UCAB Universidad Católica ANDRES BELLO

VICERRECTORADO ACADÉMICO
ESTUDIOS DE POSTGRADO
ÁREA DE INGENIERÍA
POSTGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD

Trabajo Especial de Grado

MODELO CONCEPTUAL DE CÉLULA DE FABRICACIÓN DEL SISTEMA DE RIELES PARA TALADROS DE PERFORACIÓN DE ICVT.

Presentado por: Ing. Francisco Javier Serrano Brito.
Como requisito parcial para optar al grado de:

Especialista en Ingenieria Industrial y Productividad

Asesor:
Ing. Luis Villalba

CIUDAD GUAYANA, Enero 2015

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

ESTUDIOS DE POSTGRADO

ESPECIALIDAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD

Director Postgrado en Ingeniería Industrial y Productividad.

Presente.-

Me dirijo a usted en la oportunidad de hacer de su conocimiento, que el Trabajo Especial de Grado, titulado: **MODELO CONCEPTUAL DE CÉLULA DE FABRICACIÓN DEL SISTEMA DE RIELES PARA TALADROS DE PERFORACIÓN DE ICVT;** realizado y presentado por el participante Ingeniero **Francisco Javier Serrano Brito, C.I.: 17.871.855,** para optar al Grado de Especialista en Ingeniería Industrial y Productividad, se ha concluido; y que en mi condición de asesor, hago constar que he leído y revisado el mencionado Trabajo y manifiesto que se encuentra listo para la evaluación definitiva.

En la Ciudad de Puerto Ordaz a los 05 días del mes de enero de 2015.

Firma

Luis Villalba Aliendres

C.I. 8.528.982

ÍNDICE GENERAL

		Pág.
	Índice General	iii
	Índice de Tablas	vi
	Índice de Figuras	vii
	Índice de Planos	viii
	Dedicatoria	ix
	Agradecimiento	x
	Resumen	xi
	INTRODUCCIÓN	**1**
	EL PROBLEMA	**6**
1.1	Planteamiento del Problema	6
1.2	Objetivos de la Investigación	11
1.2.1	Objetivo General	11
1.2.2	Objetivos Específicos	12
1.3	Justificación de la Investigación	13
1.4	Alcance de la Investigación	13
1.5	Limitaciones de la Investigación	14
	CAPITULO II	**15**
	MARCO TEORICO	**15**
2.1	Antecedentes de la Investigación	16
2.2	Bases Teóricas	19

	CAPITULO III	**41**
	MARCO METODOLOGICO	**41**
3.1	Tipo de Investigación	42
3.2	Diseño de Investigación	44
3.3	Unidad de Análisis	45
3.4	Población	45
3.5	Muestra	47
3.6	Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos	48
3.7	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	50
3.8	Fases de la Investigación	52
3.9	Operacionalización de Variables	53
3.10	Factibilidad del Estudio	56
3.11	Resultado Esperados	56
3.12	Consideraciones y Éticas	56
3.13	Cronograma de Ejecución	56
	CAPITULO IV	**59**
	MARCO ORGANIZACIONAL	**59**
4.1	Descripción de la Empresa	59
4.2	Aspectos Generales	59
4.3	Aspectos Operativos	60
4.4	Aspectos Productivos	60
4.5	Taladro de Perforación	60
4.6	Sistemas de Rieles	61

	CAPITULO V	**70**
	RESULTADOS	**70**
5.1	Mapa de Procesos para la Fabricación de Rieles	70
5.2	Requerimientos de la Organización para la Fabricación del Sistema de Rieles	79
5.3	Ruta del Proceso para la Fabricación de los Componentes del Sistema de Rieles	83
5.4	Tecnología de Integración del Proceso de Fabricación Recomendada	88
5.5	Modelo de Sistema de FMS Propuesto	91
5.6	Estimación de Costos para la Implementación del FMS	95
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
	Conclusiones	98
	Recomendaciones	99
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	100

INDICE DE TABLAS

Tabla N°		Pág.
1.	Beneficios de la Implementación de un Sistema CIM	22
2.	Descripción Beneficios de la Implementación de un Sistema CIM	22
3.	Operacionalización de Variables	55
4.	Cronograma de Ejecución	58
5.	Especificaciones del Sistema de Rieles.	64
6.	Costos Estimados para la Implementación del FMS	97

Fig. No.	INDICE DE FIGURAS	Pag.

1.	Partes de un taladro de perforación	10
2.	Niveles Funcionales de un CIM	32
3.	Implantación de un Sistema CIM	34
4.	Niveles Funcionales de un CIM de la Planta Telemecanique	35
5.	Campo de aplicación de los FMS	37
6.	Familia de Piezas	38
7.	Gatos Hidráulicos impulsores	62
8.	Sistemas de rieles	62
9.	Gatos Hidráulicos impulsores al inicio del desplazamiento	63
10.	Gatos Hidráulicos impulsores al final del desplazamiento	63
11.	Mapa de Procesos	72
12.	Flujo de proceso de corte de material	73
13.	Flujo de proceso de mecanizado de material	74
14.	Flujo de proceso de soldadura de las vigas	77
15	Flujo de proceso de rectificado de las vigas	78
16	.Ruta de Procesos de Fabricación de Rieles	87
17	Modelo TIA de la Siemens	90
18	Principio de Funcionamiento del FMS	92
19	Modelo de FMS a Implementar	94

INDICE DE PLANOS

Plano N°		Pág.
1.	Perfil de apoyo de la Viga Ancha del Sistema de rieles	65
2.	Viga Ancha del Sistema de rieles	66
3.	Viga Estrecha del Sistema de rieles	67
4.	Partes de una seccion del Sistema de rieles	68
5.	Sistema de Rieles Ensamblados con sus partes	69

DEDICATORIA

Primeramente a mi madre, una mujer especial que supo entregar las mejores herramientas para el desarrollo tanto personal como profesional de mi persona, una mujer de sabiduría y temple la cual ha sido guía y pilar fundamental en cada etapa de mi desarrollo y consejera para seguir creciendo en esta nueva etapa, nada se explica sin ella debido a que es la razón principal por la cual estoy recorriendo este camino.

A Pedro Brito, gran hombre con mucha sabiduría y trascendencia en su visión, represento el primer modelo a seguir en mi vida, siendo guía en este camino incierto y con el que tuve mi primer roce padre e hijo, también fue el primero que me enseño lo que es afrontar una gran pérdida. Que dios lo tenga en la gloria.

A mi hermano, una persona con una gran sabiduría con el cual he compartido muchos momentos únicos y especiales, día a día me ha hecho conocer nuevas facetas y objetivos en mi vida, me ha dado su amor incondicional y apoyo, lo cual hace que cualquier reto independiente del grado de dificultad un objetivo simple y capaz de lograr.

A mi hermana, la cual ha sido la creadora de nuevas metas y objetivos por y para su tranquilidad y felicidad, ha estado ahí en momentos importantes de mi vida y he aprendido lo que es querer y recibir amor incondicional, a su manera has sido posible conseguir cosas que necesitaba y que de otro modo no hubiese podio aprender, me ha dado su amor incondicional así no haya podido estar físicamente en momentos importantes de su vida, sentimentalmente siempre estaré ahí para darle mejor de mí.

A mi sobrinita bella, una personita que llegó para alegrarnos la vida y que representa un horizonte de nuevas metas y objetivos en mi vida, personita que a tan corta edad me ha enseñado que siempre se puede querer diferentes maneras y logra que cualquier decisión tomada o esfuerzo realizado para lograr una sonrisa en su cara valga la pena, por ella estoy aquí. Para que sea siempre feliz y sea mi razón de luchar día a día.

A toda mi familia y amigos más cercanos los cuales me apoyaron y están y seguirán estando en cada momento de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Divinidad por darme vida, salud y sabiduría, por ser mí guía y ayudarme a lograr mis sueños.

A mis padres y hermanos, por siempre estar a mi lado y ser mis grandes pilares, por la confianza que han puesto en mí y por haberme apoyado en todo momento.

A la empresa ICVT y a todo su personal, por haberme abierto las puertas para la realización y desarrollo de este trabajo ¡Muchas gracias!

A mi tutor académico Ing. Luis Villalba Aliendres, muchas gracias por el tiempo dedicado y por haberme brindado su colaboración y su conocimiento, que me guiaron para la realización de este trabajo.

A todos mis amigos y compañeros de la Cohorte III de Ingeniería Industrial y Productividad de Puerto Ordaz, por su incondicional amistad y compañerismo, y por tantos ratos agradables que pasamos juntos en nuestra preparación como profesionales ¡Siempre los tendré presente!

A todas las personas que colaboraron para la realización de este trabajo ¡Gracias

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

VICERRECTORADO ACADÉMICO

Postgrado en Ingeniería Industrial y Productividad

MODELO CONCEPTUAL DE CÉLULA DE FABRICACIÓN DEL SISTEMA DE RIELES PARA TALADROS DE PERFORACIÓN DE ICVT.

Autor: Ing. Francisco Serrano

Asesor: Ing. Luis Villalba

Año: 2014

RESUMEN

El siguiente TEG fue una investigación para el desarrollo de un Modelo conceptual de Una Célula Flexible para Fabricación del sistema de rieles de taladros de perforación tipo tierra de Industria China Venezolana de Taladros, esta empresa ensambla taladros de perforación petrolera traídos de China y los fabricará a partir de año 2014. El proceso de fabricación contemplado es de forma artesanal o manual, el cual es un proceso poco eficiente, contemplándose la necesidad de automatizar el proceso productivo mediante un sistema CIM. Este estudio respondió a la necesidad de diseñar un modelo conceptual de un sistema de CIM, que automatice la producción de los rieles de movilización de los taladros, que garantice la eficiencia y productividad de la empresa. El marco teórico que sustentó esta investigación estuvo basado en aportes de antecedentes de investigación referidos a los sistemas CIM y en conceptos y técnicas de producción automatizadas desarrolladas por diferentes autores. La investigación estuvo concebida bajo la modalidad de proyecto factible, bajo un diseño no experimental, apoyándose en investigaciones de campo y documental. La unidad de análisis correspondió al área de maquinado de la empresa ICVT; la población fue de tipo finito, conformada por el conjunto máquinas y equipos y el personal técnico, pertenecientes a la unidad de análisis. El desarrollo de la investigación estuvo estructurada en siete (7) etapas, las cuales fueron: desarrollar el mapa de procesos, identificar los requerimientos de la organización, Definir la ruta del proceso para la fabricación de piezas, Desarrollar una matriz de selección de tecnologías, Evaluar las tecnologías de sistemas de fabricación modernas, Definir el modelo de célula de fabricación flexible que permita la automatización del flujo productivo para el sistema de rieles de taladros y finalmente el diseño del modelo conceptual.

Palabras clave: Célula de Fabricación, FMS, CIM, Automatización, Rieles.

Línea de Trabajo: Diseños de Sistemas CIM.

INTRODUCCIÓN

La industria manufacturera está enfrentando hoy en día uno de los mayores retos de todos los tiempos, como lo es desarrollar organizaciones flexibles capaces de adaptase a los exigentes clientes actuales y nuevos presentes en los mercados de comercialización. Ante lo cual debe buscar constantemente estrategias que le permitan balancear aspectos importantes tales como la eficiencia, eficacia, rentabilidad, competitividad, crecimiento y el desarrollo tecnológico de sus procesos. La empresa socialista de capital mixto Industria China Venezolana de Taladros (ICVT), la cual tiene como objetivo fabricar, ensamblar y certificar taladros de perforación tipo tierra y sus componentes, desarrollando bienes de fabricación nacional con altos estándares de calidad, seguridad, cultura ambiental, garantizando innovación y sustentabilidad, aplicando los principios de eficiencia, eficacia y transparencia en la gestión, asegurando la soberanía tecnológica y apoyando las actividades productivas petroleras y no petroleras nacionales, así como la posterior exportación que contribuya a estimular y promover la integración de los países receptores de estos equipos con Venezuela.

Los taladros de perforación tipo tierra son equipos que perforan o hacen huecos en la tierra para encontrar petróleo y gas. Se emplean en tierra firme. Algunos son grandes y otros son pequeños. Los equipos grandes perforan huecos muy profundos, 20000 pies (7000 metros o más). Los equipos pequeños perforan algunos pies o metros.

El Desarrollo de nuevos taladros de perforación tipo tierra viene dado bajo un estudio técnico realizado según los requerimientos y condiciones del suelo de la Faja Petrolífera del Orinoco, fuente de reservas de hidrocarburos líquidos más grande del mundo, comprende una extensión de 55.314 km2 y

un área de explotación actual de 11.593 km2, ubicada al sur de los estados Guárico, Anzoátegui y Monagas.

La Misma consta de diferentes tipos de suelos con un margen de irregularidades en su superficie, los cuales exigen recursos con altos niveles de rendimiento y robustez para la realización de las actividades de perforación. ICVT como una empresa pionera en Venezuela para la fabricación de taladros, conlleva un gran reto el cual es aumentar la oferta de equipos de perforación con su fabricación interna y así evitar la dependencia de equipos de perforación bajo modelo de alquiler ahorrando costos a la nación, ya que actualmente Venezuela alquila estos aparatos a las trasnacionales, ocasionando gastos en divisas necesarias para otras necesidades.

En todo proceso de fabricación la búsqueda de la eficacia y eficiencia consolidando las actividades operativas al mínimo nivel de procesos trae consigo un gran margen de competitividad y óptimos resultados a nivel de costos, logrando así colocar en tiempos justos, productos y servicios con un alto nivel de satisfacción al cliente final.

Armesto (2010) explica que el desarrollo de modelos de fabricación flexible, trabajan de manera secuencial diferentes operaciones y con ello mejorar el proceso de manufactura, controlando el flujo de los materiales a través de una red de estaciones de trabajo o estadios compatibles entre sí, mediante un sistema de comunicación o canal interpretativo para los diferentes equipos en la cadena de producción.

Un Sistema de fabricación flexible (FMS) es un grupo de estaciones de trabajo interconectadas por medio de un sistema de transporte de materiales

automatizado. El sistema de transporte, así como otros sistemas de almacenamiento que pueden utilizarse deben ser automáticos. Todo el conjunto se controla por ordenador (Armesto 2010, p. 4).

Una célula de fabricación es una línea de montaje semi-automatizada para ensamblar o procesar productos terminados o componentes. Esta semi-automatización es lo que le permite ser flexible y adaptarse a la variación de la demanda tanto en volumen como en variedad de productos. (Villalba 2012, p. 8)

En la presente investigación se desarrolló un modelo conceptual de una célula de fabricación del sistema de rieles para taladros de perforación de la empresa ICVT. El sistema de rieles es la parte sobre la cual se desplazará el taladro de perforación tipo tierra a otro pozo a ser perforado sin necesidad de desmontar y desarmar el taladro, el cual será la base para el posterior desarrollo de la ingeniería básica y de detalles para su integración en tiempo real al sistema de información General de la empresa ICVT. Se hizo uso de los conceptos de Sistema de fabricación flexible, sistemas de fabricación integrada por computador (CIM) y automatización, desarrollados en las asignaturas de diseño de sistemas de manufactura asistida por computadora y planificación de la producción. Del diseño CIM se tomó la integración de los procesos mediante el uso de tecnologías de las comunicaciones como herramienta

Como resultado final de este estudio se diseñó un modelo conceptual para una célula de fabricación del sistema de rieles para un taladro de perforación tipo tierra de 1500 *horse power* (HP) de potencia, bajo un enfoque automatizado utilizando un modelo de integración *Computer Integrated Manufacturing* (CIM), para lograr una operación más racional y eficiente.

Este Trabajo Especial de Grado está conformado por 6 (seis) capítulos cuyo contenido se describe a continuación:

En el Capítulo I se describe el problema, se indicaron a su vez los síntomas, causas y consecuencias de este problema, también se detallaron los objetivos, la justificación de la investigación y el alcance.

Seguidamente, en el Capítulo II se ubica el problema de investigación en el marco conceptual correspondiente y se pudieron conocer los antecedentes de la investigación y el cuerpo de los fundamentos teóricos utilizadas como base. Con respecto a los antecedentes de la investigación se efectuó una revisión cronológica de varias investigaciones relacionadas con los sistemas CIM, describiendo de estas los objetivos, situación problemática, metodología utilizada, resultados obtenidos y el aporte de dichos estudios a la presente investigación. En relación con el fundamento teórico se generó una macro estructura semántica sobre el tema de investigación para dividirlo en categorías y subcategorías descritos ampliamente. Finalmente, se establecieron las bases legales del tema de investigación en el marco jurídico venezolano.

En el Capítulo III se detallan los aspectos asociados al diseño metodológico que se utilizarán para el desarrollo de la investigación, con este propósito se indica el tipo, el diseño y las fases de la investigación. Acto seguido, se identifican la unidad de análisis, la población y muestra del estudio. A continuación, se describen las técnicas e instrumentos de recolección de datos, luego se especifican las técnicas y métodos que se utilizan para el procesamiento y análisis de la información recopilada, asimismo, se detallan en el cuadro de operacionalización de las variables u objetivos. Por último, se plantean las consideraciones éticas del estudio y se muestra el cronograma de ejecución de la investigación.

Prosiguiendo con el esquema de la investigación, en el Capítulo IV se realiza una descripción general de la empresa ICVT, donde se expone la misión y visión de la misma, se explica brevemente los aspectos más resaltantes del área particular del estudio.

En el Capítulo V se muestran los resultados de la investigación: presenta el producto de la investigación que es el desarrollo de un Modelo conceptual de Una Célula Flexible para fabricación del sistema de rieles de taladros de perforación tipo tierra de Industria China Venezolana de Taladros.

A continuación se presentan las Conclusiones y Recomendaciones obtenidas de la presente investigación

Se concluye el Trabajo Especial de Grado con las referencias bibliográficas utilizadas para sustentar la investigación.

CAPITULO I

El Problema

1.1 Planteamiento del Problema

En los últimos años, la ciencia de la automatización ha centrado sus esfuerzos en optimizar los procesos de producción de las organizaciones, por medio de la adaptación y utilización de nuevas tecnologías de computación (Villlaba, 2012, p.10). Este enfoque abre un sinnúmero de posibilidades, entre las que se destaca la integración de las áreas de gestión administrativa y producción de una empresa mediante un proceso basado en el modelo de Manufactura Integrada por Computador (CIM - *Computer Integrated Manufacturing*), el cual enlaza los procesos de producción (diseño, ingeniería y fabricación), con los de gestión de la empresa (planeación y administración), mediante un nivel conocido como Sistema de Ejecución de Manufactura (MES - Manufacturing Execution System), que tiene como objetivo contribuir a ejecutar eficientemente el plan operativo de la empresa.

Actualmente PDVSA presenta una demanda de taladros de perforación petrolera en sus pozos de crudo de 202 equipos, y se disponen solamente de 112, por lo cual PDVSA se ha propuesto fabricarlos en alianza con una empresa china para satisfacer sus necesidades (Santamarin, 2007).

Castro (2007) analista petrolero mexicano y experto en materia energética explica que la situación venezolana sobre la necesidad de equipos perforadores se refleja en el mercado internacional, "....en el año pasado 2007 existían en todo el planeta un poco más de 2.900 equipos perforadores, la mayoría ubicados en los Estados Unidos y países

de Latinoamérica. La demanda actual de estos aparatos asciende a más de 3.800".

Pasar de 112 a 202 taladros de perforación será la meta de la empresa Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA). Los nuevos equipos permitirán a la empresa elevar su producción de crudo de 3,04 millones de barriles a 5,8 millones de barriles diarios y los nuevos modelos de desarrollo de fabricación orientados a mejorar el proceso con el uso de sistemas integrados los cuales ahorran tiempo y recursos, las organizaciones están conscientes que la adaptación de los procesos de fabricación de taladros de perforación tipo tierra, bajo un proceso de fabricación rentable, es un componente vital con el cual se asegura la satisfacción del cliente en términos de costos y tiempos de entrega de productos fabricados.

Los taladros de perforación tipo tierra son dispositivos utilizados para realizar una perforación en la corteza terrestre y posteriormente lograr la extracción del crudo desde el yacimiento; según la naturaleza del subsuelo puede perforar en diferentes tipos de terrenos ya que se estructura en base a capacidades que pueden oscilar desde 300 Hp hasta 3000hp.

En Venezuela el desarrollo de taladros de perforación tipo tierra viene dado en base a requerimientos y condiciones especiales de la Faja Petrolífera del Orinoco, ya que el petróleo de este yacimiento es crudo pesado.

La Faja Petrolífera del Orinoco (FPO) es el mayor reservorio de crudos conocido en el mundo, tiene un área geográfica de más de 55 mil kilómetros cuadrados y abarca los estados Monagas, Anzoátegui y Guárico.

La misma consta de diferentes tipos de suelos (roca calcárea, roca arcillosa y roca ferrosa) con un margen de hostilidad elevado, lo que significa que la estructura del subsuelo está formado por diferentes estratos de

dureza, lo cuales exigen recursos con altos niveles de rendimiento y robustez para la realización de las actividades de perforación.

La Industria China Venezolana de Taladros (ICVT) está ubicada en la Base PetroIndustrial Palital en la población de Palital, Estado Anzoátegui, esta empresa es una filial no petrolera de PDVSA Industrial, la cual se encuentra en asociación estratégica con la empresa *China Petroleum Technology & Development Corporation* (CPTDC), cumple el papel de intermediaria de PDVSA Servicios, teniendo como objetivo principal la fabricación, ensamblaje, pruebas y certificación de taladros de perforación petrolera con tecnología china. Actualmente la empresa se encuentra en proceso de construcción de las facilidades industriales para iniciar los procesos de fabricación bajo un enfoque artesanal o manual de partes piezas y componentes de taladros de perforación, el cual se define como premisa de desarrollo industrial para el manejo de las soluciones a nivel del país. (PDVSA, s.f.)

Esta empresa será pionera en Venezuela para la fabricación de taladros, conlleva un gran reto el cual es disminuir la dependencia de trasnacionales y fabricar en el país los equipos de perforación y así evitar la subordinación bajo el modelo de alquiler, que se utiliza actualmente por PDVSA Servicios, ahorrando de esta manera grandes costos a la nación.

Desde el inicio de sus actividades en el año 2010, se han evidenciado la propuesta de diferentes modelos de gestión operativos para la estructuración de los talleres de fabricación: el primero enfocado a un trabajo de producción artesanal o manual y el otro modelo de producción automatizada, utilizando equipos de alta tecnología, como máquinas de control numérico, PLC, sistemas informáticos de gestión de producción, robots, etc.

La empresa tiene previsto implantar el modelo artesanal o manual para producir de forma continua los taladros de perforación, siendo sus características principales la rigidez en el proceso, tiempos elevados de puesta a punto de las líneas de producción y un alto grado de incorporación de talento humano en procesos que son netamente mecánicos.

