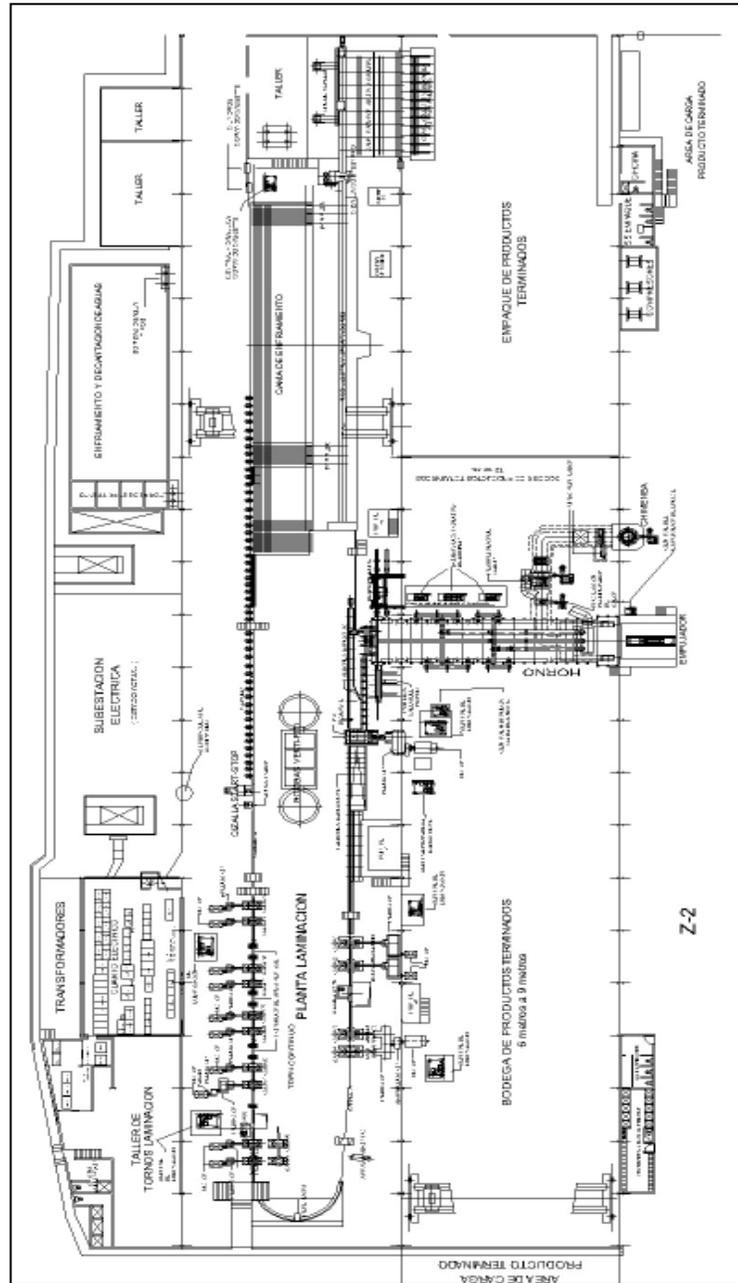
A continuación se presentan aspectos importantes y se describen los conceptos teóricos y conceptuales básicos, en cuanto al tema de interés.

3.1.2. Macroproceso industrial

El proceso de ingeniería forma parte del macroproceso industrial que, incluye, entre otros, el proceso de producción y el proceso de mantenimiento. Algunos tipos de procesos de soporte que contribuyen directamente para las prácticas y actividades del proceso de ingeniería son salud y seguridad laboral, medio ambiente, gestión de personas y desarrollo organizacional, contabilidad, energía, finanzas y relaciones con inversores y jurídico.

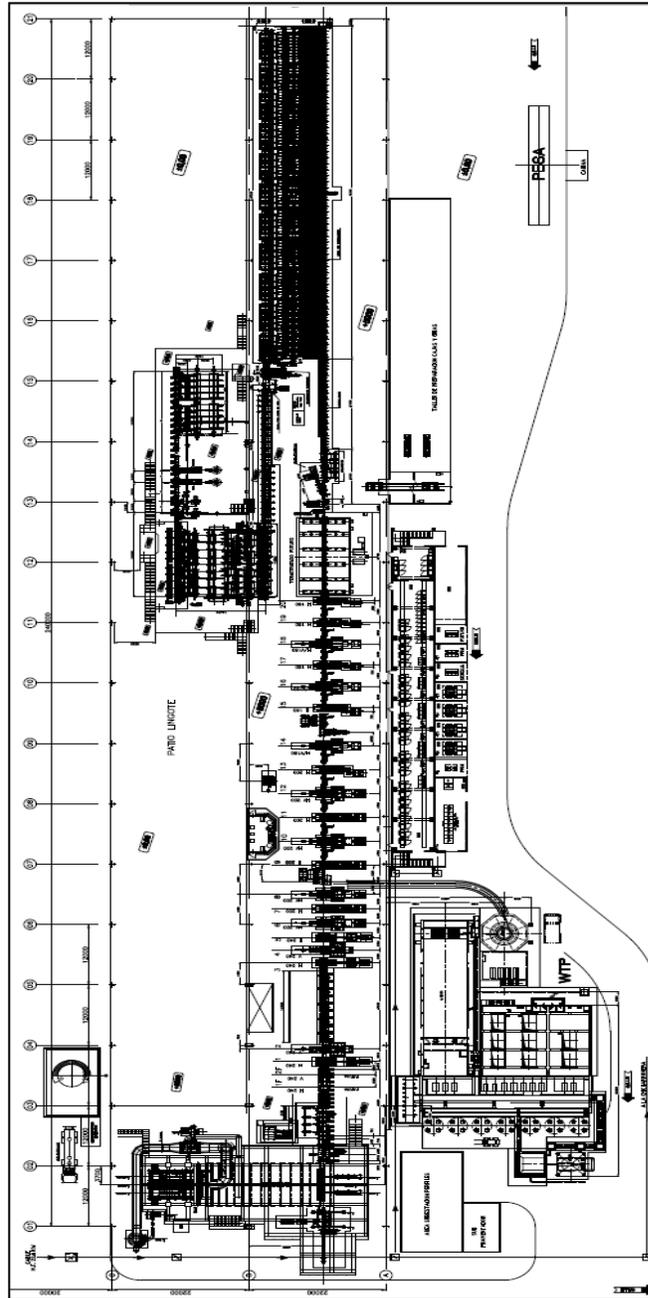
La planificación y programación de obras de construcción consiste en ordenar la realización de todas las actividades que son parte del proceso de construcción; los mecanismos de planificación pueden ser más o menos detallados, más o menos complejos, manuales o computarizados; y pueden estar orientados al control de tiempo, el control de gastos, la distribución de recursos, una combinación de estos.

Figura 9. Planta de laminación de barras Indeta, S. A. (julio 2011)



Fuente: FUENTES, Oscar. *Propuesta de mejoramiento de eficiencia del proceso de laminación de perfiles a través de la disminución de la pérdida metálica para la industria metalmeccánica*. p. 7.

Figura 10. Propuesta planta de perfiles Sidegua (agosto 2011)



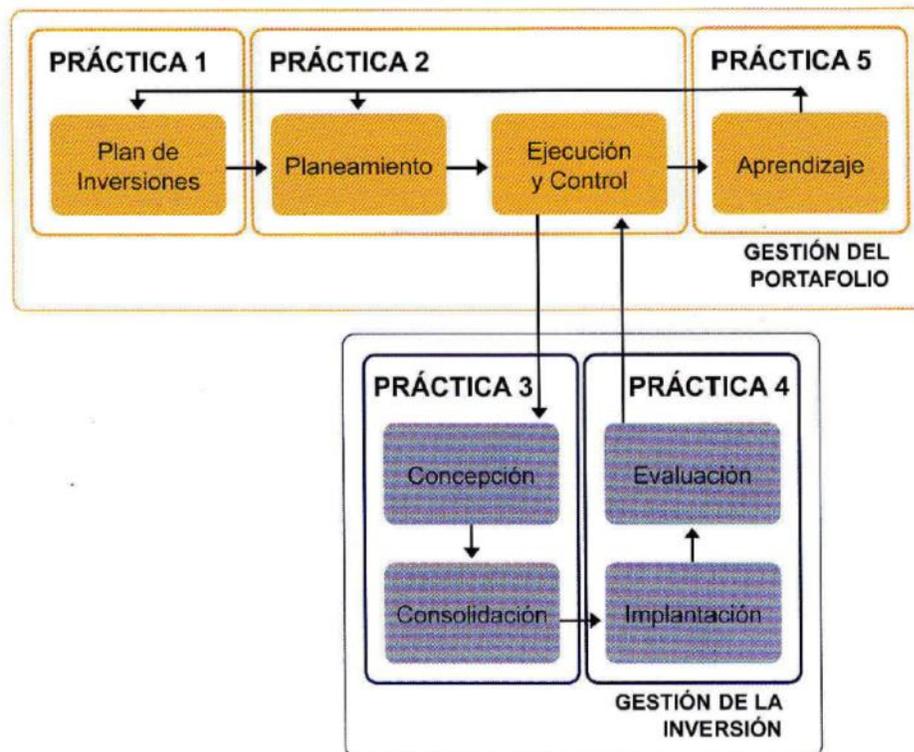
Fuente: FUENTES, Oscar. *Propuesta de mejoramiento de eficiencia del proceso de laminación de perfiles a través de la disminución de la pérdida metálica para la industria metalmeccánica*. p. 7.

3.1.3. Macroflujo del proceso de ingeniería

Consiste en una representación gráfica y didáctica que permite comprender mejor al proceso como un todo, identificar la secuencia de las prácticas, con sus principales entradas y salidas, y las conexiones con los demás procesos.

En el macroflujo del proceso de ingeniería están representadas las 5 prácticas del proceso ingeniería, divididas en dos ciclos PDCA (planear, ejecutar, verificar y accionar) de gestión.

Figura 11. Macroflujo del proceso de ingeniería



Fuente: GBS. *Proceso de ingeniería*. p. 20.

- Gestión del portafolio de la ingeniería (prácticas 1, 2 y 5): se caracteriza por pertenecer al responsable del proceso ingeniería y tener ciclo de vida anual.
- Gestión de la inversión (prácticas 3 y 4): se caracteriza por tener por responsable el coordinador de la inversión y duración variable con el ciclo de vida de la inversión.

3.1.4. Prácticas del proceso de ingeniería

Una práctica es un conjunto de herramientas y técnicas que agregan valor al proceso, interconectado y sucesivo, que utilizan informaciones, materiales e instrucciones para elaborar productos y servicios.

- Práctica 1. Plan de inversiones: trata de la elaboración y aprobación del plan de inversiones y forma parte del PDCA de gestión del portafolio de la ingeniería. Su elaboración ocurre, simultáneamente con otras actividades y documentos, conforme el cronograma del ciclo de planeamiento. Para su elaboración, aprobación, ejecución y control se debe utilizar un procedimiento específico (GG-PR-001-plan de inversiones).
- Práctica 2. Plan de acción de la ingeniería: forma parte del PDCA de gestión del portafolio de la ingeniería e incluye el planeamiento del plan de acción, el seguimiento de la ejecución y control del plan de acción de la ingeniería. Debe contener todos los proyectos aprobados para el ciclo siguiente, conforme con un procedimiento específico (GG-PR-003-plan de acción de la ingeniería).

- Práctica 3. Concepción y consolidación: forma parte del PDCA de gestión de la inversión y trata sobre la concepción, aprobación y consolidación de la inversión con elaboración del estudio preliminar (EP) y del estudio técnico (ET). Se debe utilizar procedimientos específicos (GG-PR-501–estudio técnico (ET)).
- Práctica 4. Implantación y evaluación: forma parte del PDCA de gestión de la inversión, trata sobre el planeamiento, ejecución, control, evaluación y término de la inversión. Se debe utilizar procedimientos específicos (GG-PR-508–plan de implantación).
- Práctica 5. Aprendizaje: forma parte del PDCA de gestión del portafolio de la ingeniería, trata de la gestión de la rutina (previsibilidad de los resultados), de la mejora (acciones para mejoras del proceso) y del aprendizaje. Se debe utilizar procedimientos específicos (GG-PR-515 – plan del aprendizaje).

