

***INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE
MONTERREY***

CAMPUS MONTERREY

***ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN
DE EMPRESAS***

NOMBRE DE LA TESIS:

*Metodología Para el Desarrollo de Procesos de Ensamble
de Estructuras Inferiores de Vehículos*

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:**

Maestro en Dirección para la Manufactura

POR:

Víctor Caraveo Daw

Monterrey, Nuevo León

Junio 2004

***INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE
MONTERREY***

CAMPUS MONTERREY

***ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN
DE EMPRESAS***

Los miembros del comité de tesis recomendamos que el presente documento, presentado por *Víctor Caraveo Daw*, sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de Maestro en *Dirección para la Manufactura*.

Comité de Tesis

Ing. Eduardo González Mendívil
Asesor Académico

Dr. Ricardo A. Ramírez Mendoza
Sinodal

Dr. Rafael E. Bourguet Díaz
Sinodal

Aprobado

Dr. Nicolás Hendrichs T.
Director Académico
Maestría en Dirección para la Manufactura

Monterrey, Nuevo León

Junio 2004

DEDICATORIA

Esta Tesis se la dedico a:

Mis abuelitos, Elías Daw Thomas y Maria Luisa Daher de Daw.

Mi novia, Ana Cristina Morcos Elizondo.

Mi Familia, mi madre, Teresa Daw Daher y mi hermana Leila Alejandra Caraveo Daw.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a:

Metalsa S. de R.L. que me brindó la oportunidad de realizar el proyecto de Estancia Industrial, del cual se derivó el tema para desarrollar la Tesis que se presentará a continuación. Asimismo, a todas las personas de la empresa que me apoyaron para obtener la información necesaria, validar y dar forma a mi documento de Tesis.

Ing. Wilfredo Salinas Rodríguez
Ing. Ricardo Alemán Flores
Ing. Carlos Ulises Guerra Caballero
Ing. Jaime Chávez Guajardo

A mi asesor, el Ing. Eduardo González Mendívil, quien fue parte importante con su orientación y aportación de ideas para la realización del proyecto de Estancia Industrial en Metalsa, y posteriormente en el desarrollo del documento de Tesis.

A los Sinodales, por su aportación de ideas y sus críticas constructivas que ayudaron a complementar y mejorar el documento de Tesis.

Dr. Rafael E. Bourguet Díaz
Dr. Ricardo A. Ramírez Mendoza
Ing. Humberto Molina Ruíz

A la Dirección de Carrera de la Maestría en Dirección para la Manufactura por su apoyo, orientación y esfuerzo durante los tres años de estudio y preparación. Gracias a ellos, es posible llegar a la conclusión exitosa de la Maestría.

Dr. Nicolás Hendrichs
Lic. Orelia Villareal
Lic. Abel Tintos

RESUMEN

Este documento presenta una Metodología para apoyar el desarrollo de propuestas de procesos de ensamble para Estructuras Inferiores de Vehículos, desde su fase de cotización hasta la implementación en la planta. Esta Metodología tiene como objetivo proporcionar una serie de pasos con una secuencia específica para dar orden, claridad y para administrar los procesos de cotizaciones, desarrollo e implementación de procesos de ensamble, y así lograr que todos los pasos claves sean realizados, asegurando cumplir con los objetivos de los clientes y de la empresa.

La Tesis que se presenta tiene su inicio con el proyecto de estancia industrial de la Maestría en Dirección para la Manufactura, la cual fue realizada en la empresa Metalsa S. de R.L. En la actualidad, Metalsa está viviendo un gran crecimiento y existe la posibilidad de obtener más proyectos que incrementen su participación en un mercado tan competido como lo es el automotriz. El proyecto de estancia industrial se basó en realizar un análisis profundo del proceso de desarrollo de propuestas de ensamble que se realizan en la empresa. Para realizar este trabajo, se llevaron a cabo varias rondas de entrevistas a los diferentes equipos encargados de realizar estas propuestas y con la información recabada se realizó un análisis FODA, logrando identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que existen en el proceso actual. Una vez definido el FODA, se celebró una sesión de trabajo en la cual se definieron cuatro estrategias a implementar para así lograr robustecer y complementar el proceso actual.