Villalba (2012) indica que el uso de un modelo artesanal de fabricación, trae consigo un bajo nivel de automatización y poca eficiencia y eficacia del proceso, un margen elevado de errores si no se maneja un procedimiento efectivo de trabajo, acarreando alto tiempos de retrabajo, todo eso caracterizado en los modelos de fabricación continúa.

Para el proceso de fabricación del sistema de rieles para movilización del taladro se requiere proponer a la alta gerencia de la empresa un modelo automatizado para la realización de los perfiles industriales los cuales conforman la estructura principal del sistema de movilización del taladro de perforación para lograr que estos componentes estén disponible en las fechas previstas y con la calidad requerida.

Para esta empresa la fabricación de los perfiles de acero con características especiales es vital para el desarrollo de diferentes componentes del taladro de perforación los cuales se pueden ver en la figura 1. Este taladro al terminar de perforar un pozo petrolero tiene que ser desmontado para llevarlo a otro pozo invirtiendo recursos en dicho traslado. Con los rieles de movilización, los cuales se le integra al taladro simplemente se desliza sobre ellos y se lleva al siguiente sitio donde tiene que perforar, sin necesidad de desalmar el equipo.

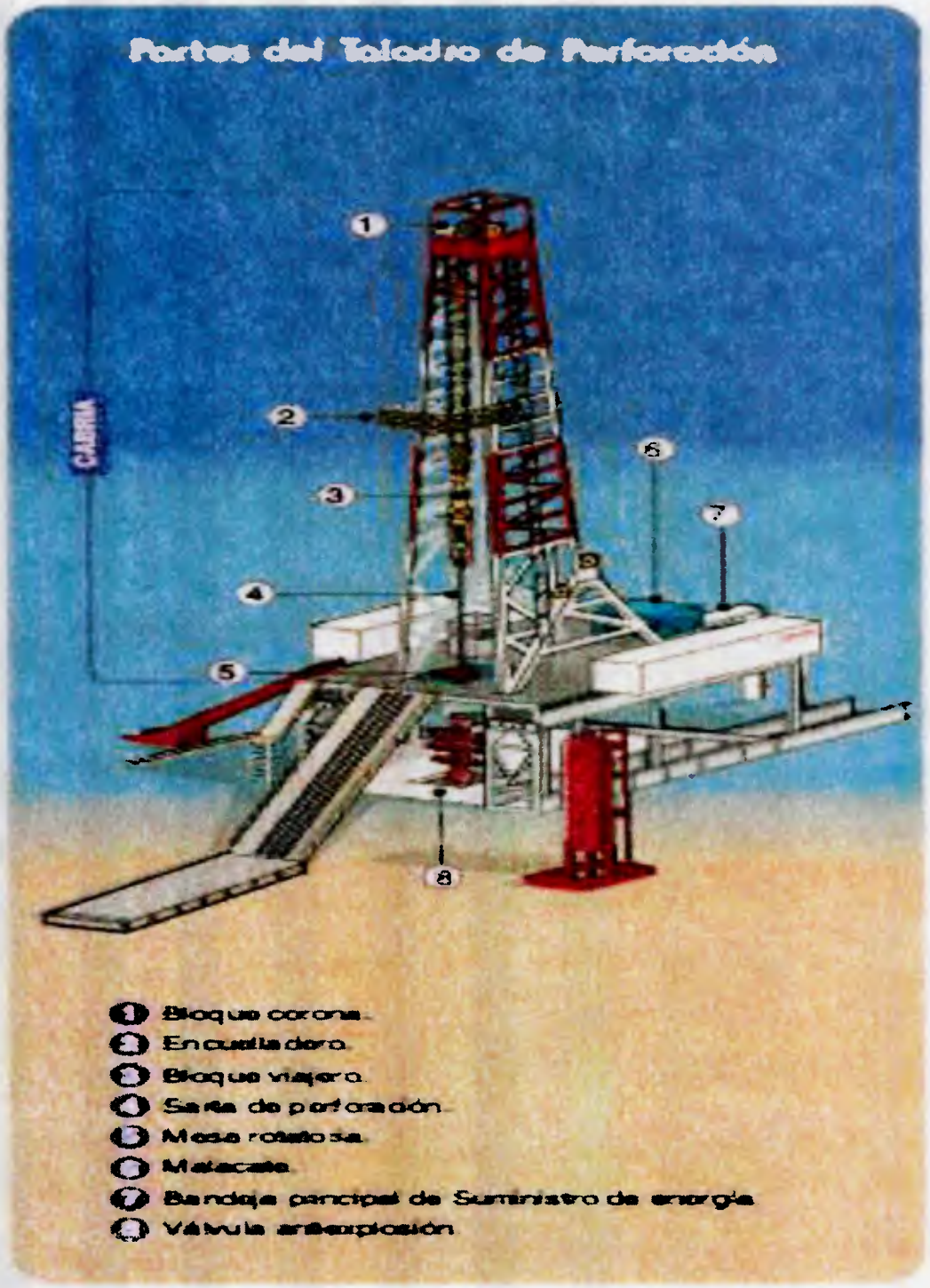


Figura 1. Partes de un taladro de perforación. Fuente: PDVSA

Un diseño de modelo de fabricación eficiente donde se utilicen los recursos para lograr productos de la más alta calidad y al más bajo costo, que cubra la necesidad puntual en los aspectos de desarrollo de partes, piezas y componentes del sistema de rieles de taladros, y esto se logra creando un modelo de célula flexible de fabricación basado en la tecnología CIM, el cual es un modelo dinámico de producción que se ajusta a las necesidades de fabricación de varias piezas, partes y componentes con alto nivel de integración y el cual se encuentre condicionado por las tendencias del mercado cambiante vinculando de esta manera innovación de fabricación con tecnologías de producción y comunicación que garanticen las entregas en las fechas previstas y altos niveles de calidad.

Por lo antes expuesto para la ICVT surge la necesidad de proponer un modelo automatizado de fabricación, tecnológicamente factible que permita la producción de los diferentes perfiles del sistema de rieles para taladros de perforación tipo tierra, que asegure la planificación, asignación y manejo de los recursos con lo cual se garantiza un modelo de operación eficiente en términos de tiempos y costos. Derivado de lo anteriormente expuesto se formula la siguiente interrogante:

¿Qué aspectos hay que tomar en cuenta para diseñar un modelo conceptual de célula de fabricación del sistema de rieles para taladros de perforación?

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un Modelo conceptual de una Célula Flexible para fabricación del sistema de rieles de taladros de perforación tipo tierra para la industria petrolera.

1.2.2 Objetivos Específicos

1.2.2.1 Desarrollar el mapa de procesos para la fabricación de los rieles del taladro de perforación.

1.2.2.2 Identificar los requerimientos de la organización tomando en cuenta las premisas de diseño del modelo de fabricación para el sistema de rieles de taladros.

1.2.2.3 Definir la ruta del proceso para la fabricación de piezas, partes y compontes del sistema de rieles de taladros.

1.2.2.4 Describir la Tecnología de integración del proceso de fabricación de piezas, partes y compontes del sistema de rieles de taladros.

1.2.2.5 Definir el modelo del sistema de fabricación flexible que permita la automatización del flujo productivo para el sistema de rieles de taladros.

1.2.2.6 Realizar una estimación de los costos necesarios para la implementación de la Célula Flexible para fabricación del sistema de rieles de taladros

1.3 Justificación de la Investigación

García (2011) explica que la automatización industrial y el uso de software y hardware altamente flexible son herramientas que permiten una ventaja competitiva para las empresas, permitiendo que sus procesos industriales cumplan con una alta eficiencia de movimientos, alto desempeño de producción, alta repetición, cero fatigas por desgaste, entre otros.

Este tipo de mejoras tecnológicas en los procesos productivos para las empresas se han hecho accesibles a las empresas porque tienden a bajar de costo debido al surgimiento de muchas tecnologías y competencias entre fabricantes y desarrolladores de estas, lo que hace que bajen de precio, y las

organizaciones que a futuro desean ser más competitivas en el mercado puedan adquirirlas. (Mimi, 2011).

El FMS resulta de un nuevo enfoque de la producción que con la aplicación de la tecnología ha creado sistemas altamente automatizados. Es una filosofía de la producción que se basa en el control efectivo del flujo de materiales a través de una red de estaciones de trabajo

El Modelo de Conceptual del FMS para fabricar el Sistema de Rieles del Taladros de Perforación propuesto, permitirá un enfoque de producción basado en el control eficiente de materiales a través de una red de estaciones, maquinarias y herramientas enlazadas para ser operadas automáticamente por un computador, ayudando a mejorar la confiabilidad operacional en el proceso de fabricación y por ende la productividad de la empresa.

Para el Departamento de Producción se establecerá lineamientos para los criterios de selección de las maquinarias y herramientas las cuales permitan definir el modelo conceptual con un alto grado de eficiencia tanto en tiempos de fabricación como en confiabilidad de producción.

Para la ICVT definirá un modelo de fabricación que cumpla con los requerimientos ideales para lograr la producción de los perfiles de acero necesarios para la realización del sistema de rieles del taladro de perforación tipo tierra.

1.4 Alcance

Con el Diseño Conceptual del Modelo de Célula de Fabricación Flexible para el desarrollo del sistema de rieles para los taladros de la Industria China Venezolana de Taladros, S.A., en la Base PetroIndustrial Palital en la población de Palital, Estado Anzoátegui, se establecerá la metodología de

los procesos de fabricación, bajo un modelo de secuencia de actividades, manejo de rutas tecnológicas de procesos y los requisitos identificados para la integración de los componentes que constituirán el modelo de fabricación flexible.

En la definición de este proyecto no se incluye la implementación del modelo conceptual, la adquisición de equipos o desarrollos de facilidades industriales adicionales, se trabajará bajo el modelo de ingeniería conceptual de construcción para el desarrollo de los talleres de fabricación del sistema de rieles de taladros de perforación tipo tierra para la industria petrolera.

1.5 Limitaciones de la Investigación

Para el desarrollo del presente estudio no se presentó ninguna de las limitaciones previstas inicialmente en el proyecto de investigación, como lo era que el equipo de la organización y su alta gerencia no estaba comprometido con el alcance de la investigación que es el Diseño de un Modelo Conceptual de una Célula Flexible para fabricación del sistema de rieles de taladros de perforación tipo tierra para la industria petrolera. Estas personas fueron muy diligentes en el suministro de la información requerida por el investigador para el logro de los objetivos propuestos.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Construir un marco teórico es fundamental para contar con modelos, teorías o piezas de teorías, que sirvan de punto de partida y orienten nuestro trabajo y al mismo tiempo que nos permitan plantear y confirmar las hipótesis de investigación.

Balestrini define el marco teórico como

> "...es el resultado de la selección de aquellos aspectos más relacionados con el cuerpo teórico – epistemológico que se asume, referidos al tema específico elegido para su estudio. De allí pues, que su racionalidad, estructura lógica y consistencia interna, va a permitir el análisis de los hechos conocidos, así como, orientar la búsqueda de otros datos relevantes." 2006, p. 32).

Para mejor entender el Marco Teórico se cita lo que sobre él nos dice Tamayo y Tamayo (1998) "El marco teórico nos amplía la descripción del problema. Integra la teoría con la investigación y sus relaciones mutuas." (p. 96).

Con este objetivo en mente, dentro del contexto de la presente investigación se empleará este capítulo para describir los antecedentes de la investigación, los fundamentos teóricos y las bases legales que apoyarán a la presente investigación.

2.1 Antecedentes de la investigación

Los antecedentes de la investigación hacen referencia a revisión de hechos pasados que permiten situar los análisis de la investigación, (Sabino, 2006, p. 35).

A continuación se muestran antecedentes relacionados con la presente investigación cuyo vínculo se encuentra en la información más relevante y directamente relacionada con el tema de investigación y que se consideran aportes en referencia a éste, incluso cuando se trata de investigaciones de enfoque muy similar (o igual al nuestro).

El primer trabajo de investigación en citar es el Trabajo Especial de Grado para optar al Título de Especialista en Sistemas Automáticos de la Pontificia Universidad Javeriana realizado por Van Vianen (2011), titulado "*Aplicativo para el control de calidad por peso aplicado a un sistema automatizado de control de calidad integrado al CIM del CTAI en la Pontificia Universidad Javeriana*", cuyo objetivo general fue Desarrollar un sistema automatizado de control estadístico de la calidad, soportado en LabVIEW®, para el control de peso en productos fabricados en el CIM del CTAI, basado en una investigación de tipo proyectiva, para el desarrollo de un sistema que permitiera gestionar el control estadístico de forma automática de los pesos de los productos fabricados en el laboratorio del CTAI. Siendo el resultado de esta investigación lo siguiente: A partir de un sistema automatizado que se encuentra en el laboratorio de automatización industrial, se logró implementar un aplicativo automatizado de control de calidad que permite en tiempo real controlar lotes de producción en cuanto a su peso. Utilizando el programa Labview 2010, una balanza con conexión RS-232, un brazo robótico y demás componentes del FMS (Flexible Manufacturing System), se implementó el desarrollo en el primer semestre del 2011. El FMS se controla mediante el CIM (Manufactura Integrada por Computador), que se compone

de 5 máquinas automatizadas controladas por un computador. Un sistema automatizado de inventarios, una banda transportadora, un brazo robótico, un torno controlado por control numérico, y una balanza conectada a un computador. El computador tiene instalado el aplicativo que organiza y analiza los datos y reporta indicadores de calidad. Con dichos indicadores es posible tomar decisiones de control de calidad.

El aporte de este documento a la presente investigación se fundamentó en el marco teórico, el cual permitió ampliar conocimientos referentes al CIM.

El segundo documento en citar es el Trabajo de Grado de presentado Lara (2009) a la Universidad Pontificia Bolivariana como requisito parcial para optar al título de Especialista en Control e Instrumentación industrial el cual lleva por nombre: "*Ingeniería conceptual para la implementación del modelo de manufactura integrada por computador en las plantas de tratamiento de agua por osmosis inversa modelo Clearwater",* el objetivo de esta investigación fue desarrollar la ingeniería conceptual para implementar el modelo CIM en una planta de tratamiento de agua. Este trabajo estuvo enmarcado en una investigación de tipo proyectivo, de nivel descriptivo, con un diseño documental, de campo, no experimental y transeccional;

El resultado de esta investigación fue el desarrollo de los entregables de la Ingeniería Conceptual para la implementación del modelo de Manufactura Integrada por Computador (CIM) en las plantas de tratamiento de agua por Osmosis Inversa modelo Clearwater; dentro de los cuales se encuentran: La Fundamentación Teórica del Proyecto, que involucra el estudio del proceso y la evaluación de sus necesidades, el análisis del modelo CIM y el estado del arte del mismo, la definición de los objetivos del macro proyecto y la evaluación de soluciones integrales de automatización

de tipo comercial. El Modelo Tecnológico Propuesto, que presenta la caracterización de variables del proceso que se adoptan en la automatización propuesta, la evaluación y diseño conceptual de la instrumentación, sistema de control y sistema SCADA del proceso y la adaptación conceptual del modelo CIM al proceso, tanto a nivel operativo, como a nivel de gestión con el Sistema de Ejecución de Manufactura (MES) y el Sistema de Planeación de Recursos Empresariales (ERP). Por último se plantea un Cronograma de Actividades para las ingenierías básica y de detalle, y el Análisis de la Viabilidad del Proyecto, desde los puntos de vista técnico y económico.

Este trabajo se enmarca en el contexto de los sistemas CIM proporcionando a la presente investigación metodologías y técnicas necesarias para el desarrollo del modelo conceptual a proponer.

Por último se cita el tercer trabajo presentado a la UCAB por Molina (2011) para obtener el Grado de Especialista en Ingeniería Industrial y Productividad, titulado "*Automatización de los registros de producción en el área de trefilado y su integración en tiempo real al sistema de información de la empresa Sural C.A".* Esta investigación fue una alternativa para conocer y detallar las especificaciones necesarias para dicha integración. Fue de interés diagnosticar la situación actual en cuanto a la forma de registro de producción en el área de trefilado. Se identificaron cuáles son los protocolos de comunicación y los niveles de redes empleados en el área de trefilado y se analizaron los requerimientos de la plataforma de información. Para llevar a cabo los objetivos planteados se desarrolló una investigación de campo de tipo descriptiva con modalidad proyectiva se hizo uso de las técnicas de recolección de información, entrevistas al personal de distintas áreas, así como de la observación directa y el análisis de la información. De esta

investigación se desprendió la propuesta para diseñar el sistema automatizado de los registros de producción en el área de trefilado y su integración en tiempo real al sistema de información.

El aporte de este trabajo a la presente investigación será el apoyo en la elaboración del marco metodológico, que servirá de modelo de referencia, así como en el desarrollo y obtención de los resultados de la presente investigación.

2.2 Bases teóricas

Pérez, (2009), define las bases teóricas "... al conjunto actualizado de conceptos definiciones, nociones, principios, etc., que explican la teoría principal del tópico a investigar... se explican de manera independiente, prestando especial atención a la relación que mantienen con otros aspectos de la teoría.", (pp. 64-65). Entre las bases teóricas que sustentaron esta investigación se tienen los siguientes tópicos: Manufactura Integrada por Computador (CIM), Sistema de Célula Flexible (FMS),

Automatización

"El proceso de tener una máquina o varias máquinas para cumplir con tareas que anteriormente venían siendo realizadas totalmente o parcialmente por humanos." (*McGraw Hill Encyclopedia of Science and Technology*, 2010).

Automatización Industrial

"La Automatización Industrial se puede entender como la facultad de autonomía o acción de operar por sí solo que poseen los equipos y donde las actividades de producción son realizadas a través de acciones autónomas, y la participación de fuerza física humana es mínima y la de inteligencia artificial, máxima." (Quiroz, 2010).

que haya logrado una integración total del sistema. Sin embargo, se sabe con certeza que ése es el próximo paso a seguir.

Aspectos de Manufactura y Producción

CIM incluye todas las actividades desde la percepción de la necesidad de un producto; la concepción, el diseño y el desarrollo del producto; también la producción, marketing y soporte del producto en uso. Toda acción envuelta en estas actividades usa datos, ya sean textuales, gráficos o numéricos. El computador, hoy en día la herramienta más importante en la manipulación de datos, ofrece la real posibilidad de integrar las ahora fragmentadas operaciones de manufactura en un sistema operativo único. Este acercamiento es lo que se denomina manufactura integrada por computador.

En el sistema CIM existen cinco dimensiones fundamentales:

- Administración general del negocio
- Definición del producto y del proceso
- Planificación y control del proceso
- Automatización de la fábrica
- Administración de las fuentes de información

Cada una de estas cinco dimensiones es un compuesto de otros procesos más específicos de manufactura, los cuales han demostrado una afinidad entre ellos. La primera dimensión rodea a las otras cuatro, y la quinta es el corazón del proceso. Respecto de esta última, existen dos aspectos: el *intangible*, el cual es la información misma, y el *tangible*, el cual incluye los computadores, dispositivos de comunicación, etc.

La implementación de este sistema por parte de algunas empresas busca, por un lado, aumentar la productividad y, por otro, mejorar la calidad

CIM

La Manufactura Integrada por Computadora (CIM), acrónimo de *Computer Integrated Manufacturing* es una filosofía y estrategia de producción, caracterizada por integrar toda la información de las distintas áreas de una empresa a través de sistemas informáticos y la utilización de equipos electrónicos para el control, supervisión y gestión de los procesos.

Computer Integrated Manufacturing (CIM) ha sido acuñado para denotar el uso de las computadoras en el diseño de los productos, el planeamiento de la producción, control de operaciones y asegurar el cumplimiento de todas las funciones del negocio requeridas en una fábrica. CIM incluye todas las actividades que se realizan para la fabricación de un producto, desde la percepción de la necesidad, la concepción, el diseño y su desarrollo, pasando por su producción, marketing y soporte del producto en uso. Además está ligado a la Automatización que es la utilización de técnicas y equipos para gobernar un proceso industrial en forma óptima y de manera automática. Antes que apareciera el término CIM, en las fábricas se manejaban control numérico computarizado (CNC), control numérico distribuido (DNC), planeamiento de los requerimientos de materiales (MRP), planeamiento de los recursos de manufactura (MRP II), diseño asistido por computadora (CAD), manufactura asistida por computadora (CAM), diseño y manufactura asistida por computadora (CAD/CAM), ingeniería asistida por computadora (CAE), planificación de procesos por computadora (CAPP), etc., el CIM se estructura sobre los cimientos de estas tecnologías.

A pesar de que CIM implica integrar todos los pasos de un proceso de manufactura, en la práctica muchas compañías han logrado grandes beneficios al implementar sistemas CIM parciales, es decir, en solo algunas áreas de la empresa. De hecho, se cree que aún no existe ninguna empresa

de los productos. Un reciente estudio aporta información sobre los beneficios que ha traído el CIM a empresas que lo han implementado. En la tabla 1se presentan algunos de los resultados y en la tabla 2 la descripción de los beneficios aportados por un sistema CIM:

Tabla 1. Beneficios de la implementación de un sistema CIM

Reducción en costos de diseño	15 - 30 %
Reducción en tiempo perdido	30 - 60 %
Incremento de la calidad del producto	2 - 5 veces el nivel anterior
Incremento en el aprovechamiento de los ingenieros respecto de la extensión y profundidad de sus análisis	3 - 35 veces
Incremento de la productividad de las operaciones de producción	40 - 70 %
Incremento de la productividad de las máquinas	2 - 3 veces
Reducción de trabajo en el proceso	30 - 60 %
Reducción de los costos de personal	5 - 20 %

Fuente: Villalba (2012)

Tabla 2. Descripción de los Beneficios de un sistema CIM

Beneficio	Descripción
Flexibilidad	**Capacidad de responder más rápidamente a cambios en los requerimientos de volumen o composición**
Calidad	**Resultante de la inspección automática y mayor consistencia en la manufactura**
Tiempo perdido	**Reducciones importantes resultantes de la eficiencia en la integración de información**
Inventarios	**Reducción de inventario en proceso y de stock de piezas terminadas, debido a la reducción de pérdidas de tiempo y el acceso oportuno a información precisa**
Control gerencial	**Reducción de control como resultado de la accesibilidad a la información y la implementación de sistemas computacionales de decisión sobre factores de producción**
Espacio físico	**Reducciones como resultado de incremento de la eficiencia en la distribución y la integración de operaciones**
Opciones	**Previene riesgos de obsolescencia, manteniendo la opción de explotar nueva tecnología**

Fuente: Villalba (2012)

CIM y la Calidad

El CIM le proporciona al fabricante un marco en el cual pueda medir la calidad y usar dichas mediciones para prevenir fallas futuras.