El PDCA es el método utilizado para la gestión de la rutina, de las mejoras y de la innovación. La gestión de los procesos de negocios utiliza el ciclo del PDCA en todos los niveles y horizontes de tiempo, con empleo diferenciado de la rutina, mejoras e innovación.

Figura 12. **Ciclo PDCA**



Fuente: *Organizaciones inteligentes GERDAU – SIDERPERU*. <http://www.monografias.com/trabajos93/organizaciones-inteligentes/organizaciones-inteligentes.shtml>. Consulta: julio de 2015.

3.1.5. Ítems de control

Los ítems de control (lcs) del proceso de ingeniería definen los indicadores utilizados para medir los resultados, controlar el alcance de las metas planeadas y comparar el proceso con otras referencias y *benchmarks*.

Tabla II. Tipos de ítem de control

Nº	ÍTEM DE CONTROL	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Desvío de Presupuesto - IAs Cerrados	%	Mide el desvío del presupuesto, comparando los valores realizados con los aprobados. La periodicidad es mensual y considera las inversiones cerradas los 12 meses anteriores.
2	Desvío de Plazo de Inicio de Operación - IAs Cerrados	%	Mide el desvío de plazo, comparando las duraciones entre fechas de aprobación e inicio de operación realizadas con las duraciones aprobadas. La periodicidad es mensual y considera las inversiones cerradas los 12 meses anteriores.
2	Cumplimiento del Plan de Inversiones	%	Mide la atención al Plan de Inversiones aprobado, comparando las inversiones efectivamente aprobadas con las planeadas. La periodicidad es mensual y considera todas las inversiones aprobadas desde el inicio del año hasta la fecha de la evaluación.

Fuente: GBS. *Proceso de ingeniería*. p. 25.

3.1.6. Ítems de verificación

Son documentos utilizados durante los *assessments* para medir la adherencia de las prácticas de una operación de negocios o unidad industrial con las prácticas estandarizadas por el proceso de ingeniería. Para evaluar cada práctica, están definidos 5 niveles de graduación (corresponden a una evaluación entre 0 y 4) que reflejan la madurez de su implantación. También define qué evidencias (productos y servicios) comprueban la ejecución de las prácticas y deberán ser presentadas durante la ejecución de los *assessments*.

3.2. Antecedentes

La historia moderna está relacionada íntimamente con la historia de la ciencia, pues el descubrimiento de nuevos conocimientos ha permitido crear nuevas cosas y, recíprocamente, se han podido realizar nuevos descubrimientos científicos gracias al desarrollo de nuevas tecnologías, que han extendido las posibilidades de experimentación y adquisición del conocimiento.

En la actualidad, el mercado y la competencia en general hacen que deban producirse nuevas tecnologías continuamente (tecnología de punta), ayudados muchas veces por la gran transferencia de tecnología mundial. También existe una tendencia a la miniaturización de los dispositivos tecnológicos

3.2.1. Evolución de la tecnología de gestión

Los sistemas de administración y gestión vienen desarrollándose desde hace varios años, siempre con el objetivo de mejorar los resultados de la empresa mediante avances en los métodos de gestión. A disposición del director de un proyecto existe una gran variedad de herramientas informáticas para efectuar la planificación, control y seguimiento de un proyecto.

En la industria siderúrgica, desde la década de los 80 se ha incorporado en la gestión los conceptos y herramientas de calidad total, los que han desempeñado un rol fundamental en la obtención de resultados positivos. Sin embargo, en 1990 se implementaron cambios con el objetivo de implantar el método de gestión con enfoque en el operador, donde cada operador es responsable por la gestión de su proceso.

En los primeros años del siglo XXI, se implementó la metodología seis sigma y el sistema de seguridad total, finalmente, en el 2002 se creó el GBS (*gerdau business system*) que consolida y transfiere las mejores prácticas entre las operaciones, mediante procesos estandarizados.

3.3. Elaboración de la hipótesis

Toda hipótesis constituye un juicio, es decir, una afirmación o una negación de algo, sin embargo, es un juicio de carácter especial. Es realmente un juicio científico, técnico o ideológico en cuanto a su origen o esencia. Por lo tanto, toda hipótesis lleva implícito un valor, un significado o una solución específica al problema. Esta es la variable, es decir, el valor que se le da a la hipótesis, el contenido de solución que se le da al problema de investigación.

Una hipótesis es una proposición de carácter afirmativo enunciada para responder tentativamente a un problema. Se plantea con el fin de explicar hechos o fenómenos que caracterizan o identifican al objeto de conocimiento.

- Hipótesis de primer grado: describe hechos o situaciones del objeto de conocimiento, los cuales, aunque son conocidos por el saber popular, pueden ser sometidos a comprobación.
- Hipótesis de segundo grado: establecen una relación causa–efecto (si X entonces Y). Esta afirmación se demuestra y verifica por su vinculación con un modelo teórico.
- Hipótesis de tercer grado: se afirma la presencia de relaciones existentes entre variables complejas. Sugiere explicaciones entre fenómenos de mayor extensión.
- Hipótesis nula: aquella por la cual se indica que la información a obtener es contraria a la hipótesis de trabajo.

3.3.1. Hechos o situaciones del proyecto

El Departamento de Tecnología de Gestión de la empresa es responsable por la implementación y gestión de los conceptos, métodos y herramientas de análisis participativo, que se usan para identificar los problemas principales, permitiendo a los planificadores definir objetivos claros y prácticos.

3.3.2. Relación causa

Con el estudio preliminar (EP) se establece el problema que el proyecto pretende solucionar; expresado en necesidades insatisfechas u oportunidades no aprovechadas.

Una vez definido el problema, se procederá a identificar las causas directas e indirectas que lo generan, eliminándose aquellas que estén fuera del alcance del proyecto.

3.3.3. Relación efecto

El efecto son todos aquellos sucesos que se derivan del problema y permanecerán en caso de no ejecutarse el proyecto. En forma similar, se tiene que identificar los efectos directos e indirectos, según su relación con el problema.

3.3.4. Relación objetivo

Luego de definir la relación causa y la relación efecto, se resume en forma consistente y lógica lo que el proyecto se propone.

Las posibilidades de modificación de la planta de laminación barras y perfiles nace de las limitaciones del terreno, ya que debido a las restricciones de espacio no es posible aumentar la capacidad instalada de la planta, dificultando la movilidad de vehículos de transporte de materia prima y producto terminado, así como de los montacargas para los servicios del proceso. La energía de recalentamiento está por encima del valor más alto de los indicadores a nivel internacional, debido a la antigüedad de la maquinaria, lo que limita alcanzar un desempeño a nivel mundial.

3.4. Identificación de las variables

Toda hipótesis lleva implícito un valor, un significado, una solución específica al problema, esta es la variable, es decir, el valor que se le da a la hipótesis. La variable es el contenido de solución que se le da al problema de investigación.

3.4.1. Variable independiente

Representa el valor de verdad que se le da a una hipótesis en relación con la causa.

3.4.2. Variable dependiente

Se denomina de esta manera a la hipótesis cuando su valor de verdad no hace referencia a la causa, sino al efecto.

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Estudio preliminar de la inversión (EP)

El estudio preliminar de la inversión (procedimiento GG-PR-012) debe ser elaborado para identificar y categorizar las oportunidades de nuevas inversiones para la elaboración del plan de inversiones.

El EP debe presentar los datos de la inversión y de las entregas de ingeniería que garanticen la calidad y la confiabilidad de las informaciones que serán utilizadas para la elaboración del plan de inversiones, permitiendo alinear las prioridades con los direccionamientos estratégicos y aumentar el desempeño del portafolio.

El estudio preliminar de la inversión debe elaborarse conforme a los plazos y recursos planeados en el plan de elaboración de los estudios preliminares (EPS), que forma parte del plan de acción de la ingeniería. El EP también es el documento utilizado para aprobar una inversión transitoria (IT), siempre que sea necesario asignar recursos de presupuesto para elaborar estudios y proyectos básicos, para preparar el estudio técnico final y la PAI de una inversión que será presentada para aprobación; tal como se indica en la figura 13.

Figura 13. Estudio preliminar de una inversión

EMPRESA		NÚMERO	REVISIÓN		
EP - ESTUDIO PRELIMINAR					
ÁREA	SUBÁREA	TÍTULO			
Acería	Fusión	Inyección de Gases			
IT - INVERSIÓN TRANSITORIA		PREVISTA PARA LA INVERSIÓN			
PRESU. (mil US\$)	PLAZO (meses)	PRESU. (mil US\$)	PLAZO (meses)	RETORNO VPN (mil US\$)	CLASIF.
60	6	940	12	1234	COSTO
OBJETIVO ESCOPO PRESUPUESTO CRONOGRAMA BENEFICIOS CUANTIFICABLES COMENTARIOS: Ítems de Control Seguridad Medio Ambiente Tecnología Observaciones					
APROBACIONES					
INGENIERÍA	UNIDAD OPERACIONAL	OPERACIÓN DE NEGOCIOS	COMITÉ EJECUTIVO		

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 63.

La inversión transitoria se destina exclusivamente para gastos como proyectos, viajes, servicios y consultorías previstos para la inversión en estudio. Los gastos de los IT deben ser transferidos para el respectivo IA (inmovilización en marcha) después de su aprobación o al centro de costo correspondiente, en caso de no aprobación del IA.

Los aspectos legales deben cumplirse de acuerdo con la Constitución de la República de Guatemala, normativa de la Cámara de Comercio e Industria del país, Superintendencia de Administración Tributaria, Ministerio de Economía en el área de Registro Mercantil, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales e Instituto de Seguridad Social.

4.2. Estudio técnico de la inversión (ET)

El estudio técnico de la inversión (procedimiento GG-PR-501) es el documento que se utiliza para el análisis de la viabilidad técnico económica de una inversión y se utiliza juntamente con la propuesta de aprobación (PAI) para su formalización.

El ET debe elaborarse a partir del estudio preliminar (EP) de la inversión, utilizando el formulario estandarizado. Su nivel de detalle debe estar en conformidad con la complejidad y la importancia de la inversión, tal como se indica en la figura 14.

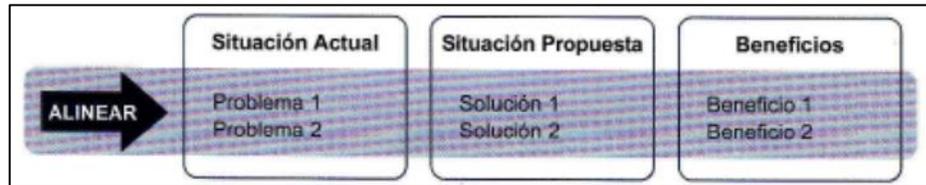
Figura 14. **Formato de informe técnico**

ESTUDIO TÉCNICO		UNIDAD	CÓDIGO			
ÁREA	TÍTULO					
<ol style="list-style-type: none"> 1. OBJETIVO 2. SITUACIÓN ACTUAL 3. SITUACIÓN PROPUESTA <ul style="list-style-type: none"> • ALCANCE • PREMISAS Y RESTRICCIONES • EXCLUSIONES • PLAN DE ADQUISICIONES 4. PRESUPUESTO 5. CRONOGRAMA 6. BENEFICIOS <ul style="list-style-type: none"> • DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN • CLASIFICACIÓN 7. RETORNO DE LAS INVERSIONES 8. ANÁLISIS DE RIESGOS 9. ÍTEMS DE CONTROL 10. EQUIPO DE LA INVERSIÓN 11. ANEXOS 						
APROBACIONES						
COORDINADOR	SEGURIDAD	MEDIO AMBIENTE	MANTENIMIENTO	SUMINISTROS	GESTOR DEL ÁREA	

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 65.

El ET debe ser aprobado por el equipo responsable de la inversión, por los procesos de seguridad, medio ambiente, mantenimiento, suministros y por el área donde se implantará. Debe garantizar que los problemas identificados en la situación actual, las soluciones definidas para la situación propuesta y los beneficios de la implantación de la solución estén alineados.