Para la realización de esta Tesis, se seleccionaron dos estrategias, una de ellas es realizar una Metodología, la cual se piensa que en el corto plazo será la columna vertebral para impactar positivamente al proceso que se sigue actualmente en la empresa, ya que estandarizará un proceso que en la actualidad no cuenta con un orden claro y organizado. La segunda estrategia es la simulación computarizada de procesos, la cual es muy importante ya que será un paso clave dentro de la Metodología, y servirá para poder validar y optimizar los procesos de ensamble que se estén desarrollando, a fin de incrementar la competitividad que lleve a proporcionar beneficios de los clientes y a su vez a Metalsa S. de R.L..

TABLA DE CONTENIDOS

APROBACIÓN	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
TABLA DE CONTENIDOS	V
TABLA DE FIGURAS	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROYECTO ESTANCIA INDUSTRIAL	1
1.2 PROBLEMÁTICA	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	2
1.4 OBJETIVOS	2
1.5 HIPÓTESIS	2
1.6 ALCANCE	3
1.7 METODOLOGÍA	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 MANUFACTURA ESBELTA (TPS)	4
2.1.1 INTRODUCCIÓN (TOYOTA PRODUCTION SYSTEM).	4
2.1.2 PENSAMIENTO ESBELTO	5
2.1.3 JUST A TIEMPO (JUST IN TIME)	5
2.1.4 JIDOKA	7
2.2 PLANEACIÓN DE PROCESOS DE MANUFACTURA.	8
2.2.1 DFM E INGENIERÍA CONCURRENTE.	8
2.2.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.	10
2.2.3 FLUJO EN LINEAS Y MANEJO DE MATERIALES EN LAS LÍNEAS DE ENSAMBLE.	13
2.2.4 LAYOUT.	14
2.3 MANUFACTURA VIRTUAL	14
2.3.1 IMPORTANCIA DE LA SIMULACIÓN EN PROCESOS DE MANUFACTURA.	14
2.3.2 QUEST.	15
2.3.3 IGRIP	16
2.3.4 PROCESS ENGINEER.	16
3. DESARROLLO Y RESULTADOS	18
3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA (PROYECTO = ESTANCIA INDUSTRIAL)	18
3.1.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL.	19
3.1.2 ESTRATEGIAS.	20
3.2 METODOLOGÍA	21
3.2.1 FASES DE LA METODOLOGÍA	23
3.2.2 DESARROLLO METODOLOGÍA	24
3.3 FASES DE LA IMPLMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA.	48
4. CONCLUSIONES	49
5. BIBLIOGRAFÍA	52
6. ANEXOS	54

LISTA DE FIGURAS

1. FIGURA 1, PILARES TPS.	5
2. FIGURA 2, SIMULACIÓN EN QUEST.	15
3. FIGURA 3, SIMULACIÓN EN IGRIP.	16
4. FIGURA 4, DIAGRAMA DE LAS ETAPAS DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO.	18
5. FIGURA 5, DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA.	22
6. FIGURA 6, FORMATO REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE.	24
7. FIGURA 7, FORMATO INFORMACIÓN REQUERIDA DEL CLIENTE.	25
8. FIGURA 8, FORMATO DE CÁLCULO DE TIEMPO DE CICLO.	27
9. FIGURA 9, FORMATO DETALLADO DEL PROCESO, INFORMACIÓN DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA.	29
10. FIGURA 10, FORMATO DETALLADO DEL PROCESO, TIEMPOS, MANO DE OBRA, INVERSIÓN Y HERRAMENTAL.	30
11. FIGURA 11, FORMATO DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.	31
12. FIGURA 12, FORMATO DE HOJA DE PROCESO.	32
13. FIGURA 13, FORMATO DE TIEMPOS DE CICLO.	33
14. FIGURA 14, LAYOUT PRELIMINAR.	35
15. FIGURA 15, GRÁFICA DE UTILIZACIÓN DE ROBOTS.	40
16. FIGURA 16, GRÁFICA DE UTILIZACIÓN DE OPERADORES.	40
17. FIGURA 17, TIMING DE IMPLEMENTACIÓN.	45

1. INTRODUCCIÓN

En la Maestría en Dirección para la Manufactura, una de las etapas más importantes de la misma es el proyecto de Estancia Industrial. En el caso particular, esta estancia se realizó en la industria automotriz, específicamente en la empresa Metalsa S. de R.L. Los resultados que se presentan en este trabajo se desprenden de dicha estancia.