El seguimiento de los lotes, las técnicas estadísticas y otros métodos que hoy están ganando popularidad son muchos más fáciles de poner en práctica en una planta basada en CIM que en una convencional.

No se trata sólo de que las computadoras proporcionen un mecanismo adecuado para poner en operación las herramientas de calidad, sino que el acoplamiento ajustado y las comunicaciones entre los componentes de la planta basada en el CIM estén alineados con las nociones fundamentales que sustenta al TQC.

Diseño del Producto

El diseño del producto puede realizarse en el computador con diversos sistemas, como son el CAD, el CAM, el CAE y el CAPP.

Diseño Asistido por Computadora (CAD)

El CAD (Computer Aided Design), o diseño asistido por computador, permite al diseñador crear imágenes de partes, circuitos integrados, ensamblajes y modelos de prácticamente todo lo que se le ocurra en una estación gráfica conectada a un computador Estas imágenes se transforman en la base de un nuevo diseño, o en la modificación de uno previamente existente. A éstas se le asignan propiedades geométricas, cinéticas, del material entre otras, mejorando así el diseño sobre papel. Se logra así una mayor velocidad en el diseño, al existir la posibilidad de corregir, encargándose el computador de recalcular el dibujo. Existen sistemas CAD especiales para aplicaciones mecánicas, electrónicas y de arquitectura, los cuales permiten una mejor interrelación con sus respectivos sistemas CAE.

Fabricación Asistida por Computadora (CAM)

Implica el uso de computadoras para ayudar en todas las fases de la manufactura de un producto, incluyendo la planeación del proceso y la producción, maquinado, calendarización, administración y control de calidad.

Se trata básicamente de sistemas que controlan las operaciones de las maquinas herramientas en una planta industrial, éstas pueden desarrollar varias operaciones, por lo que se les suministran instrucciones desde una computadora en relación a los procedimientos que deberán llevar a cabo para obtener los distintos tipos de artículos.

Entre los beneficios de la aplicación del CAM se encuentran; la posibilidad de utilizar casi por completo la mayor fiabilidad de las máquinas frente a la variabilidad humana, la mayor consistencia entre los distintos ítems fabricados y el ahorro de tiempo provocado por la menor necesidad de tiempo de operarios.

Diseño y Fabricación Asistido por Computadora (CAD/CAM)

Cuando el CAD y el CAM son combinados en un paquete informático integrado, se alude a ellos con el acrónimo CAD/CAM. Este sistema integrado permite la consecución de un vínculo entre las computadoras, posibilita que todas las funciones a desempeñar estén alimentadas por una base de datos común que contiene planos, listas de materiales, hojas de ruta, tiempo previsto para la fabricación, cantidad de piezas fabricadas, personal necesario, piezas rechazadas y retrabajadas y costos por unidad. El rendimiento de la fabricación puede ser mejorado si, al diseñar un determinado artículo, se tienen en cuenta al mismo tiempo las características del proceso de producción o sus fases, las capacidades de las máquinas, los cambios de herramientas, las necesidades de ajustes de soporte, el montaje,

etc. Tanto la ingeniera de diseño y la de fabricación se basan en la definición de los componentes tal como se ha concebido en el diseño; sin embargo, existen algunas diferencias en los enfoques seguidos por cada tipo de ingeniería, es especialmente importante analizar la información integralmente, los productos de éxito deben tener diseños que puedan ser fabricados de forma económica.

La introducción de los sistemas CAD/CAM han permitido a las empresas que lo emplean tengan la capacidad de fabricar sus artículos/partes con una excelente calidad al primer intento.

Ingeniería Asistida por Computador (CAE)

El CAE (*Computer Aided Engineering*), o ingeniería asistida por computador, es la tecnología que analiza un diseño y simula su operación para determinar su apego a las condiciones de diseño y sus capacidades. Hoy en día, CAE es casi dos tecnologías separadas: una es la aplicada a la mecánica y otra a la electrónica. Ambas realizan extensos análisis respecto de las leyes físicas, así como de los estándares de la industria. El CAE mecánico, en particular, incluye un análisis por elementos finitos (FEA, *finite element analysis*) para evaluar las características estructurales de una parte y programas avanzados de cinemática para estudiar los complejos movimientos de algunos mecanismos. El CAE electrónico, asimismo, permite verificar los diseños antes de fabricarlos, simular su uso y análisis técnicos, como ensayos de tracción y compresión, ensayo de dureza, así como la simulación del funcionamiento de ensamblaje de mecanismos para evitar perder tiempo y dinero.

El CAPP (*Computer Aided Process Planning*), o planificación de procesos asistida por computador, es un sistema experto que captura las

capacidades de un ambiente manufacturero específico y principios manufactureros ingenieriles, con el fin de crear un plan para la manufactura física de un pieza previamente diseñada. Este plan especifica la maquinaria que se ocupará en la producción de la pieza, la secuencia de operaciones a realizar, las herramientas, velocidades de corte y avances, y cualquier otro dato necesario para llevar la pieza del diseño al producto terminado. Para usar el CAPP más efectivamente en un entorno CIM, el diseño debería provenir electrónicamente de un ambiente CAD. Debido a que el CAPP determina cómo una pieza va a ser hecha, aporta en gran medida a la optimización del proceso y a la disminución de los costos, si tiene oportunidad de manejar los procesos de más de un diseño. El CAPP tiene dos tipos básicos: el variante y el generativo. El variante es el más comúnmente usado y desarrolla un plan modificando un plan previamente existente, eligiendo éste usando criterios de tecnología de grupos y de clasificación. El generativo incorpora el concepto de inteligencia artificial, usando sus conocimientos sobre las capacidades de la planta. Basado en la descripción de la pieza (geometría y material) y sus especificaciones, el computador elige el método óptimo para producir la pieza y genera automáticamente el plan.

Manufactura Física

La manufactura física de un producto envuelve un número de tecnologías interrelacionadas. Luego de haber usado el CAD y el CAE para crear y analizar el diseño y usando el CAPP para organizar el plan y controlar los pasos individuales de manufactura, el conglomerado manufacturero debe ahora controlar el procesamiento de los materiales que serán parte de un producto o una pieza.

El proceso productivo de los rieles de movilización de un taladro de perforación es complejo. Los materiales, las herramientas y componentes deben ser llevados a lugares específicos en determinados períodos de tiempo, operaciones que deben ser supervisadas y controladas. Progresos y errores en la línea de producción deben ser reportados, por lo menos, a la administración de manufactura automáticamente.

Difiriendo de la etapa de diseño, la manufactura física está relacionada no solo con *software*, sino también con *hardware*; es por esto que el proceso se complica, especialmente si las máquinas no acompañan la modernidad del conjunto. Se han desarrollado nuevos tipos de máquinas, para así lograr mejores resultados.

La manufactura física puede ocupar tres tipos de subsistemas, los que se detallan a continuación:

- Maquinaria para manufactura: Incluye máquinas herramientas, sistemas flexibles de manufactura (FMS, flexible manufacturing systems), equipos de ensamblaje automático, líneas de transferencia y equipos de inspección. Los sistemas flexibles de manufactura son difíciles de diferenciar con los de celdas flexibles. En ambos existen pequeños grupos de máquina herramientas unidas por equipamiento de manejo de materiales, todo controlada por computadores bajo el mando de un computador central, el cual puede procesar piezas en orden aleatorio. La implementación exitosa del concepto de celdas flexibles envuelve mejoras no solo al nivel de integrar físicamente el sistema, sino también al relacionar el flujo de información, lo cual le permite operar eficientemente el equipo que posee.
- Maquinaria auxiliar para manufactura: Es la maquinaria que mejora la eficiencia de las máquinas herramientas y equipo de ensamble

coordinando los movimientos de materiales y la colocación y el desmonte de las piezas en las máquinas, de tal manera que el flujo productivo no se detenga. Entre estas máquinas se pueden destacar los sistemas de almacenamiento automático (AS / RS, *automated storage / retrieval system*), los cuales manejan cargadores para pallets, conociendo la ubicación exacta de cada materia prima y llevándola al lugar donde es requerida, ayudando además en el manejo de inventario; los vehículos guiados automáticamente (AGV, *automatic guided vehicles*), los cuales son pequeños camiones sin conductor que operan bajo control computacional y se guían por cables en el piso o cintas reflectantes en las paredes, y permiten flexibilidad en sus recorridos, al tener contacto con las otras partes del sistema; y los robots, los cuales son una de las tecnologías más versátiles en la tecnología CIM, al funcionar como cualquiera de los anteriores, además de estar equipados con equipos que le permiten "ver" e incluso decidir.

- Controles para máquinas manufactureras: El control computacional permite a las máquinas manufactureras comunicarse y coordinar sus actividades con otros sistemas basados en computadores dentro del ambiente CIM. Existe una gran variedad de tipos de controles, todo depende de la capacidad del microprocesador. Los más conocidos son:

  PLC (*Programmable logic controllers*), o controlador lógico programable, que son elementos de control bastante importantes en un ambiente de automatización. Los PLC son computadores específicamente diseñados para aguantar condiciones adversas de temperatura, suciedad y ruido eléctrico. Están preparados para ser programados como relais de escala lógica, de tal manera que hasta un electricista los pueda programar y mantener. La gran aceptación de

estos controladores provocó mejoras en su diseño, agregándoseles varias funciones y subrutinas, haciéndolos cada vez más parecidos a los computadores.

Control Numérico Computarizado (CNC), se refiere al control numérico de máquinas, generalmente máquinas de herramientas. Normalmente este tipo de control se ejerce a través de un computador y la máquina está diseñada con la finalidad de obedecer las instrucciones de un programa dado. Además, la computadora puede analizar la precisión con que están programadas las piezas a fabricar y si existe la posibilidad de reprogramarla antes de poner la máquina en marcha. La decisión sobre cuando es necesario utilizar un CNC, muchas veces, se resuelve en base a un análisis de producción y rentabilidad. Sin embargo, en países coma el nuestro, existe un factor inercial que impide a los empresarios realizar el salto tecnológico y a medida que se motiven surgirán múltiples alternativas financieras y de producción que contribuirán a mejorar el aspecto de rentabilidad de este tipo de inversión.

La tecnología CNC se emplea cuando: se tienen altos volúmenes de producción, la frecuencia de producción de un mismo artículo no es muy alta, el grado de complejidad de los artículos producidos es elevado, se realizan cambios en un artículo a fin de darle actualidad o brindar una variedad de modelos, es necesario un alto grado de precisión.

Control Numérico Computarizado Distribuido (DNC), se refiere al modo de operación en la cual múltiples máquinas de CNC y otros e quipos de producción (máquinas de medición, robots, etc.) son

conectados a una computadora. DNC (*Distributed numerical control*), o control numérico distrubuido, que es un concepto que abarca unir un computador a varias máquinas CNC para controlarlas y también recibir información de ellas, para así poder manejar de mejor manera la administración de la manufactura. Esta información puede ser conteo de piezas, tiempo de la máquina parada o sin uso e información sobre el control de calidad.

Planificación y Control del Proceso de Manufactura

Sin importar cuán eficientes sean las operaciones de corte, ensamblaje y movimiento de materiales, mientras no exista una buena coordinación y planificación no existirá real eficiencia. La tecnología CIM que mejora la administración de la manufactura son los sistemas MRP y MRP II *(manufacturing resource planning)* o planeación de insumos de manufactura y, más recientemente, JIT (just in time) o justo a tiempo (Armesto, 2010).

Planeación de los Requerimientos de Materiales (MRP)

El principal objetivo de un MRP es determinar los requerimientos de componentes y materia prima, para ello, el MRP requiere de 3 insumos: programa maestro de producción, registros del estado del inventario y lista de materiales.

Entre los beneficios de un correcto uso del MRP están un mayor servicio y satisfacción del cliente, mayor utilización de las instalaciones y la mano de obra, mejor planeación y programación del inventario, respuesta más rápida a los cambios del mercado y los turnos, niveles de inventario reducidos sin disminuir el servicio al cliente.

Planeación de los Recursos de Materiales II (MRP II)

El sistema MRP II, es un planificador de los recursos de fabricación que proporciona la planificación y control eficaz de todos los recursos de la producción, implica la planificación de todos los elementos que se necesitan para llevar a cabo el plan maestro de producción, no sólo de los materiales a fabricar y vender, sino de las capacidades de fábrica en mano de obra y máquinas. Este sistema da respuesta a las preguntas, cuánto y cuándo se va a producir, y cuáles son los recursos disponibles para ello. (Villalba, 2012. p. 61)

La Planeación de los Requerimientos de Materiales II (MRP II) tiene aplicaciones importantes más allá de la programación y de la administración del inventario. Es una técnica extremadamente poderosa. Una vez que una empresa tiene el MRP instalado correctamente, los datos del inventario se pueden enriquecer con las horas de mano de obra, costos de los materiales, costo del capital o prácticamente por cualquier variable que sea recurso. Cuando el MRP es utilizado de esta manera generalmente se le refiere como MRP II, y el término recurso sustituye al término requerimientos.

Célula de Fabricación

Una célula de fabricación es una línea de montaje semi-automatizada para ensamblar o procesar productos terminados o componentes. Esta semi-automatización es lo que le permite ser flexible y adaptarse a la variación de la demanda tanto en volumen como en variedad de productos. (Villalba 2012, p. 8)

Una célula de fabricación ejecuta las operaciones necesarias para producir y mantener los flujos de producción continuos de un componente o el ensamblaje de partes realizadas cerca para permitir la retroalimentación entre operadores ante problemas de calidad u otros.

Monden (1989) explica que el *layout* de una célula de fabricación las máquinas deberán arreglarse para el flujo sea ágil para facilitar la producción, lo que implica un acomodo de acuerdo a la secuencia lógica de las actividades para la fabricación de una familia de productos determinada.

Una célula ideal fabrica una gama estrecha de productos altamente similares, es autónoma con todo el equipo y recursos necesarios. Las disposiciones celulares organizan departamentos alrededor de un producto o de una gama estrecha de productos similares.

Niveles Funcionales de un CIM

Armesto (2010) indica que un CIM está compuesto en niveles funcionales y la estructura funcional de un proceso propicia la representación de un sistema de fabricación integrada por computador mediante la denominada pirámide CIM, y que está formada conceptualmente por 5 niveles (ver figura 2)

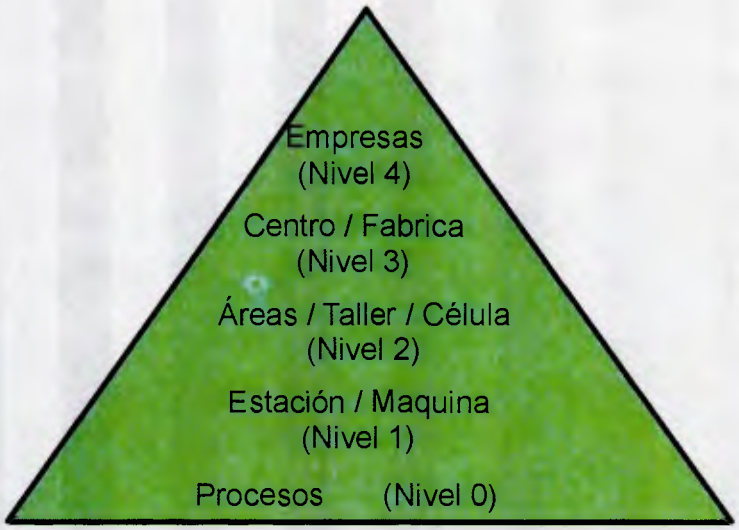


Figura 2. Niveles funcionales de un CIM. Fuente: Armesto. (2010)

Nivel de Procesos: En este nivel se adquieren datos del proceso mediante sensores situados en él y se actúa mediante actuadores. Los sensores transfieren datos a los sistemas de control que forman parte del nivel de estación para que ejecuten los algoritmos de control y que, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, envíen las órdenes oportunas a los actuadores. Por lo tanto, este nivel es el encargado de la comunicación de los diferentes controladores del nivel de estación con los dispositivos de campo (*Field devices*).

Nivel de Estación / Maquina: en este nivel se elabora la información procedente de los dispositivos del nivel inferior y se informa al usuario de la situación de las variables y alarmas. Forman parte de él los diferentes sistemas electrónicos de control utilizados en cada máquina (PLC´s, CNC´s, robots, computadores, DNC´s), que reciben el nombre genérico de controladores de máquinas.

Nivel de Taller / Célula: En este nivel se realiza la coordinación de las máquinas pertenecientes a la célula de fabricación. Las tareas generadas en el nivel superior de área o de fábrica se descomponen en un conjunto de operaciones más sencillas que se trasladan, de forma sincronizada, hacia los subprocesos del nivel inferior (almacenamiento y transporte, fabricación, ensamblado, control de calidad, etc.).

Nivel de Área: En este nivel se coordinan entre sí las diferentes células que conforman una línea de fabricación. Sólo existen en instalaciones de un elevado nivel de complejidad, por lo que a menudo no se incluye en la pirámide CIM.

Nivel de Fabrica: En este nivel se realiza el secuenciamiento de tareas y la administración de los recursos. Suele ser el responsable de la gestión de una planta o fábrica concreta. Las principales actividades se centran en la

planificación y el control de la producción. En él se diseñan y definen los procesos de fabricación y su secuencia concreta, se gestiona el material y los recursos (máquinas, programas, etc.) necesarios para la obtención del producto final, se planifican las labores de mantenimiento, etc

Nivel de Empresa: En este nivel se lleva a cabo la gestión e integración de los niveles inferiores. En él se consideran principalmente los aspectos de la empresa desde el punto de vista de su gestión global:

- Compras
- Ventas
- Comercialización
- Investigación
- Objetivos estratégicos
- Planificación a medio y largo plazo.

El CIM que se describió anteriormente se puede implantar como se indica en la figura 3:

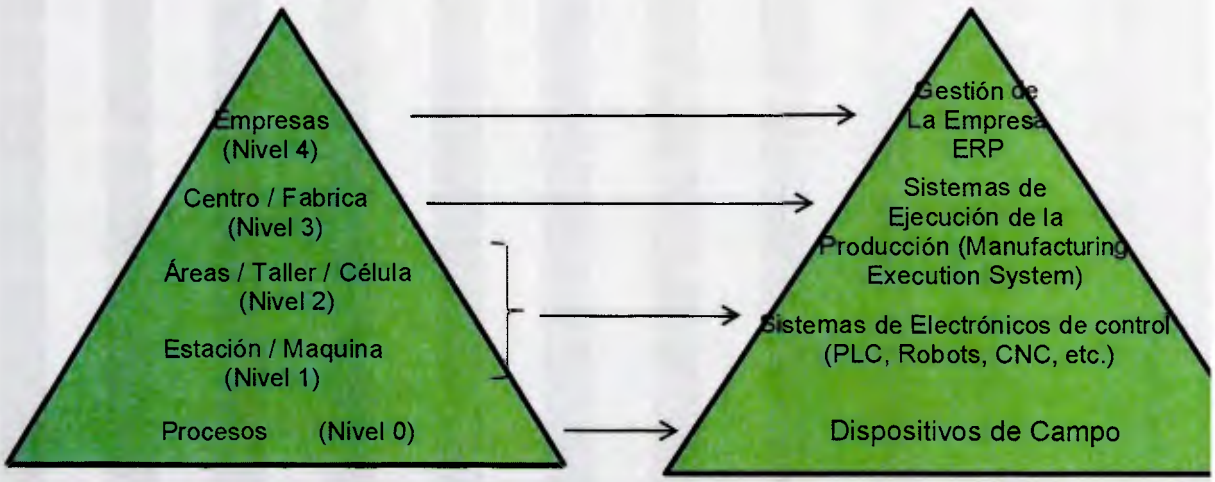


Figura 3. Implantación de un CIM. Fuente: Armesto. (2010)

En la siguiente figura se observa un ejemplo de Niveles Funcionales del CIM de un Sistema de Fabricación de la Planta Telemecanique en Barcelona, España.

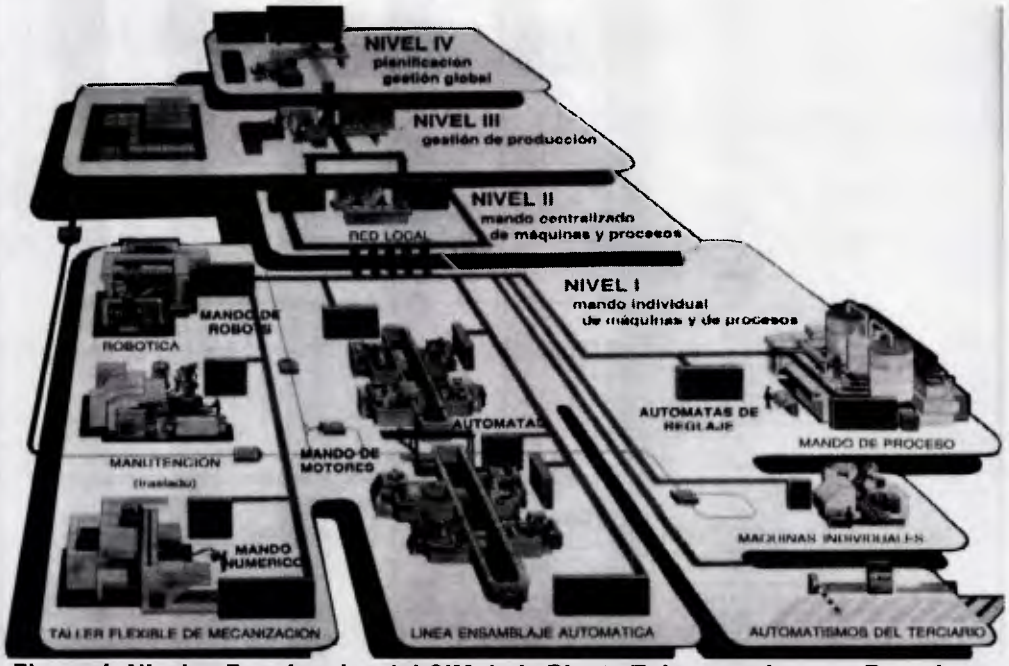


Figura 4. Niveles Funcionales del CIM de la Planta Telemecanique en Barcelona. Fuente: Armesto. (2010)

Flexible Manufacturing System (FMS)

Un Sistema de fabricación flexible o FMS es un grupo de estaciones de trabajo interconectadas por medio de un sistema de transporte de materiales automatizado. El sistema de transporte, así como otros sistemas de almacenamiento que pueden utilizarse deben ser automáticos. Todo el conjunto se controla por ordenador.

Un FMS es "...una planta o parte de ella hecha de máquinas y dispositivos programables que pueden comunicarse entre sí. Existe un control realizado por computador que permite la ejecución de las operaciones

automáticas realizados en un CIM." (McGraw Hill Encyclopedia of Science and Technology, 2010).