Figura 15. **Soluciones y beneficios en la situación**

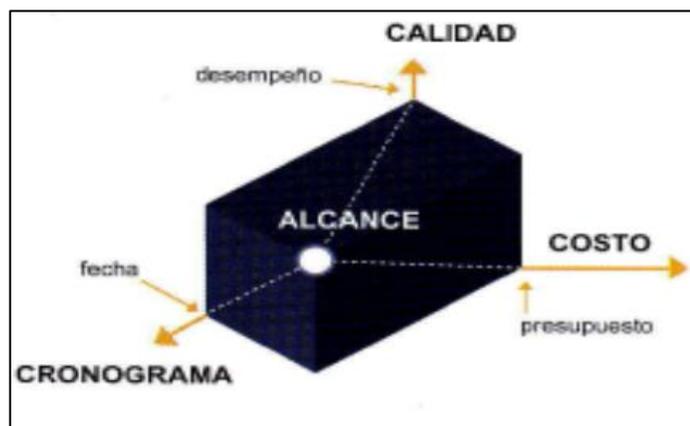


Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 65.

Se debe realizar el balance entre las demandas concurrentes de alcance, presupuesto, cronograma y calidad, pues cualquier alteración en una de ellas altera las restantes.

El ET debe ser consolidado luego de la aprobación de la inversión, en caso de alteraciones relevantes de alcance, presupuesto o cronograma se debe revisar el ET y elaborar la PAI-C para nueva aprobación.

Figura 16. **Balance entre las demandas concurrentes de alcance, presupuesto, cronograma y calidad**



Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 66.

4.2.1. Propuesta autorización de la inversión (PAI)

La propuesta autorización de la inversión (procedimiento GG-PR-502) es uno de los documentos utilizados para presentar la inversión para aprobación y debe contener el resumen de los datos técnicos y económicos del estudio técnico (ET). Su aprobación debe ser formalizada y documentada mediante firmas de los responsables hasta el mayor nivel definido en la directriz niveles, tal como se indica en la figura 17.

Figura 17. Formato de propuesta autorización de la inversión (PAI)

EMPRESA		NÚMERO	REVISIÓN
PAI –PROPUESTA / AUTORIZACIÓN DE INVERSIÓN			
ÁREA	SUBÁREA	TÍTULO	
Acería	Fusión	Inyección de Gases	
PRESU- PUESTO	PLAZO	RETORNO	CLASIFI- CACIÓN
US\$ 940 MIL	12 MESES	PAYBACK = 45 MESES TIR = 28% a.a. VPN = 1434 MIL US\$	COSTO
OBJETIVO ALCANCE PRESUPUESTO CRONOGRAMA BENEFICIOS CUANTIFICABLES COMENTARIOS: Ítems de Control Seguridad Medio Ambiente Tecnología Observaciones			
APROBACIONES			
INGENIERÍA	UNIDAD OPERACIONAL	OPERACIÓN DE NEGOCIOS	COMITÉ EJECUTIVO

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 65.

La PAI aprobada establece la referencia para el cálculo de los indicadores de presupuesto, plazos y retorno, define el alcance, presupuesto y cronograma, y libera la inversión para implantación.

En la propuesta autorización de inversión consolidada (PAI-C) la inversión debe ser consolidada luego de la aprobación de la PAI (procedimiento GG-PR-502), antes de hacer efectivos los principales contratos. Se debe elaborar cuando haya alteraciones relevantes de alcance, presupuesto o cronograma aprobados en la PAI. Su aprobación debe ser formalizada y documentada mediante firmas de los responsables hasta el mayor nivel definido en la directriz niveles.

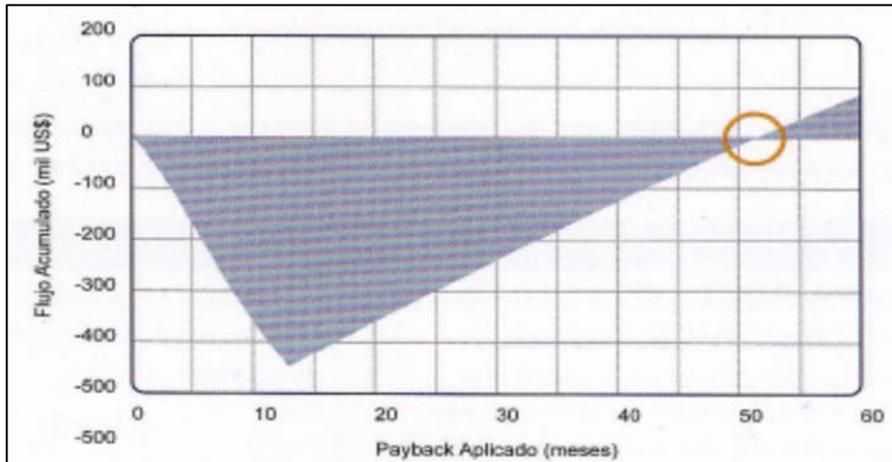
La PAI-C aprobada define nuevos valores de alcance, presupuesto y plazos de conclusión e inicio de operación y establece una nueva referencia para los indicadores de presupuesto, plazos y retorno; la fecha de aprobación de la inversión permanece siendo la de la aprobación de la PAI original. La PAI-C aprobada es el documento que libera la inversión para las contrataciones de equipos, materiales, obras civiles y montajes,

Para analizar la rentabilidad del proyecto se utilizaron los siguientes indicadores.

4.2.1.1. *Payback*

Es el período transcurrido desde el inicio de la inversión hasta el momento en que el valor presente acumulado de las entradas sea igual al valor presente acumulado de las salidas. El *payback* es una indicación del nivel de riesgo de la inversión.

Figura 18. **Determinación del *payback* aplicado**



Fuente: GBS. *Gestión del portafolio*. p. 44.

4.2.1.2. TIR

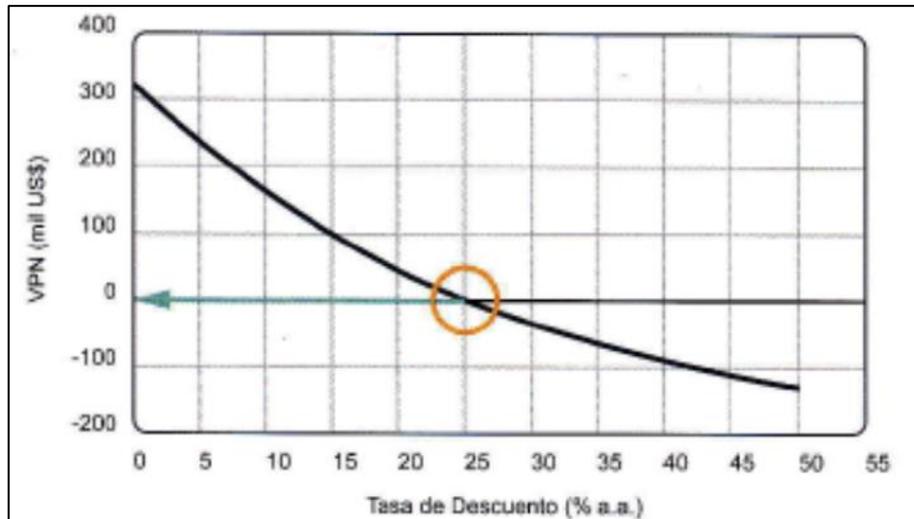
La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) es una herramienta de toma de decisiones de inversión, utilizada para conocer la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Es la tasa de descuento que pone en cero el valor presente neto (VPN).

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) es un indicador de rentabilidad e indica el margen de seguridad que la inversión ofrece al inversor; a mayor TIR, mayor rentabilidad. El criterio general para saber si es conveniente realizar el proyecto es el siguiente:

- Si $TIR \geq r$, se aceptará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (r = costo de oportunidad).

- Si $TIR \leq r$, se rechazará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

Figura 19. **Ejemplo de determinación de la tasa interna de retorno**



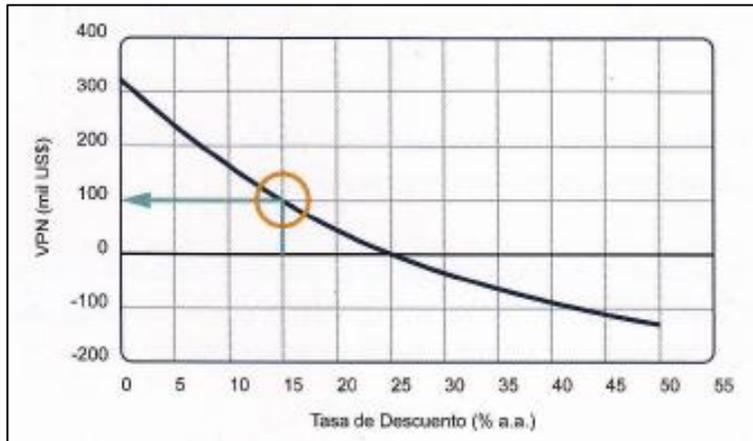
Fuente: GBS. *Gestión del portafolio*. p. 45.

4.2.1.3. VPN

Valor acumulado de las cuotas de salidas y entradas durante el período de análisis del flujo de caja, traídas a valor presente. El VPN informa el valor del capital que retorna, según la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Figura 20. **Ejemplo de la determinación del valor presente neto**



Fuente: GBS. *Gestión del portafolio*. p. 44.

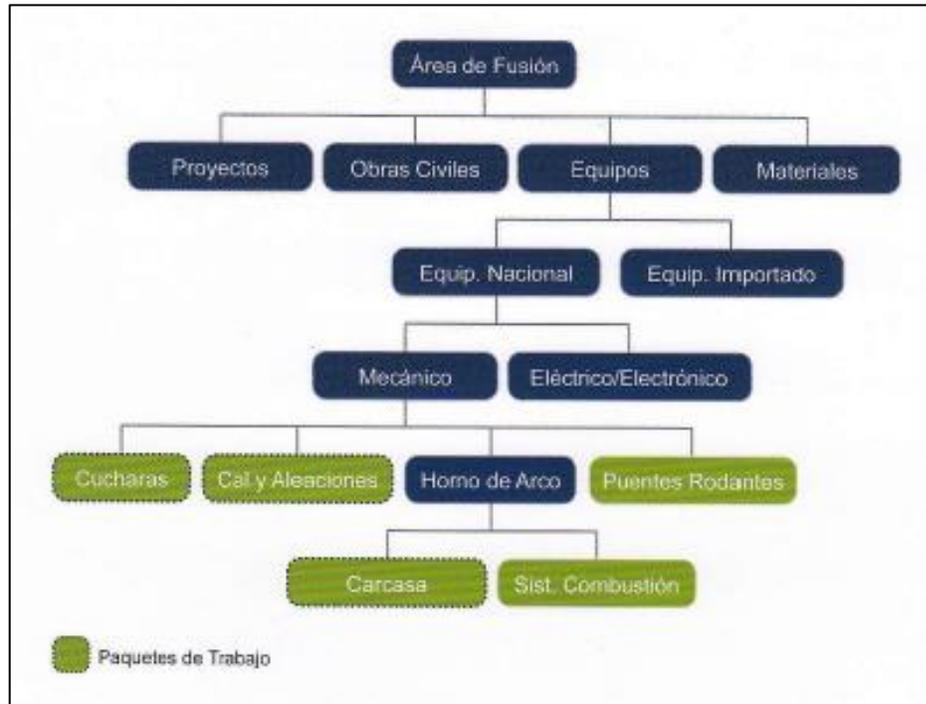
4.3. Estructura de desglose de trabajo (EDT)

La EDT (procedimiento GG-PR-503), o *work breakdown structure* (WBS), es una herramienta de descomposición jerárquica del alcance, con el objetivo de orientar, ordenar y definir las entregas del trabajo total que será ejecutado.

La estructura de desglose de trabajo ordena el alcance total y subdivide las entregas de la inversión, con el objetivo de mejorar la estimativa de costo, duración y recursos, facilitar el seguimiento del progreso físico y asignar responsabilidades, hasta el nivel de los paquetes de trabajo.

Puede variar dependiendo del grado de complejidad de los proyectos. Con esta estructura se pretende desglosar los entregables hasta un nivel que permita controlar y llegar a los paquetes de trabajo. La idea es que cada paquete de trabajo pueda ser asignado, programado, estimado su costo y seguido o controlado como corresponde; tal como se indica en la figura 21.

Figura 21. Estructura del desglose de trabajo del proyecto



Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 69.