La industria automotriz es una de las industrias manufactureras más competidas, ya que la presión de las armadoras hacia los proveedores es muy fuerte, obligándolos a siempre estar buscando formas de innovar para incrementar su competitividad, y así poder satisfacer las necesidades del cliente y mantenerse en el mercado.

Metalsa S. de R.L., empresa manufacturera del Grupo Proeza dedicada a la fabricación de estructurales de acero, como chasis, largueros de camión, sistemas de suspensión y estampados para la industria automotriz. Metalsa tiene una filosofía de negocio muy clara, con la cual busca ser una empresa, que con base en la actitud de servicio de su gente y la calidad de sus productos, sea uno de los mejores proveedores en la industria automotriz.

En la actualidad, Metalsa busca ser una empresa innovadora con capacidad de competir, en el ámbito global, con proveedores internacionales muy fuertes, tanto tecnológica como económicamente, que se pueden dar el lujo de sacrificar rentabilidad en los proyectos para ganar mercado. Para Metalsa, es de suma importancia estar en constante búsqueda de áreas de oportunidad, y de tal forma, mejorar las prácticas internas con el fin de ser más competitivos y seguir en la lucha por ser uno de los proveedores más importantes para las armadoras en la industria de los estructurales automotrices.

1.1 PROYECTO ESTANCIA INDUSTRIAL

Debido a la situación que actualmente se vive en la empresa, se optó porque el proyecto de estancia industrial se basará en realizar un análisis profundo del proceso actual que se lleva a cabo para desarrollar procesos de ensamble. El objetivo primordial del proyecto fue buscar herramientas, conceptos y técnicas que organicen y complementen el proceso y las prácticas actuales, buscando incrementar la competitividad y éxito de los procesos, para ofrecer mejores propuestas, ya sea para nuestros clientes externos e internos.

1.2 PROBLEMÁTICA

Actualmente, el proceso de desarrollo e implementación de procesos de ensamble se encuentra dividido en varios equipos de acuerdo a los diferentes tipos de productos como chasis y sistemas de suspensión (ejes de torsión, soportes de motor y brazos de control). Se conoce de antemano que las actividades que realizan los diferentes equipos no tienen un proceso estandarizado o bien estructurado, puesto que cada equipo realiza las actividades de acuerdo a su experiencia, lo que puede ocasionar que se omitan pasos importantes, lo que puede ocasionar que un proyecto se pierda o bien se gane, pero sea un proyecto poco rentable para la empresa. De la misma forma, los parámetros operativos

que se utilizan durante las propuestas no están estandarizados, lo que origina propuestas muy diferentes y muchas veces poco competitivas. Durante el desarrollo de propuestas, es necesario contar con referencias de proyectos pasados, para tomar en cuenta los aciertos y errores que se cometieron en los proyectos actuales. En la actualidad, la documentación que se generó en los proyectos pasados es difícil de acceder, ya que la información es almacenada por las personas que estuvieron involucradas en el proyecto y muchas veces se pierde.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Tener una metodología precisa para el desarrollo de un proceso de ensamble (EIV), es de gran importancia para poder aumentar la competitividad de la empresa, así como para poder asegurar el éxito, la rentabilidad de los productos y la satisfacción de los clientes de Metalsa.

Una metodología bien definida, con todos sus procedimientos, herramientas y registros claros, ayudará a todas las partes involucradas, ya que de dicha manera, los procesos cumplirán con los lineamientos validados dentro de la empresa y así evitará que se omitan criterios y conceptos claves.

Esta metodología auxiliará en la labor de dejar registro de cada uno de los proyectos, para así tener documentación de apoyo para procesos futuros. De la misma forma, es de señalarse que este tipo de documentos ayudará a que el conocimiento se encuentre registrado y no se vaya perdiendo con la salida del personal a otros procesos u otras empresas.