Los sistemas FMS son flexibles siempre y cuando los controladores de los dispositivos, y su control central de todo el proceso, puedan ser reprogramados para hacer cambios en su ejecución. Ej. El cambio de referencia del producto implica un cambio en el proceso; si el sistema puede cambiar de referencias en cualquier momento requerido, se dice que se cuenta con un sistema de manufactura flexible (McGraw Hill Encyclopedia of Science and Technology, 2010).

Los FMS implican un cambio de filosofía de producción, es necesario realizar una serie de tareas de preparación previas a la implantación de la FMS.

Just in Time

Los FMS ayudan a implementar la filosofía "Just-in-Time", que significa fabricar solo lo estrictamente necesario, cuando es necesario y solamente en las cantidades imprescindibles. El objetivo es reducir stocks al mínimo necesario.

Codificación

Es necesario clasificar y codificar cada una de las piezas de la familia para que se pueda utilizar el programa adecuado en la máquina adecuada. Ello obliga a organizar todas las piezas en familias, codificar cada pieza de la familia para asignar una serie de órdenes de fabricación (programas de CNC, máquinas específicas, etc.)

Campo de Aplicación de los FMS

Los sistemas de fabricación flexible tienen su aplicación tratan de cubrir el espacio entre la producción de series unitarias o de pocas piezas diferentes y la producción masiva de piezas iguales o familia de piezas. Como se observa en la figura 5, cuando las piezas son pocas y tienen poca variedad se utilizan las maquinas manuales, pero al haber gran variedad de piezas a fabricar y poco volumen se utilizan las máquinas de CNC. Los FMS se utilizan en fabricación de piezas donde la variedad sea poca pero el volumen sea mediano.

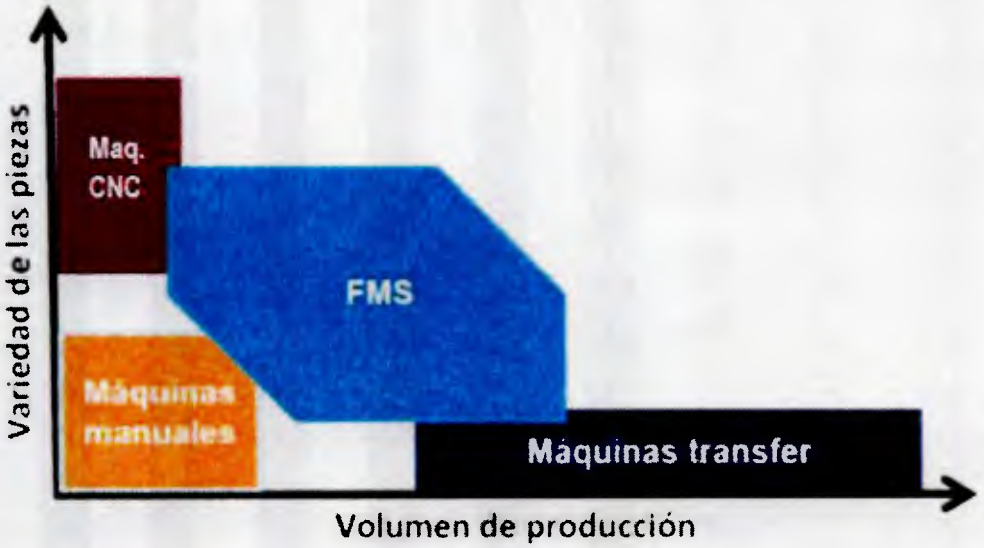


Figura 5. Campo de aplicación de los FMS. Fuente: Villalba. (2012)

Familia de Piezas.

Una familia de piezas se compone de piezas diferentes entre si, pero que presentan similitudes en forma geométrica y tamaño o en los procesos de fabricación. En la figura 6, se presenta un ejemplo de familias de piezas,

donde se observa que las dos primeras piezas son ejes escalonados de igual diámetro e igual longitud. En el segundo grupo de piezas se ve que estas son todas cilíndricas y de un diámetro muy similar.

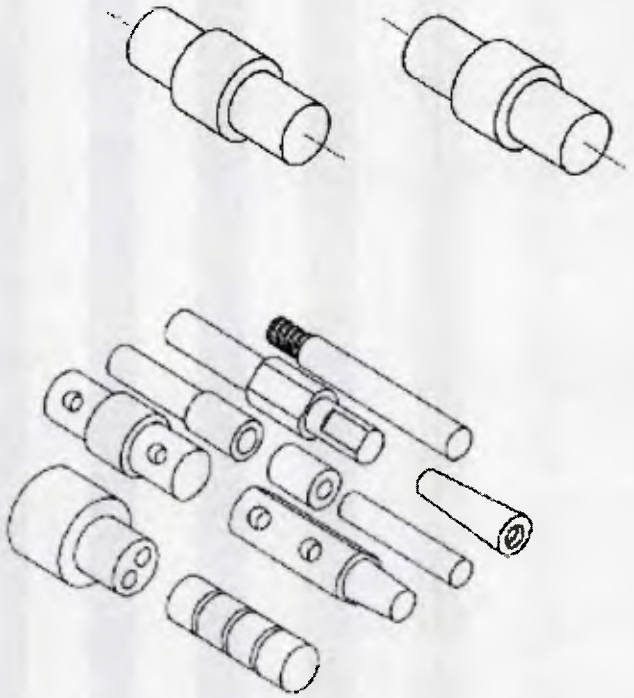


Figura 6. Familia de Piezas. Fuente: Villalba. (2012)

La clasificación y codificación de las piezas implica la identificación de las similitudes y diferencias entre piezas y su identificación mediante una codificación común:

- Sistemas basados en atributos de diseño: por ejemplo piezas cilíndricas.

- Sistemas basados en atributos de fabricación: Por ejemplo piezas que solamente pueden ser mecanizadas en fresadoras o que tengan secuencias de fabricación similares.
- Sistemas basados en atributos de diseño y fabricación: Por ejemplo piezas cilíndricas roscadas.

Ventajas y Desventajas de los FMS

Villalba (2010) explica que el uso de los FMS tiene sus ventajas y desventajas, las cuales se exponen a continuación:

Ventajas de los FMS:

- Optimizan la fabricación por lotes.
- Se optimiza el empleo de sistemas de amarre de piezas, herramientas y tiempos de puesta a punto.
- Se reduce el material en curso → Solo se fabrica lo necesario.
- Mejora la gestión de la producción.

Desventajas de los FMS:

- Alto coste inicial en equipos, sistemas de transporte y software.
- Restructuración completa de la producción por familias de piezas.
- Requiere una buena planificación.
- Problemas de adaptación con la tecnología nueva.
- La maquinaria es limitada para crear diferentes mezclas de productos.

Elementos presentes en un Sistema de Fabricación Flexible

Los equipos de procesamiento o ensamble usados en un FMS depende del tipo de trabajo completado en el sistema, estará conformado por los siguientes elementos:

Elementos primarios:

- Máquinas CNC de cualquier tipo: centros de torneado, mecanizado, rectificadoras, electroerosión.
- Elementos para operaciones auxiliares: lavadoras de lubricantes, hornos para tratamientos, sistemas de medición automáticos.
- Estaciones de pintura, cromado, recubrimiento.
- Estaciones de montaje de piezas: equipos de soldadura, atornillado, remachado, etc.

Elementos secundarios:

- Zonas de carga y descarga de piezas y herramientas.
- Sistemas de transporte entre estaciones, robots para *pick & place* de piezas, sistemas de transporte basados en pallets.

Software:

- Es necesario disponer de un software que gestione todas las máquinas, sistemas de transporte, etc.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El presente capitulo tiene como finalidad presentar la forma de trabajo a desarrollar para dar respuesta a las interrogantes planteadas en esta investigación.

El marco metodológico se refiere al modo de realizar con orden lógico un estudio o investigación, en donde se busca de manera sistemática encontrar un conocimiento causal de los problemas que se presentan en determinado ambiente. Es necesario partir de un problema bien identificado y delimitado, para luego establecer las etapas del análisis del problema en estudio, el método de investigación, fuentes de información y tratamiento de la información.

El marco metodológico es una parte importante en toda investigación, cuyo propósito fundamental, según Balestrini, (2002) es:

> ... situar en el lenguaje de investigación, los métodos e instrumentos que se emplearán en la investigación planteada, desde la ubicación acerca del tipo de estudio y el diseño de investigación; su universo o población; su muestra; los instrumentos y técnicas de recolección de datos; la medición; hasta la codificación, análisis y presentación de datos. De esta manera se proporcionará al lector una información detallada acerca de cómo se realizará la investigación. (p.126)

En base a lo que dice Balestrini, en el presente capítulo se explican los aspectos referidos al diseño metodológico que se utilizará para el desarrollo de la investigación; con este propósito se indica el tipo, el diseño y las fases

de la investigación. Del mismo modo, se identifica la unidad de análisis, la población y muestra del estudio. Más adelante, se describen las técnicas e instrumentos de recolección de datos, luego se especifican las técnicas y métodos que se utilizarán para el procesamiento y análisis de la información recopilada, asimismo, se detalla el cuadro de operacionalización de las variables u objetivos.

Finalmente, se plantean las consideraciones éticas del estudio y se presenta el cronograma de ejecución del proyecto de investigación. Por consiguiente, el objetivo principal del desarrollo del Marco Metodológico, es mostrar la forma como se realizará la investigación e informar detalladamente todas las estrategias y procedimientos como se llevará a cabo.

3.1 Tipo de Investigación

Este trabajo de acuerdo a la delimitación de sus objetivos correspondió a una investigación aplicada, por cuanto a través de su desarrollo se propone diseñar un modelo conceptual de una célula flexible para fabricación del sistema de rieles de taladros de perforación tipo tierra de la Industria China Venezolana de Taladros, ubicada en la Base PetroIndustrial Palital, Estado Anzoátegui, debido a que su finalidad es buscar una solución posible a un problema de tipo práctico, para satisfacer necesidades de una organización.

Dentro de la clasificación de la investigación aplicada, se clasifica este estudio como proyecto factible, ya que persigue la elaboración de una propuesta que se convierte en un modelo conceptual viable para resolver una situación específica en una organización en función de sus requerimientos y necesidades; específicamente para el caso de estudio existe una necesidad caracterizada la ineficiencia del modelo de fabricación presente en la fábrica de rieles de ICVT, para lo cual se está proponiendo

desarrollar un modelo basado en la tecnología CIM, lo cual lo hará más eficiente y productivo.

Hurtado de Barrera (2007 citado por la UCAB 2010) indica que

> La investigación proyectiva propone soluciones a una situación determinada a partir de un proceso de indagación. Implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio, más no necesariamente ejecutar la propuesta. En esta categoría entran los proyectos factibles. Todas las investigaciones que implican el diseño o creación de algo, también entran en esta categoría..."

El tipo de la investigación también hace referencia al nivel de trascendencia con la cual se estudia un ente o fenómeno. Como plantea Hurtado de Barrera, (2008) "Los métodos, técnicas, tácticas y estrategias no son genéricos para cualquier investigación; los métodos son diferentes en función del tipo de investigación y el objetivo que se pretende lograr" (p. 98). Así pues, el tipo de la investigación indicará si se trata de una investigación exploratoria, descriptiva o explicativa.

De este modo, el estudio se enmarca dentro del tipo de Investigación Descriptiva, porque mide o evalúa diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a estudiar. La misma es definida por Hernández et. al., (2003), como aquella que "indaga la incidencia de las modalidades, categorías o niveles de una o más variables en una población, son estudios puramente descriptivos" (p. 152)

La presente investigación busca describir y analizar los procedimientos actuales para la fabricación de rieles para los taladros de la empresa ICVT, el investigador entrará en contacto con los documentos del mismo para detectar, interpretar, describir, registrar y analizar la situación actual presentada en la empresa involucrando los procesos que se ejecutan, de donde se obtendrán los datos necesarios para la realización del estudio y

así determinar las especificaciones que permitan plantear una propuesta para el diseño de un modelo conceptual de una célula flexible de fabricación del sistema de rieles de taladros de perforación tipo tierra de la Industria China Venezolana de Taladros, partiendo de una etapa de diagnóstico. No estará en el alcance de la investigación ejecutar la propuesta.

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es una estrategia general de trabajo que orienta las etapas que habrán de seguirse en la ejecución de la investigación. Martin (1986, citado por Balestrini 2002, p.131) define el diseño de investigación como:

> ...el plan global de investigación que integra de un modo coherente y adecuadamente correcto técnicas de recogida de datos a utilizar, análisis previstos y objetivos...el diseño de una investigación intenta dar de una manera clara y no ambigua respuestas a las preguntas planteadas en la misma.

El diseño de la investigación estuvo referido al plan o la estrategia que se utilizó para obtener la información requerida; en tal sentido la investigación se desarrolló bajo el diseño No Experimental, apoyándose en investigaciones de campo (primarias) y documentales (secundarias).

Este argumento corresponde muy bien a la definición de Hernández, et. al., (2003) de investigación no experimental que al respecto dice "...son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos" (p. 269). Es decir, el propósito es recoger información, para luego describir y analizar las incidencias e interrelaciones de las variables del estudio, sin manipularlas por cuanto el fenómeno existe y el fin es estudiarlo.

A su vez el diseño fue considerado por su dimensionamiento temporal o número de momentos en los cuales se recolectaron los datos, como una investigación transeccional, esto basado en lo que dicen Hernández, et. al., (2003) sobre estos diseños; que son aquellos que "...recolectan datos en un solo momento, en un momento único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede". (p. 270).

3.3 Unidad de Análisis

En este punto se trae a colación a Balestrini, (2002, p. 137), quien define las unidades de análisis como:

> ... sujetos u objetos a ser estudiados y medidos, por cuanto, necesariamente los elementos de la población no tienen que estar referidos única y exclusivamente a individuos... pueden ser instituciones, animales, objetos físicos, etc.; en función de la delimitación del problema y de los objetivos de la investigación. Estas unidades de análisis son parte constitutiva de la población...

La unidad de análisis, también llamada casos o elementos objeto de estudio, correspondió al área de maquinado de rieles de la empresa ICVT, ya que es allí donde se encuentran las máquinas y equipos, sobre los cuales se recolectaron los datos a examinar en función de los objetivos planteados en el Capítulo I.

3.4. Población

Para la realización de investigaciones de tipo proyectiva se requiere de fuentes primarias de información que se obtienen a través de las diferentes técnicas de recolección de datos, que permita el diseño de un modelo conceptual de una célula flexible de fabricación del sistema de rieles

de taladros de perforación tipo tierra, esta información de fuentes primarias la tuvo la población misma.

Para Arias (2006), la población o la población objetivo puede definirse como "...un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio" (p. 81).

En otras palabras, la población es el grupo total de elementos a investigar, la cual debe definirse de manera precisa según el contenido, el lugar y el tiempo previsto para el estudio. Basados en esto, la población de esta investigación para el diseño de un modelo conceptual de una célula flexible de fabricación del sistema de rieles de taladros de perforación tipo tierra, estuvo constituida por dos (2) estratos:

Estrato uno (1): todas las máquinas y equipos herramientas a ser instalados en el área de maquinado de rieles de la empresa ICVT, ocho (8) en total.

Estrato dos (2): Hace referencia a la población desde el punto de vista del personal técnico o coordinador que forma parte del área de maquinado de rieles de la empresa ICVT, doce personas en total.

Por conocer la cantidad de elementos que conforman la población se consideró a la población finita ya que como establece Arias, F. (2006): "Población finita: agrupación en la que se conoce la cantidad de unidades que la integran" (p. 82). Sierra Bravo (1991) citado por Arias, F. (2006) establece que: "Desde el punto de vista estadístico, una población finita es la constituida por un número inferior a cien mil unidades" (p. 82).

3.5 Muestra

Definidos los conceptos de unidad de análisis y población, con su aplicación en éste estudio, lo que sigue es tratar sobre la muestra que tal y como lo define Arias (2006) es: "...un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible" (p. 83). Para mejor entender Pérez (2009) dice que la muestra es una porción, un subconjunto de la población que selecciona el investigador de las unidades en estudio, con la finalidad de obtener información confiable y representativa. (p. 70).

Basado en el acceso que se tiene de la población y el número de unidades que lo integran se estableció el estudio de la totalidad de la población objetivo, por lo que no se extrajo muestra de la misma ni se emplearon técnicas de muestreo. Esto basado en la definición dada por Arias, F. (2006) donde establece que:

> Si la población, por el número de unidades que lo integran, resulta accesible en su totalidad, no será necesario extraer una muestra. En consecuencia se podrá investigar u obtener datos de toda la población objetivo, sin que sea estrictamente un censo (p. 83).

Hurtado de Barrera (2008) establece lo siguiente con relación al muestreo: No hace falta hacer muestreo cuando:

> -La población es conocida y se puede identificar cada uno de sus integrantes.
>
> -La población, además de ser conocida es accesible, es decir, es posible ubicar a todos los miembros. No vale la pena hacer un muestreo para poblaciones de menos de 100 integrantes.
>
> -La población es relativamente pequeña, de modo que puede ser abarcada en el tiempo y con los recursos del investigador (p. 140).

3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Conviene comentar que para seleccionar las técnicas e instrumentos de recolección de datos es necesario tomar en consideración las fuentes de información. Al respecto, Pérez (2009), plantea que: "Existen muchas formas de conseguir información, pero hay una sola manera de clasificarlas: en Fuentes Primarias y Fuentes Secundarias". (p. 43).

Se diría, pues, que las Fuentes Primarias son aquellas elaboradas por primera vez por el investigador, adquiridas de primera mano y se obtienen directamente de la realidad, al respecto Pérez (2009) señala que "Son las más usuales en los diseños de trabajo de campo y proyectos factibles. Las técnicas utilizadas para su recolección son: la observación científica y la encuesta oral y escrita" (p. 43).

Prosiguiendo con el tema, las Fuentes Secundarias son aquellas donde la información es tomada de otros autores, se refiere a documentos, manuales, textos, TEG, tesis, revistas, boletines informativos, entre otros. De la misma manera existen técnicas e instrumentos de recolección de datos, que son aplicados para cada una de los tipos de fuentes consultadas.

Aclarado el tema de las fuentes de información, ahora con respecto a las diferencias sobre técnicas e instrumentos de recolección de datos para simplificar se puede decir que: "La técnica es el procedimiento y el instrumento la herramienta que utiliza el investigador para registrar y organizar posteriormente la información... acerca de las variables de estudio" (Pérez, 2009, p.71).

En función de lo planteado se procede a identificar las técnicas para la recolección de la información que se utilizaron en este estudio:

• **Revisión Documental**: esta técnica se empleó en la recopilación de antecedentes de trabajos de grado, artículos científicos, libros y consultas de referencias electrónicas, para lograr una base de conocimiento bien estructurada que fuera de utilidad para la investigación. También se incluyeron como parte de esta técnica, las actividades de revisión de los manuales de las máquinas y equipos sujetos a la presente investigación

• **Entrevista No Estructurada**: se realizó para recopilar la información, el conocimiento y experiencias de los expertos en las áreas de diseño de un modelo conceptual de una célula flexible de fabricación del sistema de rieles

• **Observación No Estructurada**: esta técnica se utilizó por una parte para identificar los procedimientos o actividades de configuración que se deberán realizar en el diseño de un modelo conceptual de una célula flexible de fabricación del sistema de rieles, para constatar los procedimientos que utilizan los involucrados en el proyecto para coordinar las actividades de desarrollo de soluciones, así como también para identificar los cuellos de botella y otros inconvenientes que se puedan presentar en el maquinado de los rieles.

Con respecto a los instrumentos de recolección de datos Sabino (2002) señala que:

> Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en si toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto a las variables o conceptos utilizados. (p. 149)

En concordancia con la definición citada, a continuación se describen los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron en la presente investigación: para registrar el proceso de revisión documental se utilizaron fichas de contenido, plantillas y documentos elaborados tanto en papel como en formatos electrónicos como Excel o Word; para la entrevista no estructurada se utilizó la guía de entrevista a expertos y para la observación no estructurada se emplearon los cuaderno de notas, los cuadros de trabajo y tablas de resumen tanto en papel como en formato electrónico.

3.7 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Una vez finalizada la etapa de recolección de datos, se efectuó el procesamiento y análisis de los mismos, es oportuno ahora citar lo que al respecto dice Arias (2004, citado por Villalba, 2013, p. 36), sobre las técnicas de procesamiento y análisis de datos, quien las describe como:

> ...las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso. En el análisis de datos se definirán las técnicas lógicas (inducción, deducción, análisis-síntesis) o estadísticas (descriptivas o inferenciales), que serán empleadas para descifrar lo que revelan los datos recolectados.

Es decir, el análisis de los datos consiste en la realización de las operaciones a las que el investigador someterá los datos con la finalidad de alcanzar los objetivos del estudio. Lo cierto es que existen dos grandes familias de técnicas de análisis de los datos obtenidos: las técnicas de análisis cualitativo, en las que los datos son presentados de manera verbal (o gráfica) - como los textos de entrevistas, las notas, los documentos escritos y las técnicas de análisis cuantitativo, en las que los datos se presentan en forma numérica.

Para precisar aún más, Hernández et. al., (2003), dicen que el análisis cualitativo tiene como fin:

> Darle orden a los datos; organizar las unidades, las categorías, los temas y los patrones; comprende, en profundidad, el contexto que rodea a los datos; describir las experiencias de las personas estudiadas bajo su óptica, en su lenguaje y sus expresiones; interpretar y evaluar unidades, categorías, temas y patrones; explicar contextos, situaciones, hechos, fenómenos; generar preguntas de investigación e hipótesis; reconstruir historias; relacionar los resultados del análisis con la teoría fundamentada; o construir teorías (p. 612).

Aquí vale la pena hacer un pequeño paréntesis para añadir que las técnicas de revisión documental, entrevista no estructurada y la observación directa no estructurada que se utilizaron en este estudio para la recolección de información, generaron datos cualitativos como los siguientes: información documental y bibliográfica, resultados de entrevistas, comentarios de reuniones, documentos escritos y conductas o sucesos recogidos en notas de campo.

Por lo tanto debe quedar bastante claro que la técnica que se utilizó para el análisis de datos en esta investigación fue el análisis cualitativo, por tratarse de un volumen considerable de este tipo de datos e información que debió ser clasificada, organizada y registrada, para comprender en profundidad, interpretar y poder diseñar el modelo conceptual de una célula flexible de fabricación del sistema de rieles de taladros de perforación tipo tierra y dar así respuesta a los objetivos de la investigación.

Profundizando en este tema, dentro del conjunto de actividades que se realizaron para llevar a cabo este análisis cualitativo se tienen las siguientes:

reducción de datos, disposición y transformación de datos y por último, obtención de resultados y verificación de conclusiones.