La EDT debe ser elaborada utilizando los elementos del plan de estructura del proyecto (PEP) estandarizados.

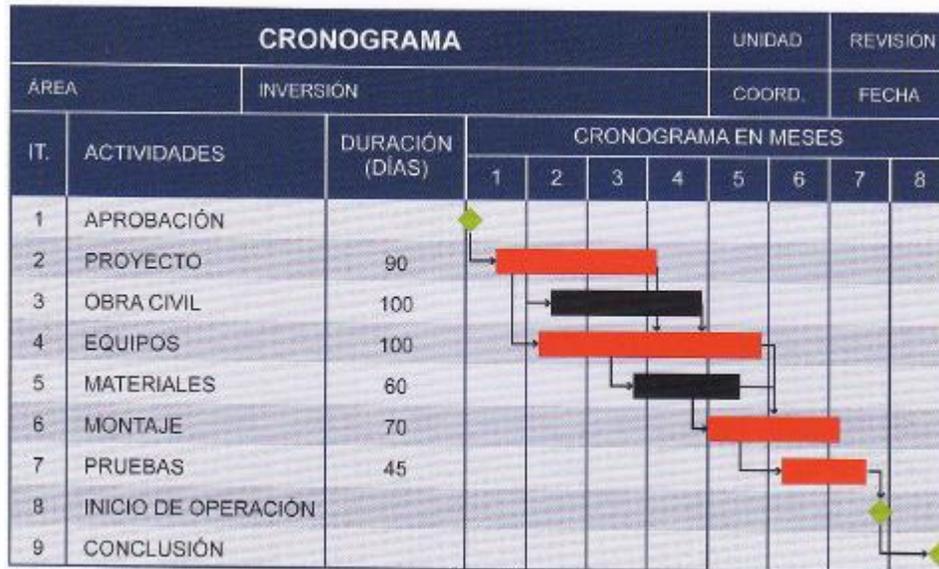
4.4. Cronograma

El cronograma (procedimiento GG-PR-504) establece los plazos para ejecución de la inversión y ordena las actividades para la entrega de los paquetes de trabajo del alcance que demandan tiempo, respecto al calendario y a los recursos definidos; debe elaborarse observando, como mínimo, las etapas siguientes:

- Identificar las actividades que deben realizarse para producir los paquetes de trabajo de la EDT.
- Establecer las relaciones de dependencia de inicio y término entre las actividades, sus predecesoras y sucesoras.
- Estimar tipo y cantidades de recursos disponibles y cuándo serán necesarios para cada actividad.
- Definir el responsable para cada actividad y paquete de trabajo.
- Estimar la duración de las actividades utilizando propuestas preliminares de proveedores, estimativas por analogía de actividades similares, estimativas paramétricas basadas en datos históricos y *benchmarking* de duraciones practicadas en el mercado.
- Utilizar la aplicación específica, siempre verificando la subasignación y sobreasignación de recursos (nivelación), el camino crítico, las actividades con desahogo y la duración total del cronograma.

El cronograma final debe presentar los marcos de referencia para finales de actividades clave, conclusión de etapas, eventos contractuales y de toma de decisiones, más la línea de base aprobada, con las fechas de inicio y término de cada actividad, para seguimiento de lo previsto y realizado, tal como se indica en la figura 22.

Figura 22. Formato del cronograma



Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 71.

4.5. Presupuesto

Reúne toda la información referente a los costos y otros egresos del proyecto, así como todos los ingresos y las respectivas fuentes de financiamiento, para estimar la viabilidad financiera, tratando de no descuidar ningún aspecto y mantener una confiabilidad aceptable de todos los datos.

El presupuesto (procedimiento GG-PR-505) establece el costo de los recursos utilizados para la ejecución de todas las actividades definidas en la elaboración del cronograma, para la entrega de los paquetes de trabajo del alcance. El presupuesto debe elaborarse observando las etapas siguientes:

- Identificar los costos de las actividades previstas para producir las entregas de los productos, servicios y resultados de la inversión.
- Estimar los costos de las actividades utilizando propuestas preliminares de proveedores para las principales adquisiciones, elaborar estimativas por analogía basada en costos reales de inversiones anteriores similares, estimativas paramétricas basadas en datos históricos y *benchmarking* de costos practicados en el mercado.
- Definir el responsable de la actividad o paquete de trabajo, quien también es responsable de su costo.
- Desarrollo del presupuesto
 - Presentar, como mínimo, la descripción de las actividades, cantidad del recurso consumido, unidad de medición y costo unitario.
 - Siempre se debe informar la referencia del origen del precio utilizado para estimar el ítem presupuestario.
 - Se deben confirmar los impuestos, alícuotas y aranceles que inciden sobre los ítems del presupuesto, costos con transporte y almacenamiento y los índices de conversión de las monedas utilizadas.

El presupuesto final debe presentar el costo previsto para cada actividad, paquete de trabajo y presupuesto total, para seguimiento de lo previsto y realizado; tal como se indica en la tabla III.

Tabla III. **Formato del presupuesto**

PRESUPUESTO								UNIDAD	REVISIÓN
ÁREA		INVERSIÓN						COORD.	FECHA
IT.	ACTIVIDADES	CANT.	UNID.	COSTO UNIT.	PRECIO FOB	OTROS	PRECIO TOTAL	ORIGEN	RESP.
	PRESUPUESTO TOTAL						1.552.550		
P	PROYECTOS						45.550		
P.2	Mecánico	250	Hh	80	20.000	1.000	21.000	Propuesta	José
P.3	Eléctrico/Electrónico	1	Conj.	15.000	15.000	750	15.750	Estimativa	Luis
P.4	Proyecto Civil	120	Hh	70	8.400	400	8.800	Propuesta	Alberto
C	CIVIL						435.000		
C.1	Edificios	150	m2	800	120.000	10.000	130.000	Histórico	Alberto
C.2	Bases	400	m3	700	280.000	25.000	305.000	Histórico	Alberto
E	EQUIPOS	1	Conj.	500.000	600.000	120.000	720.000	Propuesta	José
I	MATERIALES	1	Conj.	180.000	180.000	12.000	192.000	Estimativa	Pedro
M	MONTAJE	10.000	Hh	15	150.000	10.000	160.000	Propuesta	Pedro

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 72.

4.6. Matriz de responsabilidades

La matriz de responsabilidades (procedimiento GG-PR-506) describe claramente a los encargados e identifica sus competencias y obligaciones, a modo de garantizar la integración de la coordinación de la inversión para asegurar que cada elemento de la estructura de desglose del trabajo (EDT) tenga un responsable definido, tal como se indica en la tabla IV.

Tabla IV. **Formato de la matriz de responsabilidades**

MATRIZ DE RESPONSABILIDADES						UNIDAD	REVISIÓN
ÁREA	INVERSIÓN				FECHA		
PAQUETE DE TRABAJO	Coordinador de Proyectos	Coordinador de Disciplinas			Coordinador Montajes	Diseñador	
		Mecánica	Eléctrica	Civil		Mecánica	Eléctrica
	José	Pedro	Carlos	Luis	Roberto	Jorge	Mario
CUCCHARAS	A	R	C	C	C	C	I
CAL Y ALEACIONES	A	R	C	C	C	C	I
HORNO	A	C	R	C	C	I	C
CARCASA	A	C	R	C	C	I	C
SIST. DE COMBUSTIÓN	A	C	R	C	C	I	C
PUNTES RODANTES	A	C	C	R	C	C	C

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 74.

La matriz de responsabilidades debe elaborarse cruzando la lista de los paquetes de trabajo de la EDT con la estructura organizacional del equipo. Las responsabilidades de los participantes del equipo deben definirse nominalmente para cada actividad o paquete de trabajo.

La descripción de las responsabilidades de la matriz debe utilizar una matriz de tipo RACI, tal como se indica en la tabla V.

Tabla V. **Descripción de responsabilidades, matriz RACI**

R	Responsable	Es el responsable de la ejecución
A	Aprobador	Es el aprobador final
C	Consultado	A quien se debe consultar antes de la toma de decisiones
I	Informado	A quien se debe mantener informado de las decisiones tomadas.

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 74.

4.7. Gestión de riesgos

Los riesgos son definidos como eventos futuros e inciertos que tienen la probabilidad de ocurrir y que impactan sobre los objetivos (alcance, presupuesto, plazos y calidad) de la inversión, con efectos positivos o negativos.

La gestión de los riesgos (procedimiento GG-PR-507) es un proceso preventivo y trata de establecer respuestas antes de que el evento ocurra, a diferencia de la gestión de crisis y de la solución de problemas, que son correctivas y actúan sobre desvíos que ya ocurrieron.

El análisis cualitativo debe realizarse correlacionando valores de probabilidad con el impacto de la ocurrencia del riesgo, utilizando la matriz de graduación de los riesgos, tal como se indica en la tabla VI.

Tabla VI. **Matriz de graduación de los riesgos**

MATRIZ DE GRADUACIÓN DE LOS RIESGOS		IMPACTO		
		Bajo	Medio	Alto
PROBABILIDAD	Alta	Medio	Alto	Alto
	Media	Bajo	Medio	Alto
	Baja	Bajo	Bajo	Medio

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 75

Se debe elaborar el plan de riesgos para aquellos que deberán ser monitoreados y controlados durante la implantación de la inversión y se debe aprobarlo como complemento del estudio técnico y del plan de implantación de la inversión, tal como se indica en la tabla VII.

Tabla VII. **Formato del plan de riesgos**

PLAN DE RIESGOS								UNIDAD	REVISIÓN
ÁREA			INVERSIÓN				FECHA		
IDENTIFICACIÓN			CUALIFICACIÓN			CUANTIFICACIÓN		CUANTIFICACIÓN	
IT.	RIESGO	CAUSA	PROBABILIDAD	IMPACTO	GRADUACIÓN DEL RIESGO	PRESUPUESTO	PLAZOS	ACCIÓN	RESP.
1	Revisión de la Especificación	Resultados de las pruebas	Media	Alto	Alto	100 kUSD	Retardo INOP en 1 mes	Revisar el desglose	Pedro
2									
3									
4									

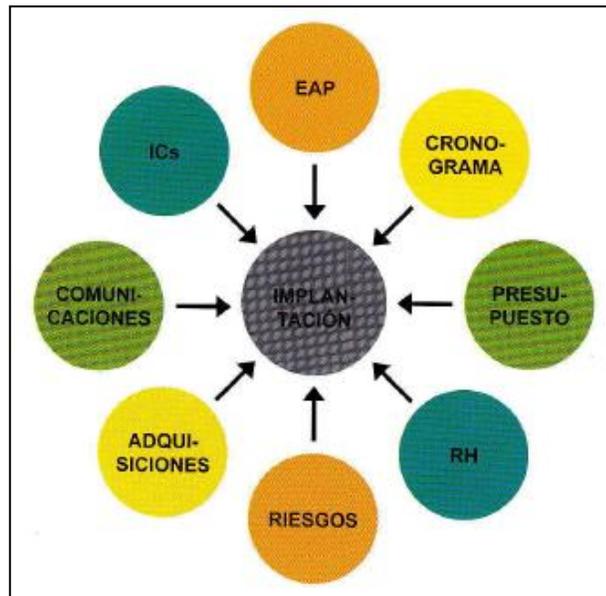
Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 76.

Es necesario definir las acciones de respuesta a los riesgos con graduación alta y media, para aumentar las oportunidades, reducir las amenazas durante la implantación y establecer los responsables del monitoreo. El plan de riesgos debe ser periódicamente analizado y los desvíos de los riesgos que impacten sobre alcance, presupuesto, plazos y calidad aprobados deben ser incorporados al plan de ejecución de la inversión.

4.8. Implantación de la inversión

El plan de implantación de la inversión (procedimiento GG-PR-508) define y documenta el planeamiento para ejecución, control y conclusión de las actividades técnicas y de gestión necesarias para alcanzar los objetivos aprobados de la inversión, tal como se indica en la figura 23.

Figura 23. Plan de implantación



Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 76.

El plan de implantación de la inversión debe alcanzar a todas las áreas de conocimiento de la gestión de proyectos y utiliza, como referencia, el estudio técnico (ET) aprobado y consolidado.