1.4 OBJETIVOS

El objetivo consiste en diseñar una Metodología muy bien estructurada, que sea robusta, clara y fácil de seguir para desarrollar procesos de Ensamble para Estructuras Inferiores de Vehículos (EIV). Esta Metodología estará basada en las prácticas actuales de la empresa, complementándolas con conceptos y herramientas de manufactura de clase mundial como:

- Conceptos de Lean Manufacturing como lo son JIT, Heijunka, Jidoka y Kaizen.
- Conceptos de Manufactura y Producción como lo son DFM (Design for Manufacture), VA/VE (Value Added / Value Engineering) e Ingeniería Concurrente.
- Manufactura Virtual, la cual ayudará a validar y optimizar los procesos desarrollados con el propósito de incrementar su porcentaje de éxito.

1.5 HIPÓTESIS

Una Metodología que apoye en el desarrollo de las propuestas de ensamble, de Estructuras Inferiores de Vehículos, tendrá como objetivo ayudar a Metalsa a lograr:

- Desarrollar procesos altamente competitivos y precisos que cumplan con los objetivos de los clientes, los cuales son:
 - Calidad en el Producto Ensamblado.

- Precio Objetivo.
- Capacidad de Producción.
- Velocidad en la Implementación y Arranque de Operación.
- Flexibilidad para la incorporación de Cambios de Ingeniería.
- Desarrollar procesos altamente competitivos y precisos que cumplan con los objetivos de Metalsa:
 - Calidad en el producto
 - Costo Objetivo.
 - Productividad. (Piezas por Hora o Capacidad Línea).
 - Maximizar Utilización de Activos.
 - Minimizar Área (m2).
 - Balance Óptimo (Automatización vs. Mano de Obra)
 - Ergonomía y Seguridad.
 - Flexibilidad.
- Agilizar el proceso de desarrollo de las propuestas.
- Generar una base de datos de proyectos cotizados e implementados, para que sirva como referencia en futuros proyectos.
- Estandarizar el desarrollo de los procesos para todo tipo de productos.

1.6 ALCANCE

La investigación tendrá como alcance el definir una Metodología que apoye el Desarrollo de Procesos de Ensamble de Estructuras Inferiores de Vehículos (EIV), la cual esté complementada con aportaciones de los integrantes de los diferentes equipos de Metalsa, así como de conceptos y herramientas de manufactura de clase mundial.

1.7 METODOLOGÍA

1. FASE PREVIA. “PROYECTO ESTANCIA INDUSTRIAL”.

El proyecto de estancia industrial fue la base para definir la necesidad de desarrollar la Metodología que se está presentando. Dentro del análisis de la situación actual se utilizaron las siguientes herramientas:

- Método Delphi. Se realizaron varias rondas de encuestas y entrevistas a Integrantes de los Equipos.
- FODA. Con la información recopilada de las entrevistas y encuestas, se desarrolló un análisis de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en el proceso actual de Metalsa.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

- Se realizó una investigación bibliográfica exhaustiva de los diferentes conceptos y herramientas de manufactura de clase mundial, que sirven para complementar la metodología a desarrollar. De la misma forma, se buscó información de metodologías que pudieran estar relacionadas al tema.

3. SESIONES DE TRABAJO PARA DEFINIR LOS PASOS DE LA METODOLOGÍA.

- Se realizaron sesiones de trabajo y paneles de consenso con los diferentes integrantes de los equipos, para así poder definir una Metodología basada tanto en las prácticas actuales de la empresa, como en los conceptos que se seleccionaron en el análisis bibliográfico.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

¿Existen Metodologías para los procesos de desarrollo de procesos de ensamble?

En la industria automotriz, específicamente en el mercado de las estructuras inferiores de vehículos, tanto proveedores como clientes desarrollan sus procesos de ensamble con base en la experiencia de sus ingenieros de proceso. Todas las empresas han desarrollado diferentes formas para desplegar sus procesos, pero los conceptos básicos como análisis de tiempos de ciclo, balanceo de líneas, análisis de interferencias, hojas de proceso y simulaciones, son comunes entre ellos. Además de la experiencia de las empresas en el desarrollo de procesos, existen conceptos y herramientas de manufactura que deben incorporarse en la fase de desarrollo de los procesos, para buscar contar desde el inicio con procesos robustos, óptimos, eficientes y de gran rentabilidad para las empresas. A continuación, se presentarán los conceptos y herramientas que complementarán la metodología propuesta en este documento.