3.8 Fases de la Investigación

La realización de la presente investigación se organizó por fases a fin de satisfacer sistemáticamente los objetivos del mismo.

A continuación se describen las fases para diseñar el Modelo Conceptual de una Célula Flexible para fabricación del sistema de rieles de taladros de perforación tipo tierra de la Industria China Venezolana de Taladros

- Fase 1: Desarrollar el mapa de procesos para la fabricación de los rieles del taladro de perforación, de acuerdo al equipamiento existente y por adquirir.
- Fase 2: Identificar los requerimientos de la organización tomando en cuenta las premisas de diseño del modelo de fabricación para el sistema de rieles de taladros. En esta fase también se hará un inventario de los equipos existentes para la verificación si cumplen con los requisitos del presente estudio para ser parte del modelo de fabricación que se diseñará.
- Fase 3: Definir la ruta del proceso para la fabricación de piezas, partes y compontes del sistema de rieles de taladros, basado en el mapa de procesos y en los requerimientos de la empresa ICVT.
- Fase 4: Definir el modelo de célula de fabricación flexible que permita la automatización del flujo productivo para el sistema de rieles de taladros.
- Fase 5: Elaboración y entrega del documento final para la revisión del jurado designado por la UCAB.

3.9 Operacionalización de Variables

La operacionalización de las variables es el arreglo de los conceptos desagregados construidos en el momento de la formulación del problema para darle forma teórica al análisis de los objetivos del estudio. Balestrini (2002, p. 113), explica que "Una variable es un aspecto o dimensión de un objeto, o una propiedad de estos aspectos o dimensiones que adquiere distintos valores y por lo tanto varía".

Según Hernández, Fernández y Baptista (2003, p. 171)

> "Una definición operacional constituye el conjunto de procedimientos que describe las actividades que un observador debe realizar para recibir las impresiones sensoriales, las cuales indican la existencia de un concepto teórico en mayor o menor grado. En otras palabras, específica qué actividades u operaciones deben realizarse para medir una variable (enfoque cuantitativo) o recolectar datos o información respecto a ésta (enfoque cualitativo)".

Se tiene entonces que la operacionalización de las variables es el proceso por el cual se transforma o se traduce una variable teórica en variables empíricas, directamente observables para poder medirlas.

Dentro de este marco ha de considerarse que la operacionalización de las variables por lo general se representa en un cuadro, aunque el proceso consta de tres etapas básicas, según Arias (2006):

a) Definición nominal, conceptual o constitutiva de la variable: consiste en establecer el significado de la variable, con base en la teoría y mediante el uso de otros términos.

b) Definición real de la variable: significa descomponer la variable, para luego identificar y determinar las dimensiones relevantes para el estudio. Las

dimensiones son todas las facetas que permiten describir adecuadamente una variable compleja.

c) Definición operacional de la variable: establece los indicadores para cada dimensión, así como los instrumentos y procedimientos de medición. Los indicadores son la propiedad manifiesta gracias a la cual se puede medir directamente una propiedad latente que es de interés. A su vez el índice es la cifra que razonablemente represente a los "n" datos obtenidos.

A continuación se presenta la tabla número 3, la cual resume la operacionalización de las variables de este trabajo de investigación.

Tabla 3. Operacionalización de Variables.

Diseñar un Modelo conceptual de Una Célula Flexible para fabricación del sistema de rieles de taladros de perforación tipo tierra de la Industria China Venezolana de Taladros, ubicada en la Base PetroIndustrial Palital, Estado Anzoátegui.

OBJETIVO ESPECIFICO	VARIABLE	DEFINICION	TECNICAS E INSTRUMENTOS	FUENTES DE INFORMACION
Desarrollar el mapa de procesos para la fabricación de los rieles del taladro de perforación.	Mapa de Procesos	Representación gráfica de un proceso en la que se ilustran en forma detallada todos los pasos del proceso.	**Técnicas:** - Revisión y Análisis Documental - Entrevista no estructurada - Observación no estructurada. **Instrumentos:** - Fichas de contenido, Plantillas y Documentos de revisión documental en formatos electrónicos. - Guía de Entrevista. - Cuademo de Notas, Cuadros de trabajo, Tablas. Computador portátil.	- Juicio de expertos. - Antecedentes de Investigación Similares. - Manuales de Equipos y Maquinas - Catálogo de Fabricantes. - Proyecto de Instalación de los equipos en ICVT. - Visita a empresas.
Identificar los requerimientos de la organización tomando en cuenta las premisas de diseño del modelo de fabricación para el sistema de rieles de taladros.	Requerimientos de la Organización	Una condición o necesidad de una organización para resolver un problema o alcanzar un objetivo		
Definir la ruta del proceso para desarrollo de piezas, partes y compontes del sistema de rieles de taladros	Ruta del Proceso	Es la secuencia de las operaciones recomendadas para la ejecución de un proceso.		
Describir la Tecnología de integración de los proceso de fabricación de piezas, partes y compontes del sistema de rieles de taladros recomendada.	Tecnologías de integración de procesos de fabricación	Es el enfoque integral del diseño de procesos que hace hincapié en la unidad del proceso, y que considera las interacciones entre las diferentes unidades de operación desde el principio, en lugar de optimizar por separado.		
Definir el modelo de célula de fabricación flexible que permita la automatización del flujo productivo para el sistema de rieles de taladros.	Célula de Fabricación Flexible	Máquinas CNC interconectadas por sistemas de transporte y manipulación de piezas, con una programación y secuenciación en el uso de recursos, eliminando la intervención humana dand y mayor flexibilidad en el cambio de producto.		
Realizar una estimación de los costos necesarios para la implementación de la Célula Flexible para fabricación del sistema de rieles de taladros	Estimación de Costos	Es una predicción basada en la información disponible en un momento dado. Incluye la identificación y consideración de diversas alternativas de cómputo de costos para iniciar y completar el proyecto.		

Fuente: Villalba (2013).

3.10 Factibilidad del estudio

La factibilidad está relacionada a la ejecución de la investigación, es decir a una definición de objetivos alcanzables, así como a la disponibilidad de recursos (humanos, técnicos y económicos) y acceso a la información para la realización de la investigación propuesta.

El objetivo del presente estudio es diseñar un Modelo Conceptual de una Célula Flexible para Fabricación del Sistema de Rieles de Taladros de Perforación Tipo Tierra, para lo cual se contó con información teórica, conocimientos adquiridos en la especialización de Ingeniería Industrial y Productividad, concretamente en la materia "Diseño de Sistemas CIM", y el asesoramiento del tutor académico, el cual es experto en el tema, garantizando así que la investigación será factible ya que su objetivo es alcanzable.

Por otro lado, se tiene que el investigador labora en la unidad donde se desarrolló la investigación y esto facilitó el acceso a la información y a los equipos tecnológicos que permitió la elaboración de la misma.

3.11 Resultados esperados

El principal resultado es un Modelo Conceptual de una Célula Flexible para Fabricación del Sistema de Rieles de Taladros de Perforación Tipo Tierra, una vez elaborado dicho modelo conceptual, la alta gerencia de la empresa evaluará la factibilidad del mismo, en caso de ser aceptado se procederá a la siguiente fase que es el desarrollo de la ingeniería básica y de detalles del modelo propuesto.

3.12 Consideraciones Éticas.

Como parte de las consideraciones éticas de este estudio se tiene que la información recopilada en la empresa será tratada con la discrecionalidad

y confidencialidad que se amerite, respetando los canales de acceso y divulgación establecidos según las normas de la empresa. Los resultados, conclusiones y recomendaciones, aquí obtenidos, estarán disponibles para los interesados en conocer acerca del proyecto y los aspectos concluyentes del mismo.

Las consideraciones éticas que se consideraron fueron de tipo prescriptivas; que especifican qué se puede hacer y cómo se debe hacer, generalmente representada por las sociedades profesionales y organizaciones, tales como:

- Código de Ética del Colegio de Ingenieros de Venezuela.
- Normas de Confidencialidad de la empresa ICVT.

Así mismo se consideraron las de tipo descriptiva; que especifican qué es lo bueno y qué es lo malo, como:

- Respeto de autor, haciendo mención a las fuentes bibliográficas.
- Absoluta confidencialidad en toda la información que la empresa ICVT considere como tal, así como también utilizar la misma, estrictamente, para fines académicos.

3.13 Cronograma de Ejecución

El cronograma de ejecución en el marco del proyecto de investigación, tiene gran significación, por cuanto, al permitir el establecimiento de metas y determinados periodos de tiempo para culminar cada una de las etapas y actividades inherentes al proceso de investigación; conlleva también a la fijación de un compromiso del investigador con la UCAB para presentar el proyecto en el tiempo previsto.

Se emplearon 12 semanas para la ejecución de la investigación, contadas a partir dela aprobación del proyecto.

Tabla 4. Cronograma de Ejecución.

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fase 1: Desarrollar el mapa de procesos para la fabricación de los rieles del taladro de perforación,												
Fase 2: Identificar los requerimientos de la organización tomando en cuenta las premisas de diseño del modelo de fabricación												
Fase 3 Definir la ruta del proceso para desarrollo de piezas, partes y compontes del sistema de rieles de taladros, basado en el mapa de procesos y en los requerimientos de la empresa ICVT.												
Fase 4: : Definir el modelo de célula de fabricación flexible												
Fase 5 : Elaboración y entrega del documento final para la revisión del jurado designado por la UCAB.												

Fuente: El autor (2014).

CAPÍTULO IV

MARCO ORGANIZACIONAL

4.1 Descripción de la Empresa

La empresa socialista de capital mixto "Industria China Venezolana de Taladros" , tiene como objetivo fabricar, ensamblar y certificar taladros de perforación tipo tierra y sus componentes, desarrollando bienes de fabricación nacional con altos estándares de calidad, seguridad, cultura ambiental, garantizando innovación y sustentabilidad, aplicando los principios de eficiencia, eficacia y transparencia en la gestión, asegurando la soberanía tecnológica y apoyando las actividades productivas petroleras y no petroleras nacionales, así como la posterior exportación que contribuya a estimular y promover la integración bajo el nuevo modelo geopolítico internacional.

Se encuentra Ubicada en Complejo Industrial Palital, antiguo predio Taguache Macanillar, entre KM 16 y 17 de la Carretera Nacional Orinoquia (Puerto Ordaz – La Viuda), Municipio Independencia, Edo. Anzoátegui.

La empresa para el año 2014 cuenta con una fuerza laboral de ciento setenta y cuatro personas (174) y una capacidad de ensamblaje de taladros de perforación de veinte (20) por año en base a desarrollo de facilidades industriales.

4.2 Aspectos Comerciales

- La Empresa Pertenece al Género Industrial Metalmecánico.
- Línea de Productos: Partes, Piezas y Componentes para Taladros de Perforación Petrolera de Capacidades Comprendidas entre 750hp y 3000hp.

- Políticas de Comercialización: Ventas a Crédito, Clientes Nacionales.

4.3 Aspectos Operativos

La empresa se encuentra en etapa de desarrollo de sus facilidades industriales para el inicio de los procesos de fabricación de partes piezas y componentes de taladros como núcleo de proceso operativo de la fábrica.

Actualmente y en concurrencia con los procesos de construcción se realizan ensamblajes de taladros enmarcados en la primera fase de desarrollo de la empresa la cual es construcción, ensamblaje y comercialización de taladros de perforación enmarcada la misma en el Plan de Negocios de 2010-2016

4.4 Procesos Productivos

El proceso de ensamblaje de los taladros tipo tierra ejecutado, es el resultado de la unión de los diversos componentes (ver figura 1) que forman parte de la estructura física de los mismos, este proceso se lleva a cabo por una serie de fases o etapas bien definidas, las cuales requieren de: tiempo, recurso humano, planificación estratégica, materiales, equipos y herramientas indispensables para su realización.

4.5 Taladro de perforación

El Taladro o torre de perforación es un dispositivo utilizado para realizar una perforación en la corteza terrestre y posteriormente lograr para la extracción del crudo desde el yacimiento, poseen tanto modelos como capacidades variables y según su naturaleza pueden perforar en diferentes tipos de territorios.

La materia prima utilizada para fabricación de un taladro de perforación se basa principalmente en aceros aleados para los componentes estructurales de fabricación metalmecánica, por otro lado se también existen

componentes eléctricos, electrónicos e hidráulicos, así como también equipos como bombas centrifugas, motores eléctricos, motores generadores, sistemas de control, sistemas hidráulicos.

4.6 Sistema de Rieles

El sistema de rieles o sistema de movilización es un sub sistema general incluido en el taladro de perforación el cual aporta movilidad y cierto grado de autonomía en los procesos de perforación petrolera, gracias a este sistema el taladro puede ser trasladado de un lugar a otro sin la necesidad de realizar el proceso de desarme total del taladro.

El sistema de rieles generalmente está constituido por seis (6) secciones (ver plano 4) que tienen los siguientes componentes:

Viga Ancha o de apoyo ancho (ver plano 1): En esta viga es donde se colocan los gatos hidráulicos que le darán el impulso al taladro de perforación para desplazarlo de un pozo a otro. Los gatos se fijan en la viga en los espacios rectangulares y de allí el gato se apoya e impulsa el eje empujando al taladro, luego el gato se mueve y se fija en los espacios rectangulares siguientes y se vuelve a impulsar el eje, este ciclo se repite en ambos gatos hasta llevar el taladro a la nueva posición de trabajo.

El taladro de perforación se desplaza sobre el sistema de rieles impulsado simultáneamente por dos gatos hidráulicos colocados en la viga ancha como se observa en las figuras 7, 8, 9 y 10.

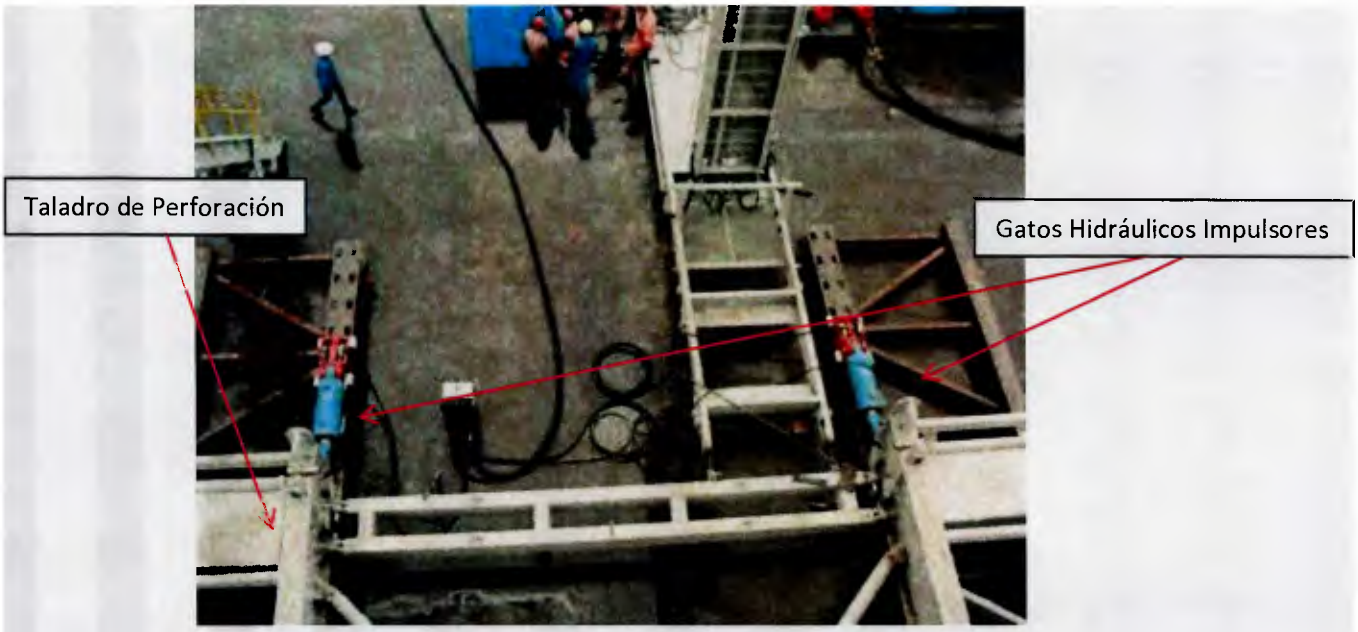


Figura 7. Gatos Hidráulicos impulsores.

Figura 8. Sistemas de Rieles.

Figura 9. Gatos Hidráulicos impulsores al inicio del desplazamiento.

Figura 10. Gatos Hidráulicos impulsores al final del desplazamiento.

A continuación se presenta tabla de especificaciones donde se evidencian las principales características del sistema de rieles de un taladro de perforación tipo tierra de la ICVT.

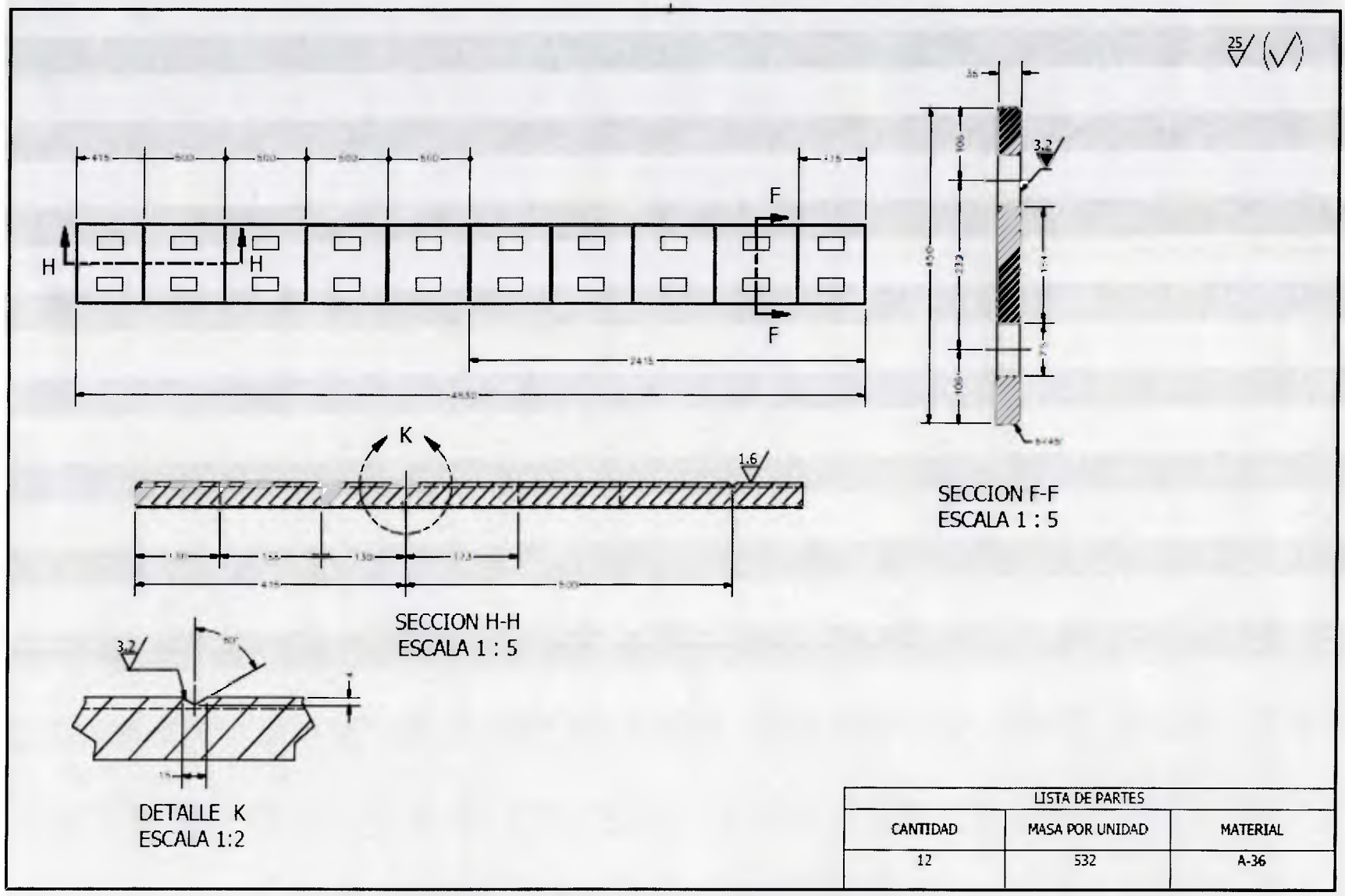
Tabla 5: Especificaciones del Sistema de Rieles.

Sistema de Rieles del Taladro ICVT		
Cantidad de secciones	6	Material
Longitud de secciones (mm)	4830	
Vigas principales	PERFIL I 380X150mm	ASTM A-36 Gr
Alma viga principal (mm)	14,4	ASTM A-36 Gr
Altura del perfil (mm)	400	ASTM A-36 Gr
Ancho de la base (mm)	150	ASTM A-36 Gr
e: Ala inferior (mm)	21	ASTM A-36 Gr
e: Plancha deslizamiento(mm)	35	ASTM A-36 Gr
Canales de lubricación	Transversales	
Cartelas	7 Exte / 4 inte	ASTM A-36 Gr
Barras Rigidizadoras		Perfil IPN 250x125
Tubo Oblicuo y transversales	Barra redonda lisa	SAE-1045 2 3/4 pulgadas

Fuente: PDVSA.