Forman parte del plan de implantación los siguientes planes complementarios, detallados hasta el nivel de actividades ejecutivas:

- Estructura de desglose de trabajo
- Cronograma
- Presupuesto
- Matriz de responsabilidades
- Plan de riesgos
- Plan de adquisiciones
- Especificaciones técnicas
- Plan de comunicación

Durante el período de implantación de la inversión, el seguimiento de la ejecución debe realizarse en la reunión de coordinación de la inversión. Debe emitirse el informe de progreso y divulgado entre los interesados.

En caso de desvíos respecto a los objetivos de alcance, presupuesto y plazos del plan de implantación, se debe elaborar la solicitud de cambio (SC) y, en caso que los impactos del cambio sobrepasen los límites previstos en la directriz DC 08, deberá emitirse el requerimiento de alteración en la inversión (RAI).

Se debe realizar el aprendizaje de los cambios ocurridos, con el análisis de los hechos y causas de los cambios como lecciones aprendidas para mejora del proceso.

La ingeniería debe realizar la conclusión técnica, luego de que estén terminadas todas las actividades y entregas previstas en el plan de implantación e iniciada la operación (INop) con la generación de los beneficios previstos.

Se debe elaborar la evaluación de la implantación de la inversión (AVI) para documentar la aceptación formal de que los requisitos del cliente, las especificaciones y los resultados alcanzados, y autorizar el cierre administrativo de la inversión. Además, realizar la reunión de evaluación con la participación del equipo responsable y de las áreas y procesos de la unidad implicados en la implantación.

El ciclo de vida de la inversión debe ser determinado con la evaluación del alcance de los beneficios buscados, la elaboración de la evaluación del retorno / desempeño de la inversión (Apl) y divulgación de los resultados de la evaluación, conforme la directriz DC-08.

4.8.1. Reunión de coordinación

La agenda de la reunión de coordinación (procedimiento GG-PR-508) debe acercarse a todos los temas que puedan impactar en los objetivos y en el desempeño de la implantación de la inversión, tal como se indica en la figura 24.

La reunión de coordinación de la inversión debe realizarse con la participación del equipo responsable y de los representantes de otras áreas y procesos, conforme con lo planeado en el plan de comunicaciones.

Figura 24. **Formato de la agenda de reunión de coordinación**

AGENDA DE LA REUNIÓN DE COORDINACIÓN
1. Analizar los resultados de Seguridad de la inversión.
2. Revisar los pendientes de las reuniones anteriores.
3. Acciones de la Evaluación de Seguridad, Medio Ambiente y Mantenimiento (ASMM).
4. Verificar la situación del alcance, comparando lo previsto con lo realizado.
5. Controlar el cronograma de las actividades de la línea base del cronograma.
6. Controlar el presupuesto planeado y medir los indicadores de progreso.
7. Garantizar la ejecución conforme con los estándares de calidad planeados.
8. Verificar los recursos planeados y realizados y el Plan de Entrenamiento.
9. Controlar el plan de comunicaciones.
10. Monitorear los riesgos residuales e identificar nuevos riesgos.
11. Analizar el Plan de Adquisiciones y el desempeño de los proveedores.
12. Analizar los desvíos del Plan de Implantación.
13. Analizar los ítems de control de la implantación y realizar los ajustes de los desvíos.
14. Actividades de rutina (5S, patios de obras, desecho de residuos, etc.);

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 79.

5. EVALUACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO

5.1. Informe de progreso

El informe de progreso (procedimiento GG-PR-508) es uno de los principales documentos de comunicación de la inversión, debe presentar el resumen de las informaciones del progreso y desempeño de la implantación.

Los datos del avance físico son representados por curvas de recursos acumulados tipo S lineal, calculadas por el porcentual del avance en cada período, ponderado por el costo de cada actividad, con las definiciones siguientes:

- Porcentaje de avance planeado: informa el índice de avance acumulado de todas las actividades planeadas hasta la conclusión (100 %) del alcance.
- Porcentaje de progreso real: calcula el avance basado en las actividades que ya están total o parcialmente realizadas hasta la fecha de la verificación.
- Porcentaje de progreso previsto: informa la mejor estimativa revisada para el avance físico planeado, con los datos actualizados en la fecha de la verificación.

Los datos de presupuesto son representados por el porcentaje de pago y presupuesto comprometido, acumulados hasta la fecha de la verificación y representados por columnas, formando una curva tipo S, superpuesta a la curva de avance físico, tal como se indica en la figura 25.

Figura 25. **Formato del informe de progreso de la inversión**



Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 81.

Para indicar que la inversión está alcanzando el desempeño aprobado, la gráfica debe informar que:

- Las curvas del porcentaje de progreso real y previsto acompañen a la curva del porcentaje de progreso planeado.

- La columna del porcentaje de presupuesto pagado, en la fecha de la verificación, sea equivalente al porcentaje de progreso real y no presente anticipaciones de pagos significativos.

5.1.1. Especificación técnica de equipo

Es el documento (procedimiento GG-PR-509) que especifica las características técnicas del equipo o del servicio y se debe elaborar con la participación de las áreas involucradas.

La especificación técnica es el documento de referencia para elaborar la ecualización de las propuestas técnicas y la matriz multicriterial. Después de la contratación del suministro, la especificación técnica integra el contrato y establece los requisitos mínimos de conformidad y de aceptación técnica. Se deben utilizar los formularios específicos para la elaboración de la Especificación Técnica de Equipos, tal como se indica en la figura 26.

Figura 26. **Formato de la especificación técnica de equipos**

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS		UNIDAD	CÓDIGO
ÁREA	TÍTULO		
	1. OBJETIVO		
	2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SUMINISTRO		
	3. CONDICIONES LOCALES Y CLIMÁTICAS		
	4. PROCEDIMIENTOS Y NORMAS TÉCNICAS		
	5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA		
	6. LÍMITES DE SUMINISTRO		
	7. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS		
	GENERALES		
	OPERACIONALES		
	MECÁNICAS		
	ELÉCTRICAS		
	AUTOMACIÓN		
	UTILIDADES		
	SERVICIOS		
	8. CARACTERÍSTICAS DEL SUMINISTRO		
	9. COMPONENTES DE SUB-PROVEEDORES		
	10. ENVASES Y PRE-MONTADO		
	11. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA		
	12. DESCRIPCIÓN Y CRONOGRAMA DE FABRICACIÓN, INPECCIONES Y PRUEBAS		
	13. PIEZAS DE REPUESTO		
	14. GARANTÍAS Y PRUEBAS DE DESEMPEÑO		
	15. ENTRENAMIENTO		
	16. CONFIDENCIALIDAD		
	17. DOCUMENTOS ANEXOS		
APROBACIONES			
COORDI- NADOR			

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 84.

5.1.2. **Especificación técnica de servicios**

Se deben utilizar los formularios específicos para la elaboración de la especificación técnica de servicios, tal como se indica en la figura 27.

Figura 27. **Formato de la especificación técnica de servicios**

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE SERVICIOS		UNIDAD	CÓDIGO
ÁREA	TÍTULO		
	1. OBJETIVO		
	2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SUMINISTRO		
	3. CONDICIONES LOCALES Y CLIMÁTICAS		
	4. PROCEDIMIENTOS Y NORMAS TÉCNICAS		
	5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA		
	6. LÍMITES DE SUMINISTRO		
	7. CARACTERÍSTICAS DE LOS SERVICIOS		
	GENERALES		
	OPERACIONALES		
	SERVICIOS		
	SERVICIOS COMPLEMENTARES		
	SERVICIOS TÉCNICOS DE APOYO		
	RECURSOS		
	8. CARACTERÍSTICAS DEL SUMINISTRO		
	RECOMENDACIONES GENERALES		
	SEGURIDAD LABORAL		
	MEDIO AMBIENTE		
	FISCALIZACIÓN		
	DESCRIPCIÓN Y CRONOGRAMA DE LOS SERVICIOS		
	GARANTÍAS		
	ENTRENAMIENTO		
	9. CONFIDENCIALIDAD		
	10. DOCUMENTOS ANEXOS		
APROBACIONES			
COORDINADOR			

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 85.

5.2. Plan de comunicación

El plan de comunicación de la inversión (procedimiento GG-PR-50) tiene por objetivo establecer cómo se debe realizar la generación, recolección, divulgación, almacenamiento y desecho de las informaciones durante todo su ciclo de vida.

Incluye, además, los informes de posicionamiento, medidas de progreso y previsiones de conclusión y debe ser elaborado de acuerdo al formulario estandarizado, tal como se indica en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Formato del plan de comunicación**

PLAN DE COMUNICACIÓN					UNIDAD	REVISIÓN
ÁREA		INVERSIÓN			COORDINADOR	FECHA
IT.	COMUNICACIÓN	OBJETIVO	PARTES INTERESADAS	FORMA	RESPONSABLE	FRECUENCIA
1	Reunión de Coordinación	Acompañar la ejecución y el control de la inversión	Comités	Reunión	Coordinador	Mensual
2	Informe de Progreso	Informar el progreso de la inversión	Comités	Email	Coordinador	Mensual

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 86.

5.3. **Requerimiento de alteración de la inversión (RAI)**

Los objetivos de la RAI (procedimiento GG-PR-511) son presentar, para aprobación, las solicitudes de modificación en plazo, presupuesto o alcance necesarias durante la implantación de la inversión, conforme con la directriz y registrar el aprendizaje realizado con el análisis de los hechos y causas de las alteraciones como lecciones aprendidas para la mejora del proceso evaluación de la implantación de la inversión, tal como se indica en la tabla IX.

Tabla IX. **Formato del requerimiento de alteración de la inversión**

EMPRESA						CÓDIGO	REVISIÓN
RAI - REQUISICIÓN DE ALTERACIÓN DE LA INVERSIÓN							
ÁREA	INVERSIÓN						
OBJETIVO	VALORES APROBADOS Y DESVIOS						
	DESCRIPCIÓN		PRESUPUESTO		FECHAS		RETORNO
	APROB.	PREV.	APROB.	PREV.	APROB.	PREV.	APROB. PREV.
HECHO			CAUSA PRINCIPAL			IMPACTO	
APRENDIZAJE							
DATOS DE LA PAI							
ANEXOS							
APROBACIONES							
COORDINADOR							

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 87.

La RAI aprobada es el documento que libera la inversión para la implantación de las alteraciones, estableciendo nuevos objetivos de presupuesto, plazos y alcance.

5.4. Evaluación de la implantación de la inversión (AVI)

Los principales objetivos de la AVI (procedimiento GG-PR-513) son formalizar la conclusión técnica de la inversión, evaluar la implantación de la inversión con todas las áreas involucradas y registrar el aprendizaje obtenido a lo largo de la implantación, para mejora del proceso, tal como se indica en la tabla X.

Tabla X. **Formato de la evaluación de la implantación de la inversión**

EMPRESA					CÓDIGO		REVISIÓN		
AVI - EVALUACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN DE LA INVERSIÓN									
ÁREA			INVERSIÓN						
VALORES APROBADOS Y DESVIOS									
FECHA		PLAZO		PRESUPUESTO		EVALUACIÓN			
APROB.	INOP.	APROB.	REAL	APROB.	REAL	EVALUACIÓN	ACEPTACIÓN PARA CONCLUSIÓN		
ÍTEMS EVALUADOS			MALO	INSAT.	REG.	BUENO	ÓPTIMO	EXC.	OBSERVACIONES
ETAPA DE CONCEPCIÓN									
ETAPA DE IMPLANTACIÓN									
COORDINACIÓN									
PROYECTOS									
OBRAS CIVILES Y MONTAJES									
INICIO DE OPERACIÓN									
INSTALACIONES Y EQUIPOS									
DOCUMENTACIÓN									
APROBACIONES									
COORDINADOR									

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 88.

La aprobación de la AVI debe ser formalizada y documentada mediante las firmas de los participantes, con la aceptación de la autorización de conclusión de la inversión por el representante del área beneficiada por la inversión.

5.5. Evaluación de retorno y desempeño (API)

Los principales objetivos de la evaluación de retorno y desempeño (procedimiento GG-PR-514) son verificar e informar a los involucrados acerca de la evaluación del desempeño de la inversión y de la ingeniería, y registrar el aprendizaje obtenido a lo largo de la implantación de la inversión para mejora del proceso, tal como se indica en la tabla XI.