2.1 MANUFACTURA ESBELTA.

2.1.1 INTRODUCCIÓN (TOYOTA PRODUCTION SYSTEM)

Hablar de Manufactura Esbelta nos hace pensar en Toyota Motor Company, y su sistema de producción conocido mundialmente como el TPS (Toyota Production System), el cual es conocido y reconocido a nivel mundial como una de las mejores prácticas dentro de la industria manufacturera. Este sistema de Toyota los ha llevado a ser una de las principales armadoras automotrices a nivel mundial. (Ohno)

El sistema de operaciones de Toyota surgió de la necesidad de la familia Toyota, para poder alcanzar a la industria automotriz Americana, especialmente Ford. Taichi Ohno, es considerado el creador del TPS, así como ser el padre del Kanban. El sistema de producción de Toyota es una filosofía operativa que está basada en la mejora continua (Kaizen) para así buscar la eliminación absoluta de los excedentes, improductividad y desperdicios. El TPS incorpora una serie de herramientas y técnicas para optimizar el tiempo, recursos humanos y activos, incrementando la productividad al mismo tiempo que se realizan productos de mejor calidad para sus clientes. El éxito de Toyota está basado principalmente en su sistema (TPS), el cual se sustenta en dos pilares primordiales, el primero conocido mundialmente como justo a tiempo “Just in Time”, el cual se enfoca al control de las cantidades de componentes, mientras que el segundo es la “Autonomización”, mejor conocida como JIDOKA, la cual se centra en la calidad de los productos (Ohno).

- Se realizaron sesiones de trabajo y paneles de consenso con los diferentes integrantes de los equipos, para así poder definir una Metodología basada tanto en las prácticas actuales de la empresa, como en los conceptos que se seleccionaron en el análisis bibliográfico.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

¿Existen Metodologías para los procesos de desarrollo de procesos de ensamble?

En la industria automotriz, específicamente en el mercado de las estructuras inferiores de vehículos, tanto proveedores como clientes desarrollan sus procesos de ensamble con base en la experiencia de sus ingenieros de proceso. Todas las empresas han desarrollado diferentes formas para desplegar sus procesos, pero los conceptos básicos como análisis de tiempos de ciclo, balanceo de líneas, análisis de interferencias, hojas de proceso y simulaciones, son comunes entre ellos. Además de la experiencia de las empresas en el desarrollo de procesos, existen conceptos y herramientas de manufactura que deben incorporarse en la fase de desarrollo de los procesos, para buscar contar desde el inicio con procesos robustos, óptimos, eficientes y de gran rentabilidad para las empresas. A continuación, se presentarán los conceptos y herramientas que complementarán la metodología propuesta en este documento.

2.1 MANUFACTURA ESBELTA.

2.1.1 INTRODUCCIÓN (TOYOTA PRODUCTION SYSTEM)

Hablar de Manufactura Esbelta nos hace pensar en Toyota Motor Company, y su sistema de producción conocido mundialmente como el TPS (Toyota Production System), el cual es conocido y reconocido a nivel mundial como una de las mejores prácticas dentro de la industria manufacturera. Este sistema de Toyota los ha llevado a ser una de las principales armadoras automotrices a nivel mundial. (Ohno)

El sistema de operaciones de Toyota surgió de la necesidad de la familia Toyota, para poder alcanzar a la industria automotriz Americana, especialmente Ford. Taichi Ohno, es considerado el creador del TPS, así como ser el padre del Kanban. El sistema de producción de Toyota es una filosofía operativa que está basada en la mejora continua (Kaizen) para así buscar la eliminación absoluta de los excedentes, improductividad y desperdicios. El TPS incorpora una serie de herramientas y técnicas para optimizar el tiempo, recursos humanos y activos, incrementando la productividad al mismo tiempo que se realizan productos de mejor calidad para sus clientes. El éxito de Toyota está basado principalmente en su sistema (TPS), el cual se sustenta en dos pilares primordiales, el primero conocido mundialmente como justo a tiempo “Just in Time”, el cual se enfoca al control de las cantidades de componentes, mientras que el segundo es la “Autonomización”, mejor conocida como JIDOKA, la cual se centra en la calidad de los productos (Ohno).