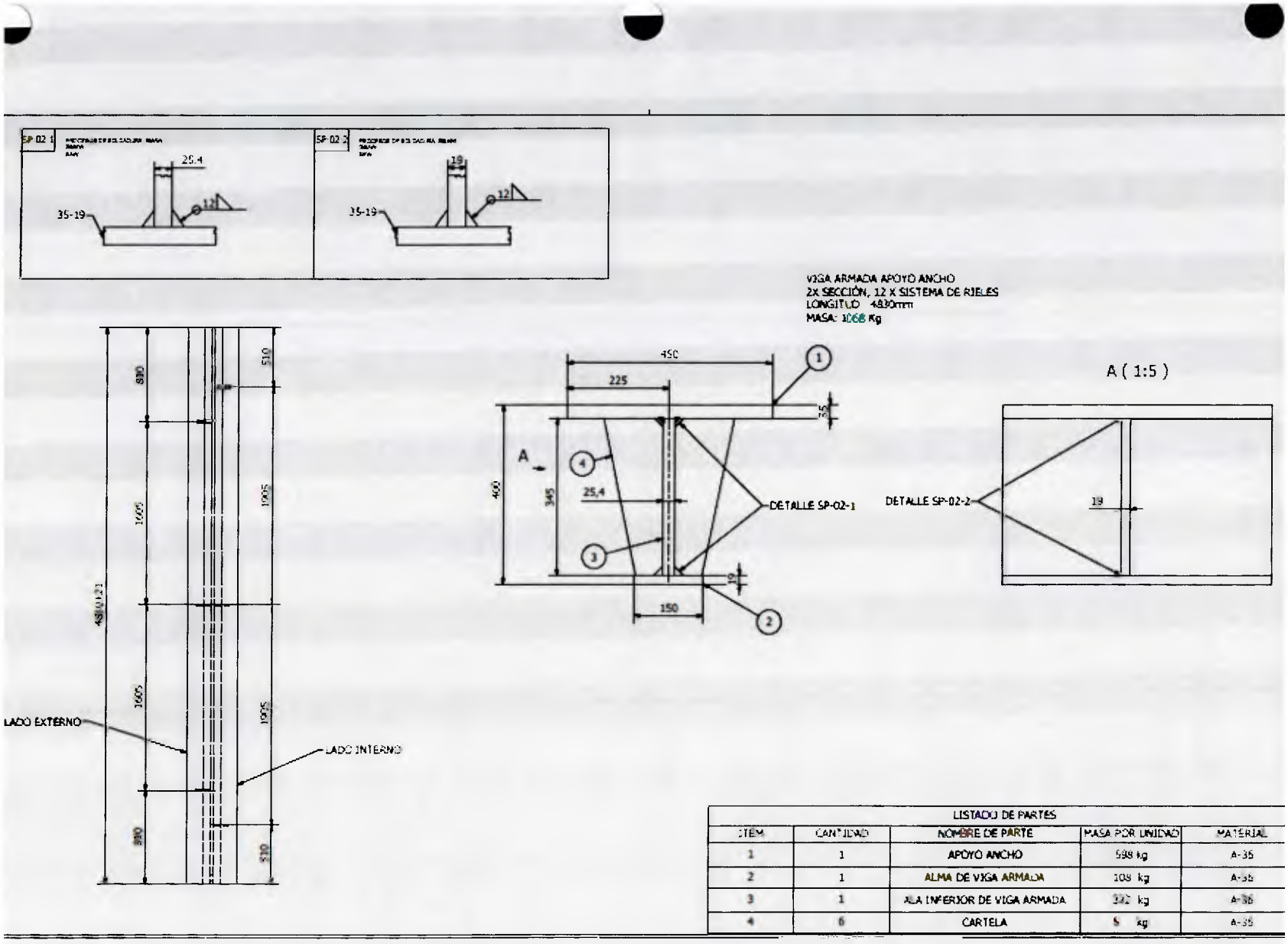
La empresa en el año 2014 debe realizar la fabricación de sistemas de desplazamiento para la transformación de 10 taladros piramidales de tecnología china, a modulares con una autonomía de avance de 120 mts. El diseño de construcción es basado en el empleo de perfiles metálicos IPN, laminas de e= 35 mm, y barras lisas SAE 1045, lo que se traduce en un volumen requerido de 6.000ton/Perfiles.

En los planos 1, 2, 3, 4 y 5 se ven las especificaciones del diseño de los componentes del sistema de rieles.



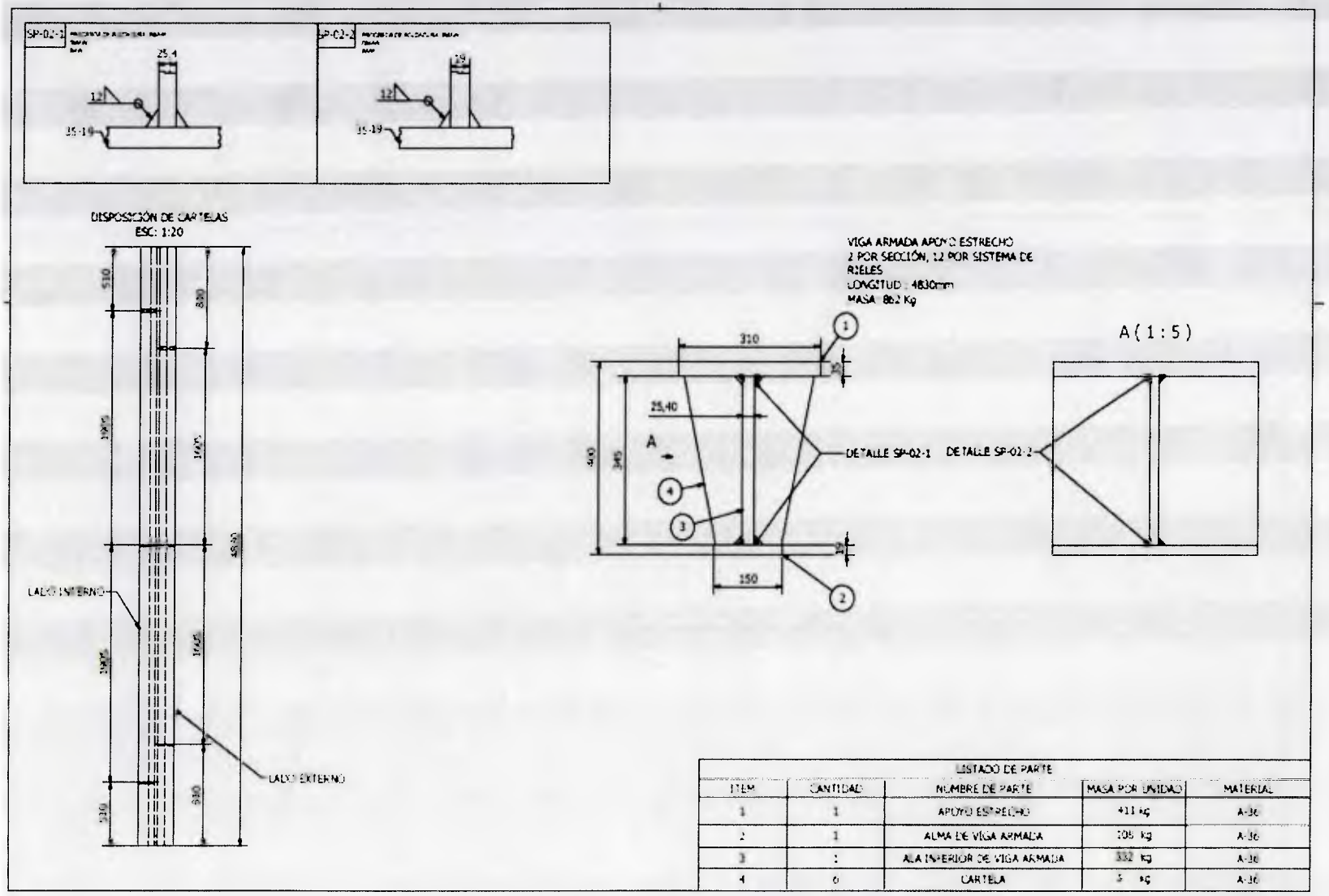
LISTA DE PARTES		
CANTIDAD	MASA POR UNIDAD	MATERIAL
12	532	A-36

Plano 1: Perfil de apoyo de la Viga Ancha del Sistema de rieles

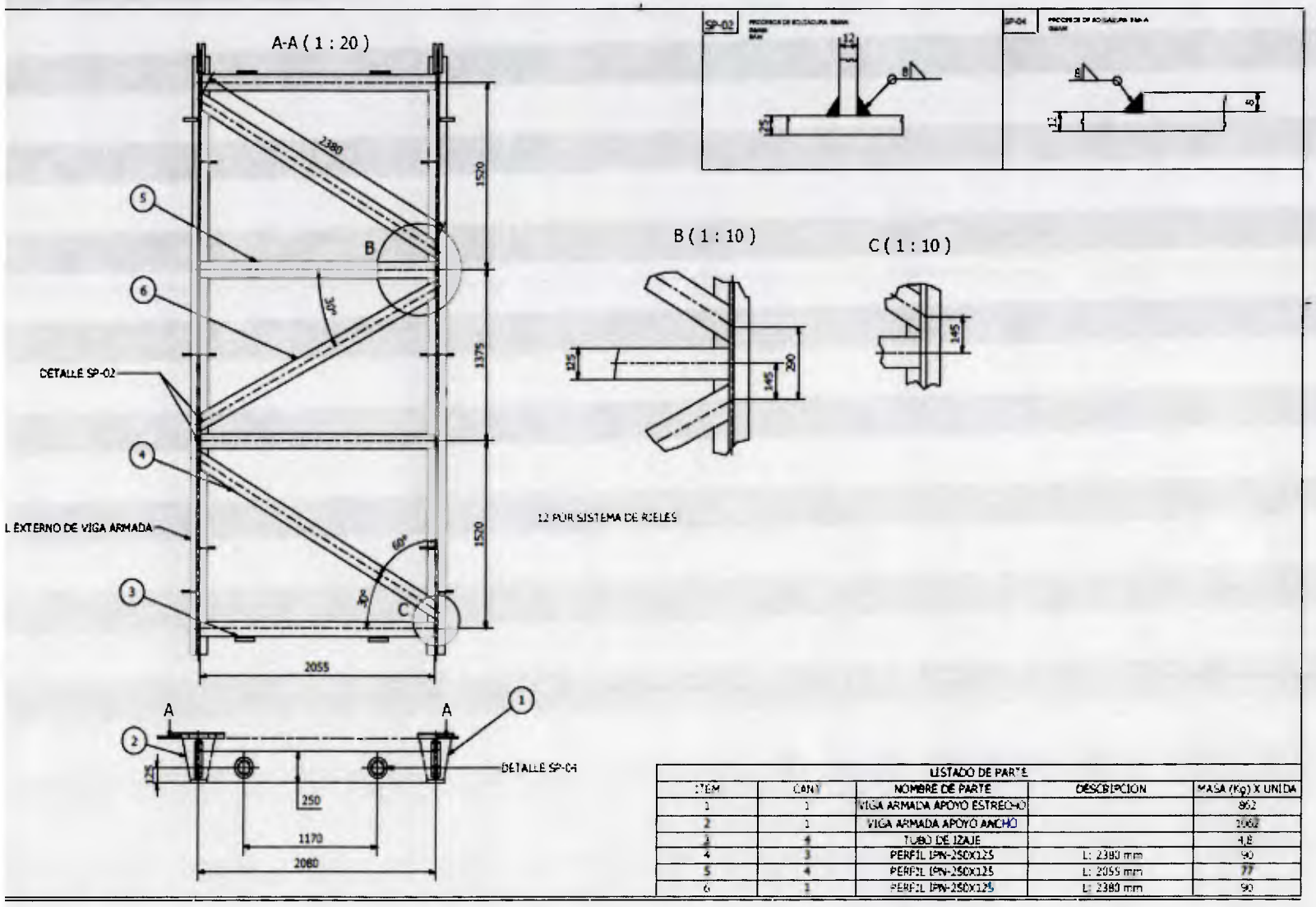


LISTADO DE PARTES				
ITEM	CANTIDAD	NOMBRE DE PARTE	MASA POR UNIDAD	MATERIAL
1	1	APOYO ANCHO	598 kg	A-36
2	1	ALMA DE VIGA ARMADA	108 kg	A-36
3	1	ALA INFERIOR DE VIGA ARMADA	342 kg	A-36
4	6	CARTELA	5 kg	A-36

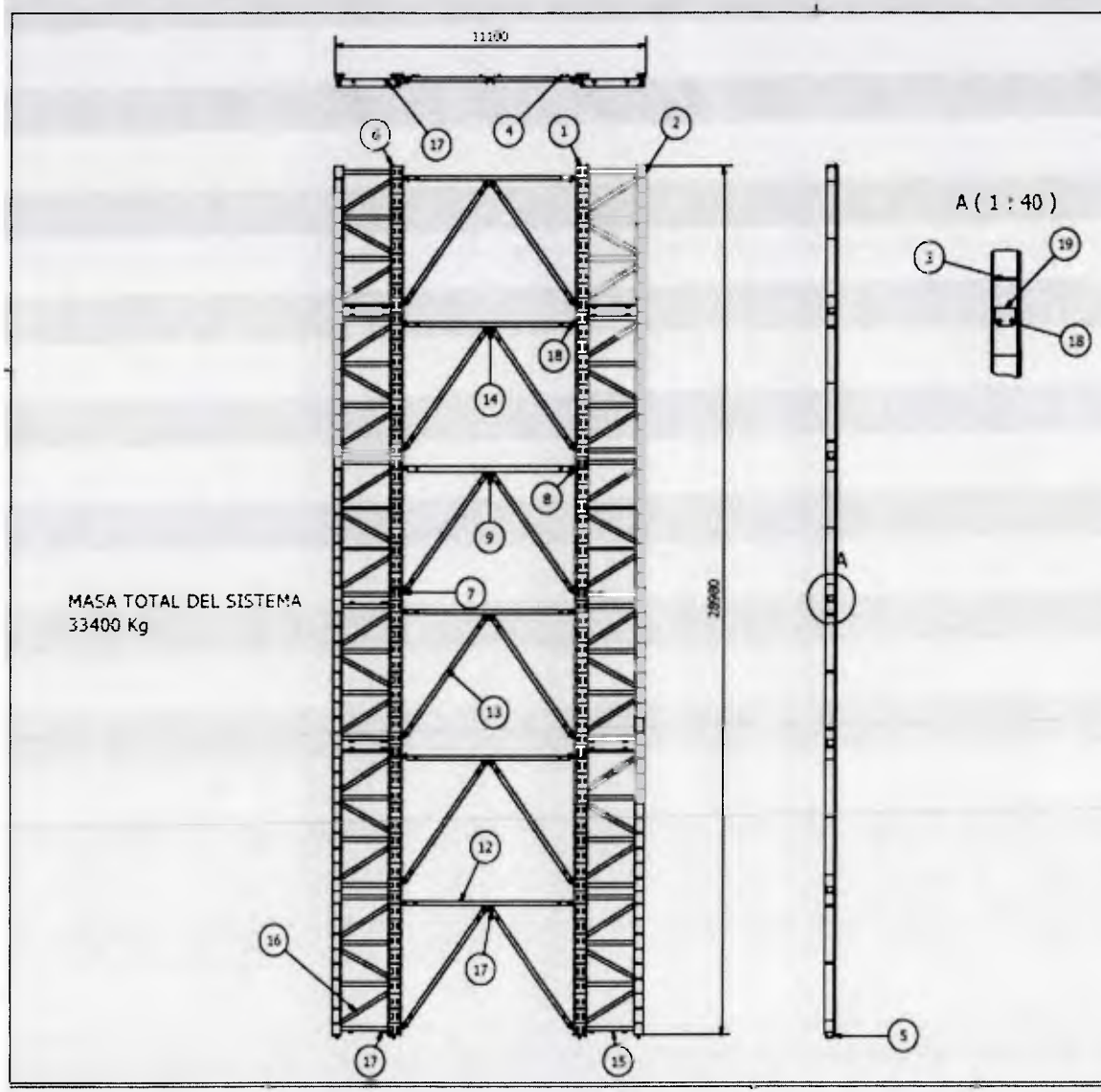
Plano 2: Viga Ancha del Sistema de rieles



Plano 3: Viga Estrecha del Sistema de rieles



Plano 4: Partes de una sección del Sistema de rieles



LISTADO DE PARTE		
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	12	VIGA ARMADA APOYO ANCHO
2	12	VIGA ARMADA APOYO ESTRECHO
3	144	CARTELA
4	36	GANCHO IZAJE
5	12	GUIA HEMBRA
6	12	GUIA MACHO
7	12	OREJA HORIZONTAL
8	12	OREJA VERTICAL
9	6	OREJA INTERMEDIA
10	84	OREJA EXTREMO
11	48	TUBO IZAJE
12	6	TUBO TRANSVERSAL
13	12	TUBO OBLICUO
14	84	DISCO REFUERZO
15	48	VIGA IPN TRANSVERSAL
16	36	VIGA IPN OBLICUA
17	84	DISCO EXTREMO
18	116	PASADOR
19	48	OREJA EXTERNA

Plano 5: Sistema de Rieles Ensamblados en el terreno con sus partes

CAPITULO V
RESULTADOS

En el siguiente capítulo se presenta el desarrollo de un modelo conceptual de una célula flexible para fabricación del sistema de rieles de taladros de perforación tipo tierra, el cual es una propuesta, quedando a criterio de la alta gerencia de empresa, darle continuidad a la ingeniería básica y de detalles para su implementación.

5.1 Mapa de Procesos para la Fabricación de los Rieles

El mapa de procesos para la fabricación de los rieles del taladro de perforación, se basa en la manufactura de sus partes y componentes, los cuales serán mecanizados por la célula flexible de fabricación, para posteriormente ser ensamblados.

La materia prima para el mecanizado y fabricación de estos componentes son suministrados por sus proveedores y cumpliendo con las Normas y requerimientos de PDVSA Industrial SA, Acerías nacionales e internacionales, fábricas de equipos, componentes y partes, los cuales suministran las especificaciones técnicas para la fabricación del producto, la planificación estratégica del proceso productivo, transferencia tecnológica, consumibles y herramientas y procedimientos de fabricación, prueba y certificación. En la figura 16 se presenta el mapa de procesos.

Procesos de fabricación de los sistemas de rieles.

La célula de fabricación flexible consiste en un grupo de estaciones de procesamiento (usualmente máquinas de CNC), interconectadas por un sistema de manejo de materiales y almacenamiento, y controlado por un sistema DNC. El término Flexible viene de la capacidad de procesar

diferentes tipos de partes simultáneamente en varias estaciones de trabajo, además de adaptarse en poco tiempo para la fabricación de piezas diferentes.

Materia Prima

Las láminas de acero que se emplearan para la fabricación de las vigas son producidas por SIDOR, esta empresa ofrece una amplia variedad de espesores en láminas que varían desde 1,8 mm hasta 12,7 mm. El consumo requerido será para la Fase I de 1.010 ton / mes, para la construcción de quinientas vigas para las secciones del sistema de rieles. Posteriormente cuando se dé inicio a la Fase II el consumo de láminas de acero será de 6.060 ton / mes para la construcción de tres mil vigas. La Fase I se refiere al primer año de contrato con la empresa Sidor y la Fase II a partir del segundo año. Estos lapsos contados a partir de que se tenga todo el taller de fabricación montado y funcionando con todas sus maquinarias.

La materia prima será suministrada a la estación de corte por un alimentador de rodillos, operada de forma manual por un trabajador y tendrá una unidad de entrada de datos y monitorear comunicaciones entre el operador y el sistema de DNC. Aquí el operador debe manejar correctamente las sujeciones usadas. La pieza de entrada debe de estar en la posición correcta, con la limpieza requerida y lista para que entre en la estación de corte el sistema de manufactura.

La célula de fabricación desarrollada consta de las siguientes estaciones:

- Estación de corte de material
- Estación de mecanizado
- Estación de Almacén intermedio
- Estación de soldadura
- Estación de rectificado

Mapa de Procesos

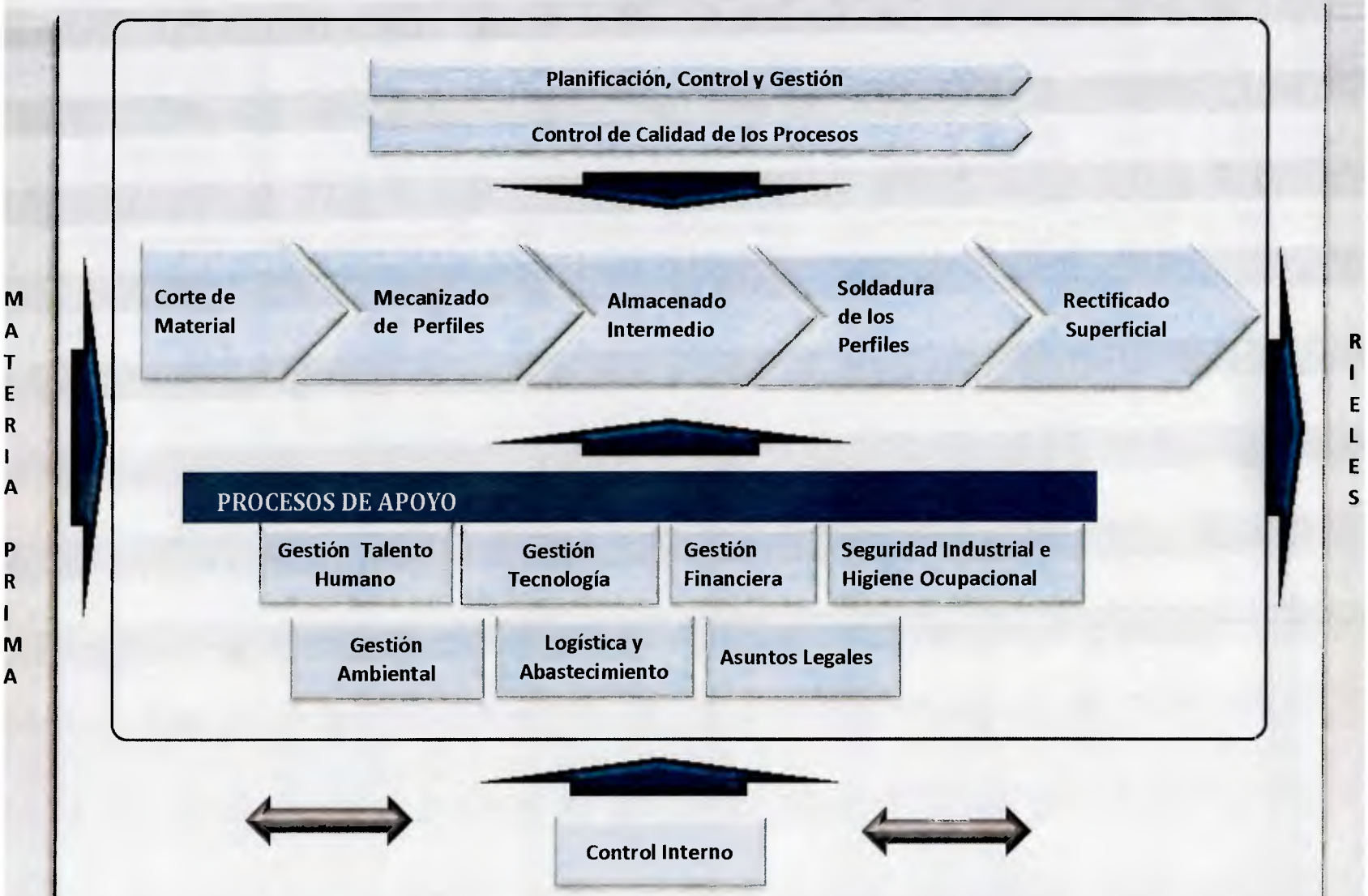


Figura 11. Mapa de Procesos de la Fabricación de Sistemas de Rieles. Fuente: El Autor

Estación de Corte de Material: Este proceso consiste en cortar las láminas de acero de diversos espesores a las medidas requeridas de alma y ala de la viga a fabricar. Este corte de material se realizara mediante dos cortadoras de CNC, ubicadas en un área de 30 metros cuadrados. A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso de corte de material.