Tabla XI. **Formato de la evaluación de retorno y desempeño**

EMPRESA						CÓDIGO	REVISIÓN			
API - EVALUACIÓN DE RETORNO / DESEMPEÑO DE LA INVERSIÓN										
ÁREA		INVERSIÓN								
FECHAS				CLASIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS						
APROB.	INICIO DE OPERACIÓN		CONCLUSIÓN		CLASIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS					
	PREV.	REAL	APROB.	REAL	COS	CUA	CAP	SEG	MA	ADM
ÍTEMS DE CONTROL			INDIC.	ACTUAL	PROP.	REAL	COMENTARIOS			
ÍTEMS DE CONTROL										
RESUMEN DE LOS BENEFICIOS										
EVALUACIÓN DEL RETORNO										
APRENDIZAJE										
APROBACIONES										
COORDINADOR										

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 89.

Su aprobación debe ser formalizada y documentada mediante las firmas de los responsables o registro en actas de los comités correspondientes, hasta el mayor nivel definido en la directriz DC-08.

5.6. Gestión de contratos

Con la gestión de contratos del proyecto (procedimiento GG-PR-51 2) se pretende asegurar que el proyecto se va a ejecutar dentro del presupuesto aprobado y se termine de acuerdo al programa. La gestión de adquisiciones de las inversiones debe ser compartida, en especial, entre los procesos de ingeniería y suministros:

- Suministros lidera el proceso de demanda de las adquisiciones y es responsable por la definición de las estrategias de negociación y contratación hasta la entrega al requisitante.
- Ingeniería es el usuario final de las adquisiciones de las inversiones y responsable desde la emisión de la requisición hasta el recibimiento técnico de la entrega.

Todas las actividades deben ser lideradas por uno de los procesos, conforme a sus procedimientos y estándares, con implicación y participación total del otro.

En la tabla XII están las principales actividades de la gestión de un contrato, en la secuencia más probable en que ocurren.

Tabla XII. Principales actividades de la gestión de un contrato

ÍTEM	ACTIVIDADES LIDERADAS POR EL PROCESO INGENIERÍA	ACTIVIDADES LIDERADAS POR EL PROCESO SUMINISTROS
1	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PRELIMINAR	
2	COTIZACIÓN PRELIMINAR	
3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA FINAL	
4	COTIZACIÓN PARA CONSOLIDACIÓN	
5		COTIZACIÓN
6	ECUALIZACIÓN DE PROPUESTAS TÉCNICAS	
7	MATRIZ MULTICRITERIAL	
8		ECUALIZACIÓN PROPUESTAS COMERCIALES
9		NEGOCIACIÓN Y CONTRATACIÓN
10	REUNIÓN DE INICIALIZACIÓN	
11		SEGUIMIENTO COMERCIAL
12	SEGUIMIENTO TÉCNICO	
13		CONFORMIDAD DEL CONTRATO
14		RECIBIMIENTO Y LIBERACIÓN
15		LOGÍSTICA
16	ALMACENAMIENTO EN LA UNIDAD	
17	PUESTA EN MARCHA	
18	ACEPTACIÓN TÉCNICA	
19	CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN	
20		CONCLUSIÓN DEL CONTRATO
21	TÉRMINO DE RECIBIMIENTO DEFINITIVO	
22		EVALUACIÓN DEL PROVEEDOR

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 90.

5.7. Matriz multicriterial (MMC)

La matriz multicriterial (procedimiento GG-PR-512) debe utilizarse, si es necesario, para comparar los proveedores que atienden a la especificación técnica, mediante la evaluación y puntuación de los ítems tecnológicos, comerciales, de desempeño y otros aplicables.

La conclusión final de la MMC debe informar cuál es la puntuación alcanzada por cada proveedor y cómo se debe considerar esta puntuación para el análisis del valor de la oferta presentada, tal como se indica en la tablas XIII.

Tabla XIII. **Formato de la matriz multicriterial**

MATRIZ MULTICRITERIAL											
DATOS GENERALES											
NÚMERO DE LA INVERSIÓN		TÍTULO DE LA INVERSIÓN									
NÚMERO DE LA REQUISICIÓN		TÍTULO DE LA REQUISICIÓN									
EVALUACIÓN MULTICRITERIAL											
CRITERIOS PARA EVALUACIÓN		EVALUACIÓN DE LOS PROVEEDORES	PROV. 1			PROV. 2			PROV. 3		
5	EXCELENTE		PUNTOS			PUNTOS			PUNTOS		
4	BUENO	SUBCONJUNTOS	A	B	C	A	B	C	A	B	C
3	REGULAR										
2	DEFICIENTE										
1	NO ATIENDE										
SIN INFORMACIONES		EVALUACIÓN									
FACTORES		ÍTEMES DE EVALUACIÓN	EVALUACIÓN								
TECNOLÓGICOS											
COMERCIALES											
DESEMPEÑO											
INVERSIÓN											
COMENTARIOS / CONCLUSIONES											
RESPONSABLES DE LA EVALUACIÓN											

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 92.

5.8. Aceptación técnica

El equipo de la inversión debe elaborar la aceptación técnica de las entregas (procedimiento GG-PR-512), por medio de la aceptación técnica del suministro. También se debe emitir los certificados de aceptación de los indicadores de desempeño definidos en las especificaciones técnicas:

- Certificado de aceptación provisoria (PAC)
- Certificado de aceptación final (FAC)
- Certificado de alcance de la curva de aprendizaje (EAC)

5.9. Gestión de la documentación técnica

La gestión de la documentación técnica (procedimiento GG-PR-515) incluye los procedimientos para recibir, registrar, poner a disposición, verificar, aprobar, archivar y controlar los documentos técnicos. El sistema de gestión estandarizado es el AutoManager Meridian, que permite acceso web para visualización, descarga y subida, integración con AutoCAD y SolidWorks, *workflow* de aprobación, ubicación y control de versiones, realizar apuntes sobre documentos (*redlining*), entre otros.

El estándar para la elaboración de la documentación técnica y la lista de documentos deben ser adjuntados a la especificación técnica del contrato. El control de la documentación debe informar la situación actualizada de los documentos respecto a su estatus, principalmente en los casos de:

- Emisión final: documento liberado por la ingeniería para ejecución (fabricación y montaje).

- Conforme construido (as *built*): documento que retrata fielmente lo que se ha montado.
- Certificado: documento que retrata fielmente lo que se ha fabricado.

Tabla XIV. Formato de aceptación técnica

ACEPTACIÓN TÉCNICA												
DATOS GENERALES												
NÚMERO DE LA INVERSIÓN		TÍTULO DE LA INVERSIÓN										
NÚMERO DE LA SOLICITACIÓN		TÍTULO DE LA SOLICITACIÓN										
CONTRATANTE		CONTRATADA										
EVALUACIÓN MULTICRITERIAL												
CRITERIOS PARA EVALUACIÓN		EVALUACIÓN DE LOS PROVEEDORES		PROV. 1			PROV. 2			PROV. 3		
5	EXCELENTE	SUBCONJUNTOS		PUNTOS			PUNTOS			PUNTOS		
4	BUENO			A	B	C	A	B	C	A	B	C
3	REGULAR											
2	DEFICIENTE											
1	NO ATIENDE											
	SIN INFORMACIONES	EVALUACIÓN										
ÍTEM EVALUADOS		EVALUACIÓN					PUNTUACIÓN FINAL					
		MALO	INSAT.	REGU.	BUENO	ÓPTIMO	N.A.	PROMEDIO DE LA PUNTUACIÓN		EVALUACIÓN		
		2	4	6	8	10						
OBSERVACIONES												
Atención a los Plazos												
Planeamiento de Recursos												
Atención al SST/SGA/SMI												
Calidad/Flujo de las informaciones												
Actuación en la solución de problemas												
Cumplimiento del Alcance Contratado												
Calidad de la Documentación												
Soporte para Entrenamiento												
Dominio de la Tecnología/Proceso												
Calidad del Suministro/Servicio												
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS / PENDENCIAS												
RESPONSABLES DE LA EVALUACIÓN												

Fuente: GBS. *Gestión de la inversión*. p. 92.

El plan de inversiones (procedimiento GG-PR-001) representa la totalidad de las inversiones de capital necesarias para alcanzar los objetivos de los proyectos del plan de ejecución (PEX) de la operación de negocios y del plan de acción de la unidad industrial, conforme a los direccionamientos estratégicos general y específicos, y las metas *top-down* definidas por la empresa

La elaboración del plan de inversiones se inicia al nivel de todas las áreas y procesos de la unidad industrial (enfoque en el resultado, riesgo y sostenibilidad de la operación) y es complementada y consolidada al nivel de la operación de negocio (enfoque en la estrategia del negocio). Para su elaboración es necesario:

- Identificar todas las inversiones que pueden formar parte del portafolio, por medio del análisis de los estudios preliminares.
- Categorizar y agrupar las inversiones utilizando criterios definidos como relevantes (*business drivers*) para seleccionar y priorizar, tales como tipo de direccionamiento (expansión/nuevos negocios, eficiencia operacional, sostenibilidad), indicadores de evaluación del retorno financiero y criticidad.
- Evaluar, seleccionar, priorizar y balancear las inversiones, utilizando los criterios definidos para maximizar la contribución del portafolio a la estrategia: posicionamiento estratégico, contribución financiera y riesgos del proyecto.

Los planes de inversiones de las unidades industriales (UI) deben ser consolidados y aprobados en el nivel de las operaciones de negocios (ON). La ingeniería de gestión es responsable de consolidar el plan de inversiones conforme a los direccionamientos estratégicos generales y específicos y las metas *top-down* definidas, y encaminarlo al comité ejecutivo de la corporación (CEG) para análisis.

El plan de inversiones es aprobado por el Comité Ejecutivo de la Corporación y por el Consejo de Administración (CA). Las alteraciones en el presupuesto total del plan deberán ser aprobadas por el comité ejecutivo de la corporación y por el consejo de administración para que se las consideren efectivas.

El cálculo del retorno de la inversión (ROI) (procedimiento GG-PR-002) tiene por objetivo evaluar los valores de los indicadores financieros: valor presente neto (VPN), *payback* aplicado y tasa interna de retorno (TIR), para la elaboración de los documentos de aprobación y evaluación de las inversiones que poseen beneficios cuantificados.

6. RESULTADOS ESPERADOS

6.1. Reducción de recursos

En la actualidad, las empresas se ven obligadas a reducir continuamente los costos de ingeniería y desarrollo, a la par de que aumentan la productividad y la calidad; para realizarlo, es necesario superar numerosos desafíos de gestión de ingeniería. Entre las alternativas para el cambio en el entorno empresarial actual están:

- Nuevas ideas en la gestión empresarial y las operaciones.
- Avances tecnológicos.
- Diferentes ideas sobre la gestión de personas, con un énfasis en el trabajo en equipo.

De acuerdo a lo expuesto en los capítulos anteriores, las principales ventajas, producto de la implementación del proyecto son la reducción de los costos asociados al proceso de laminación, la disminución de material desechado como chatarra, lo que se refleja en un aumento mensurable de la eficiencia de la planta, ahorro de energía como consecuencia de un mayor rendimiento metálico, menos desgaste de la maquinaria considerando el menor uso para conseguir laminar mayor cantidad de perfiles con menos lingotes utilizados.

Es importante señalar también la generación de fuentes de trabajo para las poblaciones que se encuentran en las cercanías del parque siderúrgico Sidegua.

Los indicadores que van a ser controlados pueden ser cualitativos o cuantitativos. Existen indicadores específicos de las primeras etapas del proyecto, como número de soluciones generadas para el producto, número de no conformidades de las listas de especificaciones, entre otros.

Otros indicadores son específicos de las etapas posteriores como número de prototipos generados, número de no conformidades en los planos, entre otros. Finalmente, hay indicadores que se chequean a lo largo de todo el desarrollo del proyecto, como número de desviaciones entre la ejecución del proyecto y el programa del mismo, número de horas extras realizadas antes de una entrega, entre otros.

6.1.1. Financieros

Los indicadores financieros relacionados con a la responsabilidad social han ido de la mano a la utilidad económica del proyecto. El impacto monetario entre las organizaciones y miembros que formaron parte en la edificación, como proveedores, clientes, colaboradores, entre otros; contribuye al producto interno bruto y a la competitividad nacional frente al mercado global.