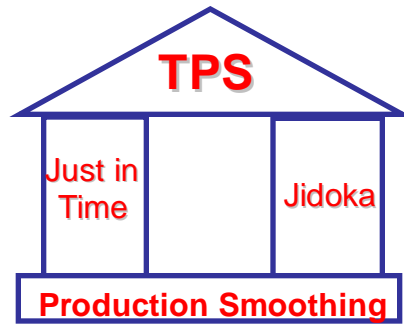


Figura 1, Pilares TPS

2.1.2 PENSAMIENTO ESBELTO (LEAN THINKING)

El Término de Pensamiento Esbelto se empezó a utilizar con el libro “La máquina que cambió al mundo” (Womack, Jones y Ross, 1990) en el cual se menciona, de una forma clara y concisa, las diferencias que existen entre el desempeño de las armadoras automotrices occidentales y las japonesas. En este libro se presenta y denomina como manufactura esbelta, al modelo japonés de hacer operar de una forma eficiente y precisa, o bien manufacturar mejores productos haciendo uso eficiente de los recursos.

El pensamiento esbelto es considerado más allá de un conjunto de herramientas y técnicas, como un conjunto de conceptos para incrementar la competitividad de las empresas manufactureras en general. James P. Womack, nos menciona que los beneficios que se pueden obtener de una precisa implementación de los conceptos de manufactura esbelta, son los siguientes:

- Aumentar la productividad de un 15% a 25% anual.
- Optimizar el espacio en la planta en aproximadamente un 50%.
- Incrementar de una forma considerable la calidad de los productos.
- Disminuir el tiempo de entrega.

2.1.3 JUST IN TIME

El “Just in Time” (Ohno), uno de los pilares del TPS, nació de la necesidad de hacer los procesos de producción más eficientes, enfocándolos a la reducción de procesos improductivos y con desperdicios. JIT, como se conoce comúnmente, es un sistema enfocado a procesos continuos, en el cual las piezas que van a ser incorporadas a la línea de ensamble son añadidas sólo cuando se necesitan y en las cantidades requeridas. Las empresas que logren adaptar un sistema JIT, serán empresas que logren controlar inventarios en sus almacenes o entre procesos muy cercanos a cero, lo que ayuda en la reducción de costos, de manejo de inventarios y de los mismos almacenes de componentes.

Kanban

Kanban, el cual consiste en una herramienta utilizada para programar y controlar la producción, fue creada por Ohno a partir del concepto de los supermercados americanos, a donde todos los clientes van a comprar los productos que necesitan en el momento que

lo precisan. Kanban es el concepto más importante para poder hacer funcionar un sistema de extracción, pull system, y es la base primordial para poder lograr el “Just in Time”. El sistema de Kanban tiene la función de comunicar a todos los procesos que están involucrados en una línea de producción, los cuales mediante tarjetas, le indican al proceso anterior, cuántas y en qué momento se requieren las piezas. Este sistema ayudará a los procesos a controlar su producción y minimizar los inventarios.

Ruth A. Kasul en “Successful implementation of TPS in a Manufacturing setting” nos menciona que existen dos tipos de Kanban en la industria:

- **Kanban de Extracción.** El cual especifica el tipo y cantidades de componentes que deberán de ser extraídos del proceso anterior de la producción.
- **Kanban de Producción.** El cual especifica el tipo y cantidades de producto que deberá producir el proceso siguiente en la producción.

Algunas de las reglas del Kanban son:

- Componentes o ensambles con defectos no deberán pasar de un proceso a otro.
- Producir sólo las cantidades requeridas, no pueden pasar piezas de un proceso a otro sin llevar un Kanban con los productos o racks con productos.
- First In First Out (FIFO), las piezas deben fluir con orden dentro de los procesos para así poder llevar control de las mismas y saber dónde se encuentran dentro del proceso.

Para que el Sistema de Kanban funcione de una manera eficiente, es necesario que sea soportado por varios conceptos.