Flujo de proceso de corte de material.
Lugar: Estación de Corte de Material
Elaborado por: Ing. Francisco Serrano

○ Operación
□ Inspección
⇨ Transporte
D Retraso
△ Almacenamiento

No.	Actividades	○	□	⇨	D	△	Descripción
1	Selección del perfil de acero	●					Seleccionar el perfil de acero de acuerdo al requerimiento de fabricación
2	Inspección del perfil		●				Inspección del perfil para verificar los requerimientos
3	Transporte del perfil a la máquina de corte			●			Transporte por rodillos a la maquina CNC de corte
4	Posicionar el perfil en la máquina.	●					El perfil se posiciona de manera automática de acuerdo posición prefijada
5	Sujeción del perfil en la maquina	●					El perfil se sujeta con sujetadores hidráulicos en la maquina
6	Corte del perfil	●					Maquina corta el material según requerimiento
7	Verificación de las medidas del corte		●				Se verifican las medidas según planos de pieza cortada
8	Desmontaje del perfil	●					Se desmonta el perfil
9	Transporte a la siguiente estación			●			El perfil es enviado a la siguiente estación

Figura 12. Flujo de proceso de corte de material. Fuente: El Autor

Mecanizados del Perfil: Se posicionan los perfiles previamente cortados sobre las mesas de precisión para dar inicio al proceso de mecanizado especializado realizado por dos (2) equipos de mecanizado de alto rendimiento, (fresadora de CNC) que utiliza lenguaje ISO para el proceso de mecanizar la pieza, las maquinas realizan mecanizados en tres ejes de manera continua (Superior, Lateral Izquierdo y Lateral Derecho) con acabados de alto nivel. Estas máquinas estarán dispuestas en un área de 40 metros cuadrados. A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso de corte de material.

Flujo de proceso de mecanizado de perfiles.
Lugar: Estación de Mecanizado de Perfiles
Elaborado por: Ing. Francisco Serrano

○ Operación
□ Inspección
⇨ Transporte
D Retraso
△ Almacenamiento

No.	Actividades	○	□	⇨	D	△	Descripción
1	Posicionar el perfil en la máquina.	●					El perfil se posiciona de manera automática de acuerdo posición prefijada
2	Sujeción del perfil en la maquina	●					El perfil se sujeta con sujetadores hidráulicos en la maquina
3	Mecanizado del perfil	●					Maquina mecaniza el perfil según requerimiento
4	Verificación de las medidas		●				Se verifican las medidas según planos de pieza cortada
5	Desmontaje del perfil	●					Se desmonta el perfil
6	Transporte a la siguiente estación			●			La lamina es enviada a la estación de almacenaje
7	Almacenaje					●	Almacenaje en estación

Figura 13. Flujo de proceso de mecanizado del perfil. Fuente: El Autor

Almacenado intermedio: El almacén intermedio tendrá la función de almacenamiento temporal de las partes mecanizadas procedentes de la estación de mecanizado de perfiles y debe estar situado convenientemente para facilitar el acceso y comunicación entre las estaciones de trabajo para facilitar el proceso de fabricación.

El almacén debe tener capacidad para almacenar partes para el ensamblaje de 20 vigas de las secciones de rieles: 10 anchas y 10 estrechas, o lo que es lo mismo capacidad para 40 toneladas de material (ver planos 2 y 3). . El almacén estará dispuesto en un área de 60 metros cuadrados

El manejo de las partes en el almacén será realizado por un brazo manipulador (robot), esta máquina descargará de la estación de mecanizado las partes mecanizadas y las ubicará en el sitio predeterminado, cuando se haga necesario suministro de partes a la estación de soldadura de perfiles el brazo manipulador la suministrará de acuerdo al plan programado y controlado por el sistema DNC.

El brazo manipulador tendrá una capacidad de carga de 600 kg, ya que la pieza de más peso es el ala superior de la viga ancha que pesa 532 Kg (ver plano 1) y los demás componentes pesan menos.

Soldadura de Perfiles: Una vez cortadas y mecanizadas las láminas a la medida deseada se debe realizar cuatro cordones de soldadura para fabricar las vigas electrosoldadas, para ello se pretende utilizar un equipo de perfiles MechTrac 3000 BR Linear, diseñado por la empresa ESAB, de fabricación brasileña, Este Equipo tiene la capacidad de fabricar 12 metros de perfil metálico tipo H cada 10 minutos. Aprobados bajo la norma AWS. Esta máquina estará dispuesta sobre una bancada de acero de 6 x 6 metros sobre un área de 60 metros cuadrados A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso de soldadura de los perfiles.

Flujo de proceso de fabricación de las vigas.

Lugar: Estación de Soldadura de Perfiles

Elaborado por: Ing. Francisco Serrano

○ Operación
□ Inspección
⇨ Transporte
D Retraso
△ Almacenamiento

No.	Actividades	○	□	⇨	D	△	Descripción
1	Transporte del perfil de apoyo			●			Traslado del perfil de apoyo desde la estación de almacenamiento a la estación de soldadura
2	Posicionar el perfil de apoyo en la máquina	●					El perfil se posiciona de de acuerdo posición prefijada
3	Sujeción del perfil de apoyo en la mesa	●					El perfil se sujeta en la bancada
4	Transporte del perfil del ala inferior			●			Traslado del perfil de apoyo desde el almacén a la estación de soldadura
5	Posicionar del perfil del ala inferior con el perfil de apoyo en la máquina	●					El perfil se posiciona de acuerdo posición prefijada
6	Sujeción del perfil del ala inferior con el perfil de apoyo en la máquina	●					El perfil se sujeta en la bancada
7	Verificación de las posiciones de los perfiles de apoyo y ala inferior		●				Se verifican las posiciones y medidas según planos
8	Aplicar soldadura de acuerdo a especificaciones de diseño	●					Se aplica soldadura para unir el perfil de apoyo y el perfil del ala inferior
9	Verificación de soldadura		●				Se verifica que la soldadura cumpla con las normas
10	Transporte del perfil del alma de la viga			●			Traslado del perfil del alma desde el almacén a la estación de soldadura
11	Posicionar el perfil del alma en la estructura	●					El perfil se posiciona de acuerdo posición prefijada
12	Sujeción del perfil del alma en la viga	●					El perfil se sujeta en la bancada

No.	Actividades	○	□	⇨	D	△	Descripción
13	Verificación de la posición del perfil del alma en la estructura						Se verifican las posiciones y medidas según planos
14	Aplicar soldadura de acuerdo a especificaciones de diseño						Se aplica soldadura para unir el alma de la viga con el perfil de apoyo y el perfil del ala inferior
15	Verificación de soldadura						Se verifica que la soldadura cumpla con las normas
16	Transporte de las cartelas para la viga armada.						Traslado de las cartelas desde el almacén a la estación de soldadura
17	Posicionar las cartelas en la estructura						Las cartelas se posicionan de acuerdo posición prefijada
18	Sujeción de las cartelas en la estructura						Las cartelas se sujetan en la estructura de la viga
19	Verificación de la posición de las cartelas en la estructura						Se verifican las posiciones y medidas según planos
20	Aplicar soldadura de acuerdo a especificaciones de diseño						Se aplica soldadura para unir las cartelas con la estructura de la viga.
21	Verificación de soldadura						Se verifica que la soldadura cumpla con las normas
22	Verificación final de dimensiones de la viga armada						Se verifican las posiciones y medidas según planos
23	Desmontaje de la viga armada						Se desmonta la viga
	Salida a la estación de rectificado y acabado						Traslado a la siguiente estación.

Figura 14. Flujo de proceso de soldadura de las vigas. Fuente: El Autor

Rectificado Superficial: El área de deslizamiento de las vigas (viga de apoyo) tendrá una superficie de acabado de rugosidad N7 (1,6 Micras, ver plano 1), las cuales serán rectificadas en la estación de Rectificado Superficial, para el desarrollo de este proceso se usará un equipo de Marca *SKODA*, CNC Modelo HCW3260 que utiliza lenguaje ISO para la programación del proceso de mecanizar la pieza. A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso de rectificación de los perfiles.

Flujo de proceso de rectificado de perfiles.
Lugar: Estación de Rectificado de Perfiles
Elaborado por: Ing. Francisco Serrano

○ Operación
□ Inspección
⇨ Transporte
D Retraso
△ Almacenamiento

No.	Actividades	○	□	⇨	D	△	Descripción
1	Posicionar el perfil en la máquina de rectificar	●					El perfil se posiciona de manera automática de acuerdo posición prefijada
2	Sujeción del perfil en la maquina	●					El perfil se sujeta en la bancada de la maquina
3	Rectificado del perfil	●					Maquina rectifica la superficie del perfil según requerimiento
4	Verificación del rectificado con rugosimetro		●				Se verifica la rugosidad según planos
5	Desmontaje del perfil	●					Se desmonta el perfil
6	Transporte al almacén general			●			La lamina es enviada a la estación de almacenaje
7	Almacenaje					●	Almacenaje en estación

Figura 15. Flujo de proceso de rectificado de las vigas. Fuente: El Autor

Control de Calidad: El control de calidad para las vigas del sistema de rieles estará basado en el control y verificación de los siguientes parámetros:

Dimensionales: La finalidad es comprobar que las piezas fabricadas cumplen las dimensiones especificadas en el diseño.

Rugosidad: La finalidad es comprobar que las superficies tengan la rugosidad especificada en los planos de fabricación. Para las superficies de deslizamiento se requiere una rugosidad de 1,6 Micras.

Soldadura: Se comprobará que todas las soldaduras hechas cumplan con las especificaciones dadas en los planos de fabricación y se debe ejecutar cumpliendo las especificaciones de la Norma AWS-D1-1-88, de la *American Welding Society,* la cual indica cómo se deben realizar y comprobar las soldaduras en estructuras metálicas.

5.2 Requerimientos de la Organización para la Fabricación del Sistema de Rieles

El modelo de FMS debe considerar los siguientes requerimientos para la fase de fabricación del sistema de rieles de taladros:

Requerimientos Generales

- Gerencia y supervisión continúa de todas las actividades de planificación y durante la ejecución de los trabajos de fabricación.
- Todas estas actividades deben estar basadas bajo estrictas normativas de PDVSA u otras Estándares Internacionales.

Manejo de Materiales

El Manejo de Materiales es parte esencial de todo proceso de manufactura y se realiza cada vez que un material, parte a producto terminado se mueve a de un lugar a otro.

Dentro de esta célula de fabricación flexible, el manejo de materiales es el requerimiento más exigente, ya que este factor repercutirá en el costo del producto, por lo que es necesario contar con un sistema de transporte que garantice el movimiento con exactitud y a bajo costo.

Para el manejo de materiales de las estaciones de corte de material y mecanizado de material se utilizará transportadores de rodillo accionado por medio de una cadena que transmite el movimiento de rodillo a rodillo; este tipo de transportadores es ideal para el manejo de objetos pesados, como es el caso de los perfiles para la fabricación de las vigas del sistema de rieles.

Se usará este sistema de rodillos para transportar los perfiles entre la estación de corte y la estación de mecanizado y de la estación de soldadura a la estación de rectificado, el será el encargado de mover los componentes de los rieles entre las estaciones de trabajo y hacia dentro y fuera del sistema.

Para el manejo de material en la estación de almacenaje intermedio con la estación de mecanizado y la estación de soldadura se utilizara un brazo manipulador (robot), esta máquina descargará de la estación de mecanizado las partes mecanizadas y las ubicará en el sitio predeterminado, cuando se haga necesario suministro de partes a la estación de soldadura de perfiles el brazo manipulador la suministrará de acuerdo al plan programado y controlado por el sistema DNC.

Corte y Biselado

- El corte y biselado de las planchas de acero se realizarán mediante métodos mecánicos, concretamente con una cortadora a CNC.
- De acuerdo al diseño y especificaciones técnicas establecidas se exige que la preparación de extremos biselados para soldadura tope a tope (*Butt Weld*, BW) debe ser según las normas ASME B31.3. Esta norma explica cómo se debe preparar los elementos biselados a ser unidos mediante soldadura.

Mecanizado

El mecanizado de los componentes de los rieles se realizarán mediante equipos a CNC: Cortadora, centro de mecanizado (fresadora), soldadora y rectificadora cumpliendo con las especificaciones técnicas del diseño del sistema de rieles.

Elementos de Unión

Los elementos de unión para los diferentes miembros metálicos deben ser mediante soldadura según especificaciones dadas en el diseño. Los elementos a unir son el perfil de apoyo, el alma de la viga, el ala inferior de la viga y las seis (6) cartelas, todos ellos conformarán la viga armada (ver planos 2 y 3).

Soldaduras

Todas las soldaduras se deben ejecutar cumpliendo las especificaciones de la Norma AWS-D1-1-88 de la *American Welding Society*. Los elementos a soldar son el perfil de apoyo, el alma de la viga, el ala inferior de la viga y las seis (6) cartelas, todos ellos conformarán la viga armada (ver planos 2 y 3).

Procedimiento de Soldadura.

- Antes de dar comienzo a la producción de soldadura, se establecerá y calificará una especificación detallada del procedimiento para soldar, a fin de demostrar que las soldaduras a ejecutar por este procedimiento cumplen con las especificaciones dadas por el diseño y presentes en los planos de fabricación.

- Las pruebas de calificación de los procedimientos de soldadura (PQR) se efectuarán en concordancia con los requerimientos de sección IX del ASME "*Welding & Brazing Qualification*", PDVSA PI – 06 – 01 – 02 ""Elaboración del Procedimiento de Soldadura", para la calificación de soldadura a satisfacción de la empresa.

- La velocidad del arco deberá ser la adecuada para que permita obtener una soldadura que cumpla con las especificaciones. El equipo de soldadura propuesto tiene una velocidad máxima de 1,2 metros por minuto para soldaduras de 12 milímetros de ancho, que es la exigida en los planos de fabricación.

- La soldadura terminada deberá estar libre de costras, óxidos, agujeros, inclusiones no metálicas, burbujas de aire o cualquier otro defecto, debiendo presentar un aspecto nítido y uniforme, después de limpiarse y cepillarse totalmente, todo esto exigido en el diseño del sistema de rieles.

- Las soldaduras para ser aceptables deberán cumplir con todos los requerimientos De la Norma ASME B31.3.

Rectificado Superficial

El rectificado de los componentes de los rieles deben cumplir con las especificaciones técnicas de diseño, las cuales exige una rugosidad de 1,6 micras en las superficies de deslizamiento (ver planos 2 y 3).

Personal Humano

El personal humano requerido para operar la célula de fabricación de rieles estará formado por dos personas que tendrán las siguientes funciones:

Operador de Fábrica:

- Carga de materia prima al sistema
- Descarga de productos terminados del sistema
- Intercambio e instalación de herramientas
- Mantenimiento y reparaciones menores de equipos

Operador del Sistema Computarizado

- Programación de partes de control numérico
- Programación y operación del sistema de control
- Administración general del sistema

5.3 Ruta del Proceso para la Fabricación de los Componentes.

El diseño de la célula de fabricación flexible, y especialmente la elección de las máquinas que se utilizarán, se regirá por el proceso de fabricación de las piezas.

Las máquinas y el sistema de manejo de materiales están arreglados en una línea recta (ver figura 16). Los perfiles a se mueven de una estación de trabajo a la otra en una secuencia bien definida, con trabajo siempre

moviéndose en una dirección sin flujo de regreso. En el apartado 5.1 se explicó el flujo de los procesos de cada estación.

Es imprescindible que las máquinas dispongan de control numérico, en lo que pueden ser útiles tanto máquinas estándar (p.ej. centros de mecanizado) como máquinas especiales (p.ej. cambiadores de cabezales de taladrado multihusillo o unidades de fresado).

La distribución de planta de las máquinas y equipos que integrarán la FMS es un sistema de transferencia lineal, la cual permitirá mover los componentes fabricados entre las estaciones de procesamiento y las estaciones de carga y descarga. Tendrá movimiento en una sola dirección. En la figura 16 se observa la disposición de las maquinas colocadas en función de la ruta del proceso de fabricación.

Una vez que el proceso inicia, los materiales se mueven directamente de una operación a otra hasta concluir el proceso. El resultado es un proceso de producción más fluido. La comunicación entre estaciones estará coordinada por el sistema computarizado de control, esto mejora la calidad y coordinación entre estaciones.

La célula de fabricación se muestra estará integrada por las siguientes estaciones:

- Estación de corte de material: tendrá dos máquinas cortadoras a CNC. en esta estación entra los perfiles a ser cortados a medida desde el exterior a través del sistema de transporte tipo rodillo accionado por cadena, el cual dispondrá de un sensor para contar la cantidad de material que entra a la estación. El perfil ya cortado a medida pasa a la siguiente estación donde se mecanizará según especificaciones de diseño. El volumen de producción por cada máquina será de tres

juegos de piezas de vigas por hora, al ser dos máquinas el volumen total es de seis juegos de piezas por hora.

- Estación de mecanizado: integrada por dos centros de mecanizados, tipo fresadora a CNC, que disponga de cuatro (4) ejes de mecanizado. Esta estación será alimentada con los perfiles cortados de la estación de corte y luego de ser mecanizados serán enviados al almacén intermedio mediante el sistema de transporte tipo rodillo accionado por cadena, el cual dispondrá de un sensor para contar la cantidad de material que sale a la estación de almacenado intermedio. El volumen de producción de esta estación será de seis (6) juegos de piezas para vigas por hora.

- Estación de Almacenamiento intermedio: con capacidad de almacenar componentes para la fabricación de cinco (5) vigas, o sea 10 toneladas de material y este será manejado por un brazo articulado tipo robot, que toma el material terminado de la estación de mecanizado y lo coloca en el sitio del almacén previamente programado. Cuando la estación de soldadura requiera de piezas para la fabricación de vigas, el brazo articulado lo toma del almacén y lo lleva a la bancada de soldadura y la posiciona

- Estación de soldadura de rieles: Tendrá una maquina soldadora a CNC y fabricará las vigas con los perfiles que le suministra la estación de almacenado intermedio. Tendrá una capacidad de producción de seis vigas por hora, ya que el equipo de soldadura tiene un rendimiento de 1,2 metros por minuto, y al tener la viga 4.8 metros dará un tiempo de 6 minutos en fabricar una viga, más el tiempo de posicionamiento, sujeción, verificación y desmontaje de 4 minutos, dando un total de 10 minutos.

- Estación de Rectificado de rieles: tendrá una maquina rectificadora controlada por un CNC. Esta estación será alimentada por las vigas fabricadas en la estación de soldadura y su volumen de producción será de seis vigas rectificas cada hora. Estas vigas ya listas saldrán al almacén general de la empresa.

Figura 16. Ruta de Procesos de la Fabricación de Sistemas de Rieles. Fuente: El Autor.

5.4 Tecnología de integración del proceso de fabricación recomendada.

Sistema de Control a Implementar.

Teniendo en cuenta la conceptualización planteada anteriormente para los procesos de fabricación de los componentes de los rieles y la consulta a expertos en el tema, se toma como punto de referencia la solución integral en automatización *Totally Integrated Automation* (TIA) o Automatización Totalmente Integrada (TIA), la cual es una tecnología de integración de procesos desarrollada por muchas empresas mundiales.

La tecnología TIA consiste en integrar totalmente los diferentes componentes de automatización, desde el PLC, hasta el nivel de gestión de producción, pasando por la periferia descentralizada, los accionamientos y las funciones de interfaz hombre-máquina. Y quien más se beneficia del carácter homogéneo e integral del sistema es, sin duda, la empresa, ya que se reducen los gastos de ingeniería para soluciones de automatización y, por lo tanto, también los gastos totales y del ciclo de vida.

Este sistema es altamente comercial, ya que muchas empresas lo fabrican y comercializan como *Fanuc*, *Siemens*, *Telemecanique, Asea Brown Boveri*, entre otros. Las estructuras de *hardware* y *software* son de arquitectura abierta y cumplen con la normatividad de la *International Society of Automation (*ISA) aplicada a la automatización de procesos industriales. En la figura 17 se presenta un modelo TIA.

Dentro de los requerimientos, el sistema debe realizar las funciones de adquisición de datos: cantidad de piezas cortadas, mecanizadas y almacenadas, cantidad de vigas fabricadas y rectificadas, además el control de los procesos y operación de cada estación de la célula de fabricación de

los rieles, descritos anteriormente, con la posibilidad de expandir a futuro el número de estaciones de trabajo. Se debe disponer de un *hardware* de control modular que permita integrar las variables de proceso, y proporcionar las variables de control del proceso. Además, debe tener un *software* licenciado para: permitir configurar el *hardware* de control, realizar la estrategia de control, e implementar el sistema SCADA (***S**upervisory **C**ontrol **A**nd **D**ata **A**dquisition*) para la supervisión, operación y registro de los datos del proceso explicado anteriormente, además del manejo de sistemas de información con los niveles de gestión empresarial.

Las ventajas de usar esta tecnología de integración de los procesos de fabricación, serán los siguientes:

- Ahorro de tiempo y costes gracias a la ingeniería eficiente.
- Reducido esfuerzo de formación y el aumento de la eficiencia del trabajo a través de un manejo intuitivo.
- La interoperabilidad y la reutilización de los resultados.
- Protección de la inversión y la escalabilidad a través de la continuidad y la fácil migración de los sistemas existentes.
- Reducción de tiempo y costes a través de la gestión de datos consistente.
- Flujo de trabajo más eficiente, así como una mayor productividad y calidad a través de la ingeniería integrada en todo el ciclo de vida de la planta sobre la base de un enfoque común, siempre actualizados y plataforma de datos consistentes.
- Los procesos más rápidos y eficientes en la gestión de la planta optimizados gracias a un flujo de información sin pausas y sin pérdida de datos.