Algunos de los objetivos del proyecto (como plazo y coste) se pueden plasmar de forma cuantitativa, mediante valores numéricos. Sin embargo, para los efectos de la gestión importan no solo los resultados finales, sino los resultados parciales o intermedios que se obtienen durante el proceso.

La gestión de proyectos se orienta a la evaluación del proceso con miras al resultado final, a manera de actuar, corregir y mejorar los progresivos avances que se sucederán. Uno de los aspectos fundamentales a observar se refiere al económico, la comparación de lo presupuestado con lo realizado, que permite estimar los costos, precios y beneficios finales.

La proyección de indicadores para la nueva planta se establece por el valor de energía de recalentamiento, la pérdida metálica y el porcentaje de utilización.

Tabla XV. **Indicadores de producción, agosto 2011**

INDICADOR	AGSA ZONA12	INDETA	Nueva planta
Perdida metálica (kg/tm)	102	53	35
Energía de recalentamiento (kWh/tm)	1063	444	350
Utilización (%)	52	52	70

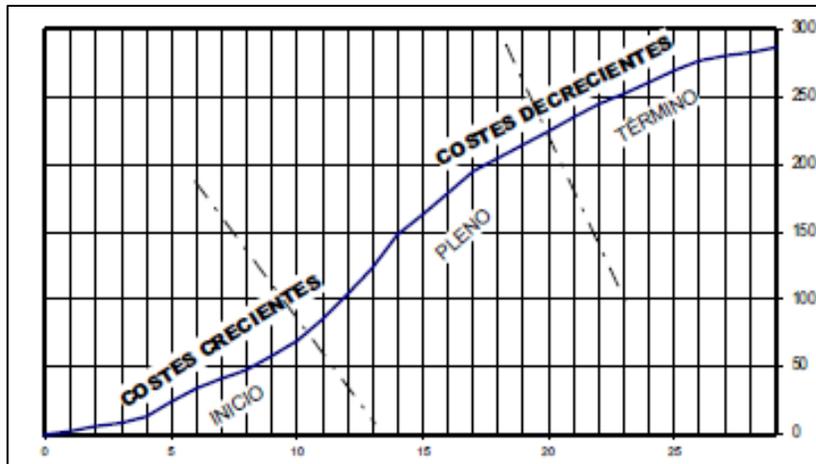
Fuente: LÓPEZ, Fernando. *Propuesta de mejoramiento de eficiencia del proceso de laminación de perfiles a través de la disminución de la pérdida metálica para la industria metalmecánica*. p. 6.

Otro se refiere a las actividades, para evaluar las necesidades de dirección y la composición organizativa. Actualmente, también se incorpora la calidad como previsión de la misma en el resultado final.

Al mismo tiempo, se incluyen los aspectos financieros del proyecto, es decir, el estado de los fondos disponibles, como elemento clave para soportar las actividades e inversiones del proceso.

Se hace un análisis de la curva S, como indicador del avance y características del proyecto, en función de los costos.

Figura 28. **Costos acumulados en la curva S y períodos característicos**



Fuente: CAPUZ RIZO, Salvador; *et al. Cuadernos de ingeniería de proyectos III: dirección, gestión y organización de proyectos.* p. 112.

6.1.2. Humanos

Las condiciones actuales en las empresas generan nuevas demandas y nuevos énfasis en los recursos humanos, a través del trabajo en equipo se practican los métodos de gestión por la calidad para solucionar problemas y garantizar el cumplimiento de estándares operacionales. Cuando las personas entienden que sus opiniones son importantes y que producen ganancias de alguna manera, naturalmente contribuyen con el crecimiento del equipo y con el cumplimiento de los objetivos.

En este proyecto, los valores, visión y misión se fortalecen, contando con un ambiente seguro, con un equipo humano especializado y motivado, comprometido con los clientes, la sociedad y el cuidado del medio ambiente.

La Corporación Aceros de Guatemala inició en 2005 el programa de conciencia social, enfocado al área de salud, educación y medio ambiente; brindando asistencia médica preventiva y curativa, orientada a generar un ambiente sano y seguro para los colaboradores.

6.1.3. Físicos

La importación de 5 500 toneladas en equipos genera divisas que contribuyen al crecimiento del país, procurando una solidez a las condiciones económicas como intereses, tasas e impuestos.

Se controla la calidad, tanto del objeto del proyecto, como del desarrollo del mismo. Así, no solo se comprueba que el producto cumple las especificaciones determinadas en la descripción del producto o servicio, sino que también se comprueba que el proyecto se desarrolla con fidelidad al programa (plazos y costos) previsto.

Las listas de chequeo complementadas y aprobadas deben incorporarse a la documentación del proyecto, aportan información útil sobre las actividades correctas. En el caso de que se produjera un error inadvertido, serán claves para descubrir defectos en el control de la calidad y, por lo tanto, defectos en la gestión de la calidad.

6.1.4. Materiales

El beneficio de producción se establece por la capacidad instalada para producir perfiles y ángulos a razón de 40 Tm/hora y la disponibilidad de laminar palanquilla de 6 000 mm con una sección de 130 x 130 mm.

Tabla XVI. **Productos a laminar para la propuesta de producción**

Producto	Peso barra kg/m	Velocidad mt/seg	Tiempo laminación (seg)	Espacio punta y cola (seg)	Rendimiento	Producción teórica-practica (tm/hr)	Caja de salida
Cuadrado 9mm X 2 hilos	1.260	9.00	38.39	5.61	0.80	35.50	14
Cuadrado de 10.8 mm	0.910	11.00	43.35	5.65	0.85	31.88	12
Cuadrado de 11 mm	0.940	11.00	41.88	5.12	0.87	33.25	12
Cuadrado de 12.7 mm	1.260	9.00	38.39	5.61	0.87	35.50	12
Hembra de 1" X 1/8"	0.595	12.00	55.04	4.96	0.75	22.98	13
Hembra de 1 1/4" X 1/8"	0.740	12.00	43.13	5.87	0.75	28.14	13
Hembra de 1 1/2" X 1/8"	0.895	12.00	40.40	5.60	0.80	33.96	13
Hembra de 1 3/4" X 1/8"	1.059	10.00	41.00	5.00	0.80	33.96	13
Hembra de 2" X 1/8"	1.177	9.00	41.00	5.00	0.85	33.96	13
Angular de 5/8" X 1/8"	0.730	11.00	47.70	5.30	0.80	26.50	13
Angular de 3/4" X 1/8"	0.895	10.00	48.50	5.00	0.80	29.20	12
Angular de 1" X 1/8"	1.177	9.00	40.34	5.66	0.80	33.96	12
Angular de 1 1/4" X 1/8"	1.460	7.60	39.10	4.90	0.85	35.80	12
Angular de 1 1/2" X 1/8"	1.766	6.30	39.00	5.00	0.85	35.80	12
Angular de 1 3/4" X 1/8"	2.095	5.50	37.66	5.34	0.87	36.33	12
Angular de 2" X 1/8"	2.378	5.00	36.50	5.50	0.87	37.19	12
Angular de 2 1/2"	4.590	3.4	49.20	5.80	0.90	50.27	8
Angular de 3"	6.90	2.3	48.39	5.61	0.90	46.00	8
"T" de 3/4" X 1/8"	0.847	11.00	46.60	5.40	0.80	24.03	13
"T" de 1" X 1/8"	1.177	10.00	36.87	5.13	0.80	29.76	13
"T" de 1 1/4" X 3/16"	1.852	6.30	37.22	5.78	0.85	30.88	13
"T" de 1 1/2" X 3/16"	2.512	5.00	34.55	5.45	0.85	33.20	13
"U" de 1" X 1/2"	1.224	8.50	41.73	5.27	0.80	32.24	11
"U" de 1 1/4" X 5/8"	1.780	6.50	37.50	6.50	0.80	35.80	11
"U" de 1 1/2" X 3/4"	2.820	4.50	34.20	9.80	0.85	35.80	11
"U" de 2" X 1"	3.870	3.30	34.00	10.00	0.85	35.80	11
"U" de 3"	8.220	3.00	31.00	39.00	0.90	39.00	8
"U" de 4"	10.760	2.50	28.00	42.00	0.90	30.00	8
"I" de 3"	5.650	4.00	33.00	37.00	0.90	39.00	8
"I" de 4"	8.450	3.00	29.00	41.00	0.90	39.00	8

Además de varillas corrugadas desde 3/8" a 2"

Fuente: LÓPEZ, Fernando. *Propuesta de mejoramiento de eficiencia del proceso de laminación de perfiles a través de la disminución de la pérdida metálica para la industria metalmeccánica.* p. 18.

Los materiales usados en la construcción de la cimentación que soporta la carga dinámica de los equipos es acero grado 60 y concreto 4 000 PSI. En el diseño final se aprecia la calidad de los elementos en espacio, luz y forma. Con acabado superficial en el pavimento, efectuado con plancha tipo helicóptero. Procedimiento ejecutado mientras el concreto alcanza su punto de fraguado, con el fin de mantener amplia reflectividad a la iluminación natural.

6.2. Evaluación de impacto ambiental (EIA)

Para el enfriamiento de rodillos en el proceso de laminación se consume un caudal promedio de 240 m³/h agua que se capta en un sistema a canal abierto edificado en concreto armado; para luego ser conducido a un sistema de sedimentación centrífugo. El volumen de agua es recuperado y conducido a un complejo sistema de tratamiento, en donde se separan los finos y las grasas, para luego de enfriada retornar al proceso.

En la actualidad todo proyecto de infraestructura civil debe contar, previo a su construcción, con el estudio de impacto ambiental. La construcción sostenible es aquella práctica en la cual se mitiga el impacto sobre el medio natural y se optimizan los recursos y la energía involucrada, en estrecha relación con la etapa de conceptualización del edificio.

La evaluación del estudio de impacto ambiental (EIA) es el análisis, previo a la ejecución de un proyecto, de las posibles consecuencias sobre la salud ambiental, la integridad de los ecosistemas y la calidad de los servicios ambientales que estos documentos están en condición de proporcionar. Los estudios de impacto ambiental, como procedimientos técnicos, identifican, previenen e interpretan los impactos de un proyecto en el entorno.

El artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, decreto 68-86, establece que: “es obligatorio un Estudio de Impacto Ambiental para todo proyecto, obra, industrial o cualquiera otra actividad que por su característica pueda producir impacto ambiental desde su inicio, su ejecución y mantenimiento”.

La industria de acero es una de las más importantes en Guatemala, los responsables de la gestión ambiental deben ser un equipo interdisciplinario altamente capacitado en la implementación de prácticas que conduzcan a la producción limpia, involucrando a cada uno de los colaboradores en la gestión ambiental de cada uno de sus procesos operativos. Es necesario evaluar los impactos ambientales generados por el diseño, construcción y operación del proyecto de edificación de concreto (tren de laminación), en el municipio de Masagua del departamento de Escuintla; todo lo que conlleva a la consecución de una edificación ambientalmente sostenible, en cada una de las etapas del ciclo del proyecto.

- Acuerdo Gubernativo 23-2003 crea el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental. De acuerdo con el artículo 4 se establece el sistema de evaluación, control y seguimiento ambiental, como el conjunto de entidades, procedimientos e instrumentos técnicos y operativos cuya organización permite el desarrollo de los procesos de evaluación, control y seguimiento ambiental de los proyectos, obras, industrias o actividades que, por sus características, pueden producir deterioro a los recursos naturales, renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional.

- El Decreto 68-86, emitido por el Congreso de la República de Guatemala. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, en el artículo 8 establece “la obligatoriedad de un Estudio de Impacto Ambiental para todo proyecto, obra, industrial o cualquiera otra actividad desde su inicio, su ejecución y mantenimiento”.
- Reforma del artículo 8 Decreto 68-86 por el decreto 1-93 establece “para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje ya los culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente”.
- *El Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Acuerdo Gubernativo 236-2006.*
- Política Nacional para el Manejo de Residuos y Desechos Sólidos, Acuerdo Gubernativo número 111-2005.
- Ley de Áreas Protegidas por decreto del Congreso de la República de Guatemala.
- Ley Forestal Decreto número 101-96.

La fabricación de hierro y acero implica una serie de procesos complejos, mediante los cuales el mineral de hierro se extrae para producir productos de acero, empleando coque y piedra caliza. Los procesos de conversión siguen los siguientes pasos:

- Producción de coque del carbón y recuperación de los subproductos
- Preparación del mineral
- Producción de hierro
- Producción de acero
- Fundición, laminación y acabado

El valor agregado de los productos es el compromiso de la empresa a minimizar el impacto ambiental y contribuir con las generaciones futuras; para que se cumpla esto, se desarrollan gestiones de mejora continua involucran índices de ahorro energético, con beneficio a la conservación de los recursos no renovables.

Se realizó un estudio detallando los impactos que produce el proyecto, con el objetivo de prevenir o reducir impactos dañinos al medio ambiente que pueda causar, cumpliendo con todas las normas ambientales para su ejecución y funcionamiento, sin producir un deterioro que sea irreversible al medio ambiente. La metodología utilizada fue la siguiente.

- Fase inicial, de gabinete, se incluye lo siguiente:
 - Solicitud del interesado.
 - Visita preliminar al área del proyecto para identificar el sitio, el contorno.
 - Obtención de datos administrativos de la empresa responsable del proyecto, así como datos de los registros respectivos e información general del proyecto.
 - Localización del proyecto y delimitación del área del mismo.

- Fase de campo, se realizará la evaluación del proyecto en cada una de las especialidades (topografía, geología, hidrología, ingeniería sanitaria, arquitectura, medio ambiente, cultura y otros aspectos importantes del entorno), identificando el proyecto con todas sus características y con datos reales al área de interés.

- Fase final, de gabinete, se procede a ordenar, interpretar, cuantificar, analizando cada resultado, así como integrar la información que formará parte del estudio de impacto ambiental de (EIA), medidas de mitigación, matrices, impactos positivos y negativos, conclusiones, recomendaciones, anexos y bibliografía.

- Datos del proyecto
 - Proyecto: infraestructura y cimentación para equipos de tren de laminación de perfiles. La infraestructura consiste de un macizo en concreto armado con un volumen de 13 000 metros cúbicos, para soportar una carga muerta de 5 500 toneladas en equipos.

- Ubicación: instalaciones del parque industrial Sidegua, km 65,5 carretera antigua al puerto San José, municipio de Masagua, departamento de Escuintla.
- Categoría: industrial; el diseño se caracteriza por el proceso de laminación a un nivel superior de 5,00 m con el aprovechamiento de los niveles inferiores para la instalación de servicios eléctricos, de lubricación, aire y datos.
- Tiempo de ejecución: 15 meses.
- Método o técnica de construcción empleada:
 - Marcos rígidos, así como muros de corte en concreto armado (reforzado).
 - Entrepisos con estructura metálica y losa colaborante en concreto reforzado.
 - Infraestructura a base de placas de cimentación.
 - Área cubierta: 13 600 metros cuadrados.

Para el manejo adecuado de desechos de la planta de laminación de perfiles de Aceros de Guatemala se propone la clasificación y tratamientos necesarios con el objetivo de minimizar los efectos que estos producen sobre el ambiente y la salud de las personas.

- Desechos sólidos: es necesario la clasificación y tratamientos siguientes:
 - La escoria de horno alto puede ser utilizada para producir ciertos tipos de cemento, si se granula correctamente.
 - La escoria básica se emplea como fertilizante y se produce al utilizar los minerales de hierro que poseen un alto contenido de fósforo.

- Desechos líquidos: durante la fabricación de hierro y acero se producen grandes cantidades de aguas servidas y emisiones atmosféricas.
 - Se emplean grandes cantidades de agua en el proceso de laminación (para el enfriamiento de rodillos en el proceso de laminación se consume un caudal promedio de 240 m³/h); es necesario contar con sistemas de tratamiento de aguas servidas.

El agua utilizada es captada a través de un sistema a canal abierto edificado en concreto armado; para luego ser conducida a un sistema de sedimentación centrífugo. El volumen de agua es recuperado y conducido a un complejo sistema de tratamiento, en donde se separan los finos y las grasas, para luego de enfriada retornar al proceso.
 - Los solventes y ácidos que se utilizan para limpiar el acero son potencialmente peligrosos y deben ser manejados, almacenados y eliminados como tal.
 - Es necesario monitorear las fugas de líquidos y gases, se deben instalar tanques de doble pared o diques y sistemas de detección de humos.

CONCLUSIONES

1. Dadas las obligaciones hacia el sector industrial del Acuerdo Gubernativo 236-2006 *Reglamento de descargas y reúso de aguas residuales y la disposición de lodos*; se establece un sistema de tratamiento para las aguas de proceso, recuperando los sedimentos, grasas y aceites del tren de laminación.
2. A partir de las necesidades del proyecto, se establece un trabajo en conjunto con el Departamento de Tecnología y Gestión, para la capacitación en materia de indicadores, enfocados al Departamento de Ingeniería y Proyectos.
3. Se crea la implementación del estudio preliminar y el estudio técnico para todas las inversiones que administra el Departamento de Ingeniería y Proyectos, a manera de planificar, así como de establecer el tiempo y presupuesto de un proyecto.
4. El indicador para el desvío de presupuesto se constituye en un $\pm 5 \%$ y para el desvío del cronograma, en un 30 % como meta anual.
5. Se asigna la administración del portafolio al Departamento de Compras.
6. Se realiza una reunión anual con todos los gerentes y gestores de la planta Sidegua, para que indiquen sus necesidades de mejora y proyectar las inversiones a tres años en el formato CAPEX.

7. Se determina un solo responsable para la administración de un proyecto, quien velará por el cumplimiento de los indicadores de gestión programados en el estudio técnico.

RECOMENDACIONES

1. Crear un archivo para que el Departamento de Servicios Generales, pueda documentar el historial de las disposiciones y tratamientos aplicados para las aguas de proceso.
2. Todas las jefaturas que soliciten un trabajo al Departamento de Ingeniería y Proyectos deben requerirlo por medio de un formato que identifique las necesidades de la inversión, con el fin de dejar evidencia sobre la petición del gestor.
3. Auditoría puede implementar el requerimiento de alteración de la inversión (RAI) para registrar las causas de alteración, como un método de aprendizaje a ser tomado en cuenta para futuros proyectos.
4. Efectuar, con los contratistas, reuniones semanales para la verificación del cronograma, avances de ejecución y resolver imprevistos del proyecto.
5. Al Departamento de Compras, crear una cartera de proveedores de acuerdo a las especializaciones de cada renglón de trabajo
6. Al final de cada proyecto, gestionar la documentación técnica en archivos controlados que permitan el acceso a documentos, contratos, planos y demás informes de la inversión.
7. Realizar reuniones mensuales entre el responsable del proyecto y el gestor del Departamento de Tecnología y Gestión, teniendo como mediador al gerente de la inversión.

BIBLIOGRAFÍA

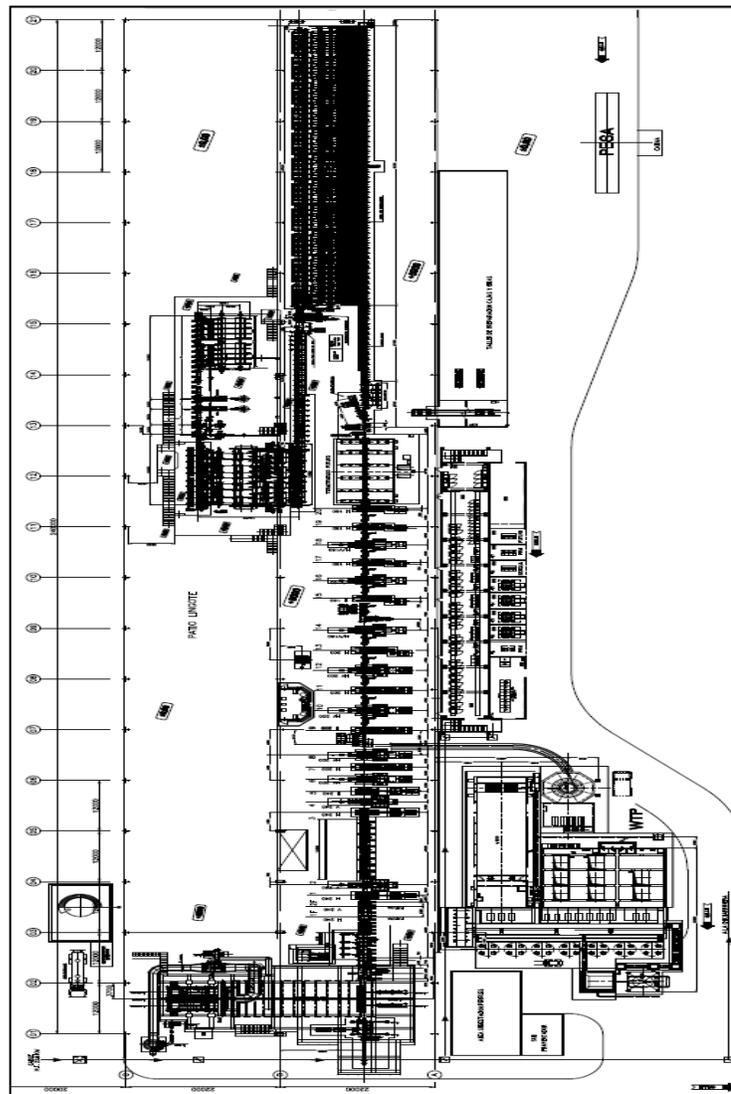
1. CAPUZ RIZO, Salvador *et al.* *Cuadernos de ingeniería de proyectos III: dirección, gestión y organización de proyectos*. España: Universidad Politécnica de Valencia, 2008. 262 p.
2. Constructor civil. [en línea]. <<http://www.elconstructorcivil.com/2013/05/planificacion-y-control-de-proyectos-de.html>>. [Consulta: octubre de 2013].
3. Corporación Aceros de Guatemala. [en línea]. <<http://www.acerosdeguatemala.com/plantas-productivas/sidegua>>. [Consulta: octubre de 2013].
4. GERDAU, S. A. *Gestión de la inversión*. Brasil, 2013. 39 p.
5. GONZALEZ CARDONA, Henry Elías. *Implementación de un sistema de control de calidad en una planta de lámina galvanizada corrugada de acero*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2005. 149 p.
6. Guatemala. *Constitución Política de la República de Guatemala*. [en línea]. <<http://www.quetzalnet.com/constitucion.html>>. [Consulta: octubre de 2013].

7. _____. Acuerdo Gubernativo 431-2007. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*. Guatemala, 2007. 36 p.
8. Instituto de Incidencia Ambiental. *Perfil ambiental de Guatemala 2008-2009*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2009. 28 p.
9. MARTÍNEZ CIFUENTES, Billy Noé. *Estudio de prefactibilidad para el diseño, construcción y puesta en marcha de una fábrica de sensores de temperatura de tipo industrial en Guatemala*. Trabajo de graduación de Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 2010. 105 p.
10. SALAZAR CÓRDOVA, Pablo Anthony David. *Propuesta de mejoramiento de eficiencia del proceso de laminación de perfiles a través de la disminución de la pérdida metálica para la industria metalmeccánica*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 141 p.
11. SAPAG CHAIN, Nassir ; SAPAG CHAIN, Reinaldo. *Preparación y evaluación de proyectos*. México: McGraw-Hill, 1991. 388p.
12. UMAÑA GARCÍA, Freddy. *Propuesta de estándar para la planificación de la gestión del alcance, tiempo y costo de los proyectos de Constructora Kirebe S. A.* Tesis de Maestría en Administración de Proyectos. Universidad para la Cooperación Internacional, 2008. 96 p.

13. VALENZUELA GARCÍA, Mario Alberto. *Manual de mantenimiento de molinos de laminación pomini farrel tipo RR-G1 para el laminador de barras INDETA Corporación Aceros de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 134 p.

ANEXOS

1. Planta de conjunto proyecto: edificación en concreto armado para tren de laminación barras perfiles



Fuente: FROSUTTO, Gianni. *Estudio preliminar proyecto indeta-sidegua.*
p.1190.04.IM.10