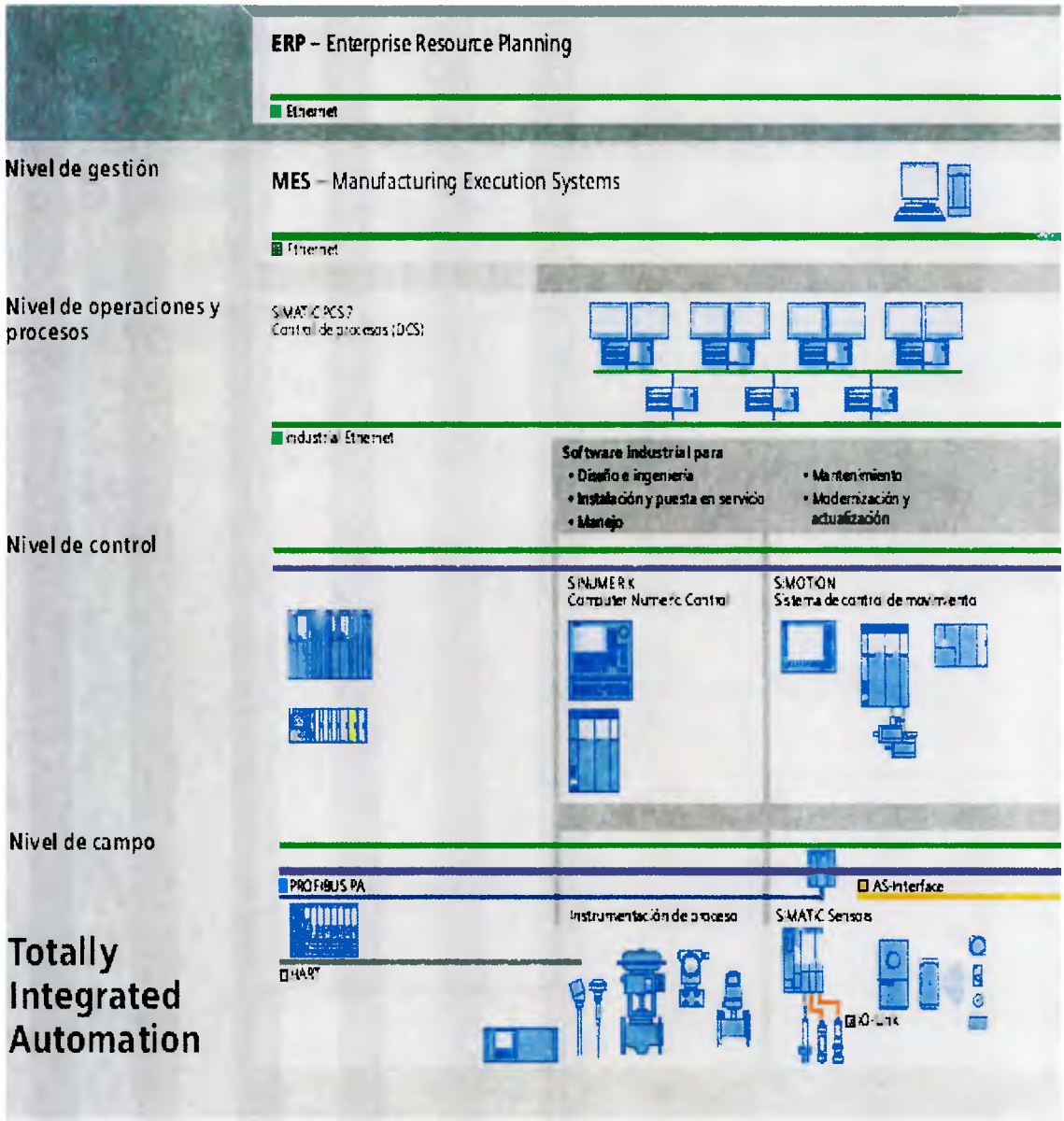


Figura 17. Modelo TIA. Fuente: Siemens.

5.5 Modelo de Sistema de Fabricación Flexible Propuesto

El modelo de sistema de fabricación propuesto se presenta en la figura 18 y tendrá los siguientes elementos:

- Máquinas de CNC: representado en el rectángulo 1 de la figura 18. Las maquinas a utilizar son dos (2) cortadoras, dos (2) centro de mecanizados o fresadoras, una máquina de soldar y una rectificadora que se programarán para efectuar las diferentes operaciones de fabricación. Estas máquinas poseen microcomputadoras donde se cargarán los programas de operación. Aquí se incluye el robots industrial con brazo manipulador, el cual será programado por coordenadas numéricas para ubicar las piezas en el almacén y en la estación de soldadura

- Manejo del Material: representado en el rectángulo 2 de la figura 18. El manejo de material se hará por un robot de carga y descarga en el almacén intermedio y sistemas de rodillos accionados por cadenas para la entrada del material a la estación de corte y de allí a la estación de mecanizado. De la estación de soldadura a la estación de rectificado y su posterior salida se hará también el transporte por un sistema de rodillos accionados por cadenas.

- Sistema Computarizado de Control: representado en el rectángulo 3 de la figura 18. será el centro de planificación y control de la célula de fabricación y funcionará como integradora de todos los dispositivos y equipos. Coordinará las acciones de las maquinas herramientas y el sistema de manejo de materiales.

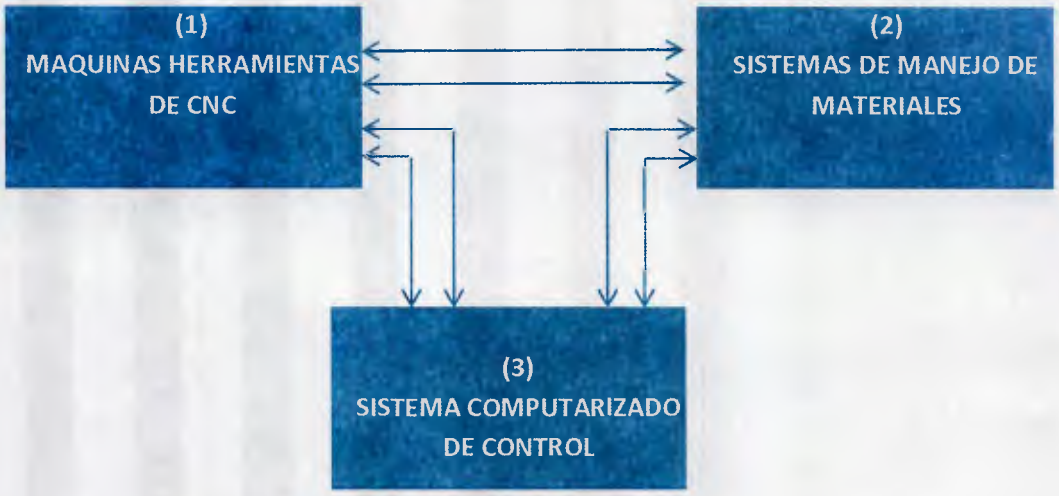


Figura 18. Principio de Funcionamiento del FMS. Fuente: El Autor.

Sistema Control

La Célula de fabricación incluirá un sistema de control distribuido que es la interface entre estaciones de trabajo y el sistema de manejo de materiales y coordinará las actividades de los componentes para que las actividades se realicen suave y fluidamente y están representadas por las flechas de la figura 18, que indican el intercambio de datos entre cada uno de los componentes. Los datos que manejará el computador central son los siguientes:

- **Control de la estación de trabajo.** Dedicada a la operación de la estación de trabajo en sí. Recibe los comandos e instrucciones del comando central.
- **Distribución de las instrucciones de control a las estaciones de trabajo.** Coordina el procesamiento que estaciones de trabajo debe de hacer.

- **Control de la producción.** El manejador de partes lanzadas al sistema. Maneja el área de entrada y salida de materiales al sistema y asigna un identificador de seguimiento.
- **Control de tráfico.** Este se refiere al manejo del sistema primario de movimiento de materiales entre estaciones de trabajo. El control de tráfico se realiza a partir de interruptores, secciones de transferencia e identificación de partes y el movimiento de carga y descarga a las estaciones de trabajo.
- **Control de abordaje.** Se refiere al que controla al sistema secundario de transferencia de materiales del almacén intermedio a las estaciones de trabajo.
- **Monitoreo de pieza.** Se encarga del seguimiento del estatus de las piezas de trabajo en los sistemas de transferencia
- **Control de herramienta**. Controla la locación de la herramienta en cada estación de trabajo y del monitoreo de la vida útil de las herramienta para su reemplazo o mantenimiento.
- **Monitoreo y generación de reportes.** Es la colección de datos de operación y rendimiento de la célula de fabricación. Cada cierto periodo de tiempo se generan reportes para el manejo administrativo.
- **Diagnóstico.** Esta función está disponible para el monitoreo y prevención de posibles fallas en el sistema y reducir la posibilidad de paros en el sistema, aumentando con esto su disponibilidad.

En la figura 19, en la parte correspondiente al sistema de computación se representa en los rectángulos los datos a manejar por el sistema de control, anteriormente explicado. La parte inferior corresponde a la fábrica, donde cada rectángulo representa cada elemento de las máquinas de la célula de fabricación. Este diseño se basó en el modelo de FMS explicado por Armesto (2010).

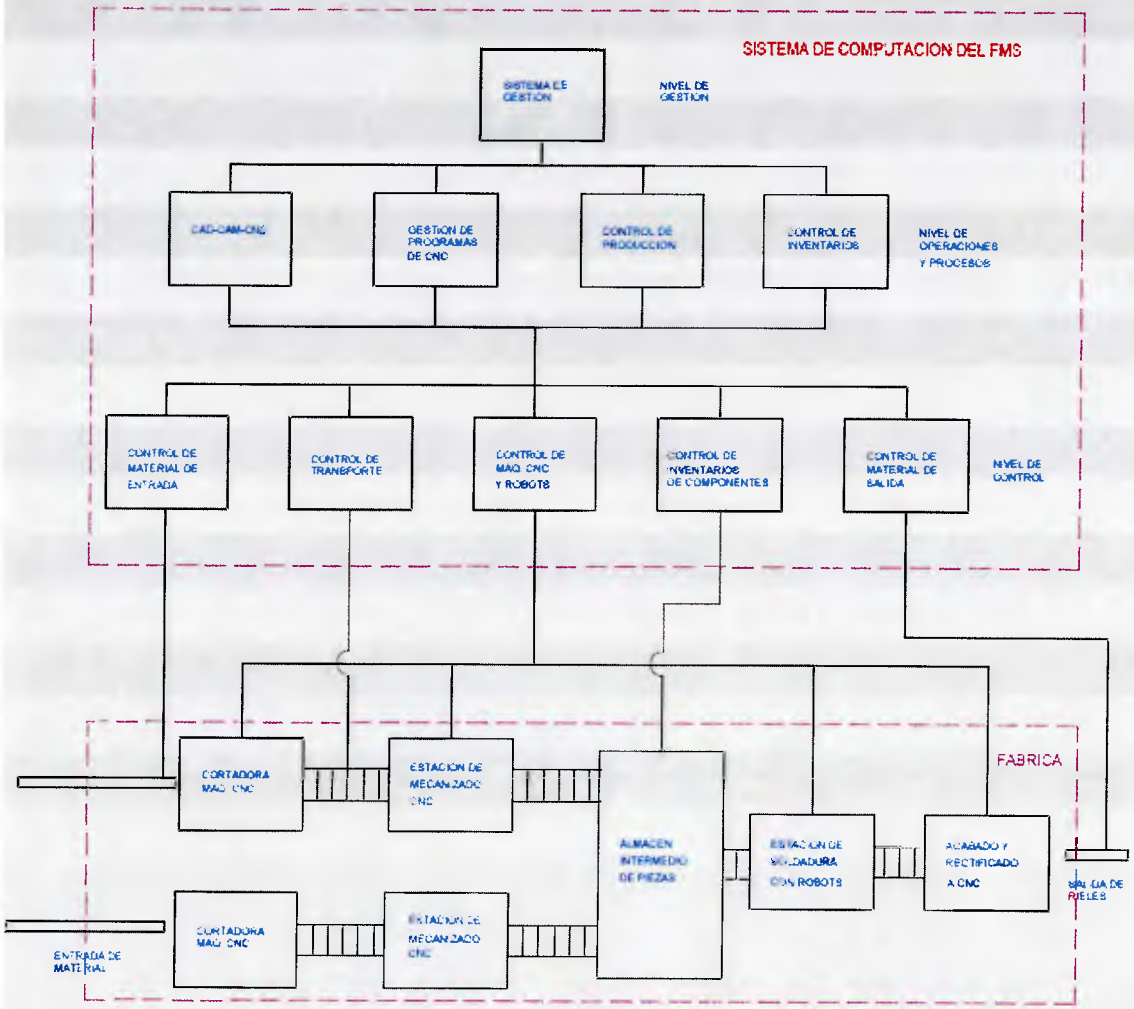


Figura 19. Modelo del FMS para la Fabricación de Rieles. Fuente: adaptado de Armesto (2010)

5.6 Estimación de los costos para la implementar la FMS

Viabilidad de la implementación de la FMS.

La implementación del FMS para la fabricación de rieles en la empresa ICVT, es viable por las siguientes razones:

- Actualmente se cuenta con una avanzada tecnología en el campo de la automatización, el control, la instrumentación, las comunicaciones y los sistemas de información, lo que hace que la integración y automatización de todos los procesos de fabricación sea completamente realizable.
- Aunque el presente proyecto corresponde a una ingeniería conceptual, se exploraron aspectos de la ingeniería básica y de detalle, en cuanto al sistema de control a implementar, en particular los sistemas TIA de varias empresas.
- Se consultaron a expertos de esta tecnología y a empresas nacionales y extranjeras que dispones de estos sistemas de fabricación o están en proceso de implementación del modelo FMS en sus organizaciones, teniendo hasta el momento excelentes resultados, pues el incremento de su productividad y competitividad es algo claramente evidenciable.
- Los proveedores y fabricantes están enfocados en la actualidad, en ofrecer soluciones integrales en automatización, abarcando todos los niveles de una organización, lo que hace que un proyecto de estas características sea técnicamente viable.
- Todos los aspectos tocados en la presente Ingeniería Conceptual, evaluados por diferentes autores referenciados bibliográficamente, definitivamente hacen referencia a que la integración tecnológica de los niveles de operación y gestión de una organización son el camino hacia el mejoramiento de la

productividad y competitividad de las empresas en el mundo moderno; básicamente es la tendencia de la automatización por efectos de la globalización de los mercados.

Posterior a la etapa de Ingeniería Conceptual, y teniendo hasta ahora la viabilidad positiva para el desarrollo del proyecto, tal como se analizó anteriormente a continuación, se plantea un presupuesto del mismo, manejando tres etapas que contemplan la totalidad del diseño e implementación del Modelo de FMS para la fabricación de rieles de taladros, dichas etapas son:

- Ingeniería Básica y de Detalle.
- Implementación del Proyecto.
- Capacitación, Seguimiento y Servicio Técnico Post-Entrega.

Para la obtención de los costos de cada equipo se le solicitaron precios de los equipos a empresas de España y Alemania (*Siemens, KUKA, Fanuc, Kondia*, *Telemecanique, Asea Brown Boveri* y *SKODA)*, estas empresas suministraron de forma verbal los precios aproximados, no por escrito, motivados a que las ventas a Venezuela están temporalmente suspendidas no dan importes por escrito, además el investigador solicitó estas cotizaciones a nivel personal, donde las empresas tienen como política relacionarse solamente con empresas constituidas.

La ingeniería encargada de la elaboración del sistema completo debería ocuparse de encargar las máquinas a un solo fabricante o proveedor, de este modo quedará en una sola mano la responsabilidad del funcionamiento futuro del sistema completo. A continuación se presenta la tabla número 6 donde se establece un estimado clase IV para la implementación del FMS para la fabricación de rieles para los taladros de perforación tipo tierra.

Tabla 6: Costos Estimados para la Implementación.

ITEN	CONCEPTO	RECURSOS	CANT	TIEMPO	COSTO $
1	Ingeniería Básica y de Detalle	Ingeniero de Proceso, Ingeniero Electrónico, Ingeniero de Sistemas, Ingeniero Mecánico	4	2 MESES	68.000,00
2	Implementación del Proyecto	Centro de Mecanizado a CNC	2	No aplica	440.000,00
		Cortadora controlada por CNC	2	No aplica	180.000,00
		Robots Industriales para manejo de materiales	1	No aplica	160.000,00
		Rectificadora controlada por CNC	1	No aplica	135.000,00
		Máquina de soldar Industrial a CNC	1	No aplica	125.000,00
		Estructura para el almacenaje	1	No aplica	24.500,00
		Sistema de transporte de materiales	1	No aplica	96.000,00
		Sistema TIA incluye hardware, software, accesorios de montaje, cableado, acondicionamiento de señales.	1	No aplica	850.000,00
		Ingeniería de Desarrollo y Puesta en marcha	1	4 meses	60.000,00
3	Capacitación seguimiento y servicio técnico post Venta	Ingeniero de Proceso, Ingeniero Electrónico, Ingeniero de Sistemas, Ingeniero Mecánico	1	1 mes	80.000,00
				TOTAL $	2.218.500,00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El Modelo de Fabricación flexible asegura el aumento la productividad de la empresa debido a que integrara y controlara todas las actividades inmersas en el proceso de desarrollo de los perfiles para luego ensamblarlos y obtener las vigas rieles de forma automática y en menor tiempo con la calidad requerida, solventando así la problemática de la Industria China Venezolana de Taladros planteada al inicio de este documento.

La Ruta tecnológica demarca todos los procesos prioritarios a tomar en cuenta en el proceso de fabricación, asegurando la eliminación de los cuellos de botella y haciendo un flujo de producción continuo con alto margen de confiabilidad.

La utilización de recursos tecnológicos de alto nivel para el modelo definido garantiza la escalabilidad en el tiempo del sistema y su funcionabilidad según las necesidades detectadas.

El costo del proyecto de implementación tecnológica que puede llegar a mejorar la competitividad y productividad de la organización, no debe ser visto como un gasto, sino como una inversión a mediano y largo plazo.

No hay nada tan práctico en el mundo de la automatización como una buena conceptualización teórica y esto se ha logrado con el apoyo de todo el personal relacionado con el proceso de fabricación de las vigas de los rieles de la empresa.

Recomendaciones

Considerando los resultados y conclusiones obtenidas en la investigación, se recomienda las siguientes acciones:

1. Evaluar de manera objetiva y exhaustiva la propuesta del modelo de FMS para la fabricación de las vigas de los rieles para los taladros, que se plantea en la investigación, con la finalidad de implementar este sistema para lograr las metas de la empresa, como es el aumento de la productividad.

2. Para la implementación de este sistema de FMS se recomienda realizar la ingeniería Básica y de Detalle, a fin de planificar los tiempos de ejecución y aumentar la calidad del proyecto tecnológico a implementarse en la empresa, garantizando en gran medida el cumplimiento y éxito de los objetivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica.* (5ta Edición). Caracas: Editorial Episteme.

Armesto, J. (2010). *Sistemas CIM.* Departamento de Sistemas y Automatización. Universidad de Vigo. España.

Balestrini, M. (2002). *Cómo se Elabora el Proyecto de Investigación.* (6ta Edición). Caracas: BL Consultores Asociados.

Castro, J. (2007). Venezuela contará con 202 taladros petroleros para el 2012. [Documento en línea]. http://www.aporrea.org/energia/n98698.html [Consulta: 17-12-2014].

García, E. (2011) *Automatización de procesos industriales: robótica y automática.* [Documento en línea]. <http://sites.google.com/site/rubenloredoamaro/biblioteca/robotica-y-automatizacion/automatizacion-de-procesos-industriales-robotica-y-automatica-escrito-por-emilio-garcia-moreno> [Consulta: 17-12-2013].

Hernández, R; Fernández, C. y Batista, P. (2003). *Metodología de la Investigación.* (3ra Edición). México: McGraw – Hill International.

Hurtado de B., J. (2008). *El Proyecto de Investigación (Sexta Edicion).* Caracas. Ediciones Quirón.

ICVT (2009). *Información Institucional.* Beijing. China.

Lara, J. (2009). *Ingeniería conceptual para la implementación del modelo de manufactura integrada por computador en las plantas de tratamiento de agua por osmosis inversa modelo Clearwater.* Trabajo Especial de Grado no publicado, Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia.

MCGRAW-HILL ENCYCLOPEDIA OF SCIENCE AND TECNOLOGY. (2010) Automation. [Documento en línea] <http://www.answers.com/topic/automation> [Consulta: 22-11-2013].

MIMI. Definición de Depreciación (Economía) y Obsolescencia (Economía). [Documento en línea]. <http://es.mimi.hu/economia/obsolescencia.html> [Consulta: 17-12-2013].

Molina, Y. (2009). *Automatización de los registros de producción en el área de trefilado y su integración en tiempo real al sistema de información de la empresa Sural C.A".* Trabajo Especial de Grado no publicado, Universidad Católica Andrés Bello, Extensión Guayana.

Monden, Y. (1989). *Toyota Production System: an integrated approach to Just In Time.* Institute of Industrial Engineers, 3rd edition, U.S.A.,

PDVSA. (s.f). *Fábrica de Taladros de Perforacion.* [Documento en línea]. http://www.pdvsa.com/index.php?tpl=interface.sp/design/salaprensa/readnew.tpl.html&newsid_obj_id=8719&newsid_temas=1 [Consulta: 17-12-2013].

PDVSA. (s.f). *El Taladro de Perforación.* [Documento en línea]. www.pdvsa.com/interface.sp/database/fichero/publicacion/.../1563.PDF [Consulta: 17-12-2013].

Pérez, A. (2009). *Guía Metodológica para Anteproyectos de Investigación.* (3ra Edición). Caracas: FEDUPEL.

Quiroz, J. (2010). *Hacia un concepto moderno de la Automatización Industrial.* Revista Electroindustria. [Documento en línea]. <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=81&edi=35>. [Consulta: 22-11-2013].

Sabino, C. (2002). *El Proceso de Investigación. Una Introducción teórico-práctica.* Caracas: Editorial Panapo.

Sabino, C. (2006). *Cómo hacer una Tesis (y elaborar todo topo de escritos).* Caracas: Editorial Panapo.

Santamarin, V. (2007). *Venezuela contará con 202 taladros petroleros para el 2012.* [Documento en línea]. http://www.aporrea.org/energia/n98698.html [Consulta: 17-12-2014].

SIEMENS. Novedades de Productos y Sistemas. [Documento en línea]. http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia/industrial-communication/Pages/default.aspx. [Consulta: 22-08-2014].

Tamayo y Tamayo, M. (1998). *El proceso de la investigación científica.* Editorial Limusa. México.

Universidad Católica Andrés Bello. (2010). *Instructivo Integrado Trabajos especiales de Grado.* Caracas.

Van Vianen, W. (2011). *Aplicativo para el control de calidad por peso aplicado a un sistema automatizado de control de calidad integrado al CIM del CTAI en la Pontificia Universidad Javeriana.* Trabajo Especial de Grado no publicado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Villalba, L. (2012). Diseños de Sistemas CIM [Presentación en Powerpoint para la cátedra de Diseños de Sistemas CIM para UCAB, Puerto Ordaz]

Villalba, L. (2013, Marzo). Seminario de TEG, Marco Metodológico [Presentación en Powerpoint para la cátedra de Seminario de Trabajo Especial de Grado para UCAB, Puerto Ordaz]