- **Heijunka.** Que consiste en la creación de un programa de producción nivelado, en el cual los diferentes productos fluyen con un patrón definido y repetitivo. Asimismo, este término implica la suavización de la demanda para así eliminar los picos y valles que puede presentar la demanda de los clientes en el día a día.
- **Reducción de Tiempos de Ajuste.** Esta técnica considera necesario recortar los tiempos de ajuste a las herramientas y a los equipos durante los cambios de modelo. Ohno definió esta técnica, para aquellas empresas que manejan gran variedad de productos en una misma línea de producción y cuando la demanda presenta fluctuaciones continuamente.
- **Hojas Estándares de Proceso.** Es muy importante para el “justo a tiempo”, realizar procedimientos de trabajo estándar de cada uno de los procesos, los cuales deben ser claros y concisos, para que sea más eficiente el proceso de producción y evitar que existan problemas que puedan llevar a improductividades. Las hojas de trabajo estándar deberán contener información sobre tres elementos que revisten gran importancia:
 1. Tiempo de ciclo, que consiste en el tiempo que los operadores tienen definido para poder realizar sus operaciones.

2. La secuencia de trabajo, la cual incluye todas las actividades que en forma secuencial deberán de realizar los operadores y otros equipos durante el tiempo de ciclo.
3. Inventario Estándar, este elemento indicará a los operadores la cantidad mínima y máxima de mercancías que requieren para mantener el proceso de producción en marcha.

2.1.4 JIDOKA

El segundo pilar del TPS, y una de los conceptos más importante para la implementación de un pensamiento esbelto en las empresas manufactureras es el Jidoka, el cual está enfocado en la eliminación de desperdicios y de actividades improductivas, por lo que su primordial misión es el asegurar la calidad de los productos y la productividad de la operación, evitando que componentes defectuosos pasen de un proceso a otro.

El sistema Jidoka cuenta con dos herramientas:

1. Poka Yoke.

Los Poka Yoke son dispositivos que están instalados en los equipos, máquinas y herramientas, y que ayudan a detectar defectos o condiciones que afectan la calidad de los productos. Estos mecanismos generalmente consisten en dispositivos mecánicos sencillos, fáciles de implementar y robustos, los cuales ayudarán a los operadores a asegurar la calidad de su trabajo.

2. Andon

El sistema Andon consiste en ayudas visuales que se encuentran en cada una de las celdas de trabajo, y que tiene la función principal de indicar el estatus operativo de la celda. El Andon tiene como objetivo el atraer a más personal a dar apoyo a los centros de manufactura tan pronto como vean que una luz así les indique. Con este sistema, se puede lograr que la eficiencia, la capacidad del personal, así como la estabilidad del proceso de producción, aumenten.

Kaizen (Mejora Continua)

Kaizen es una filosofía en la que todos los directivos, ingenieros y operadores siempre estén buscando todas aquellas área de oportunidad para mejorar las operaciones y eliminar todos lo desperdicios. Toda empresa que quiera ser considerada como una empresa con filosofía de manufactura esbelta, deberá promover esta práctica.

¿Qué beneficios podemos obtener del uso de la manufactura esbelta?

PRODUCTIVOS

- Entregas a Tiempo.
- Mejorar la calidad de los productos.
- Sistema de producción simplificado.
- Reducción de Costos por ineficiencias y desperdicios.
- Reducción de Inventarios.
- Incremento de la productividad.
- Optimización de Recursos.

EMPRESA-CLIENTE

- Incrementar la Satisfacción del Cliente. Mejorar las relaciones de la empresa con los clientes y proveedores.
- Empresa comprometida con su trabajo.
- El cliente define el verdadero valor de los productos.
- Se Incrementa el nivel de involucramiento de los operadores, los cuales se sentirán con más pertenencia hacia los procesos.

2.2 PLANEACIÓN DE PROCESOS DE MANUFACTURA.

2.2.1 DFMA, INGENIERÍA CONCURRENTE & VA/VE (Value Added and Value Engineering)

El principal objetivo al diseñar un producto, es cumplir con las necesidades de los clientes. Asimismo, debemos ser capaces de poder transformar el diseño en un producto funcional; es por esto que los diseñadores deberán tomar en cuenta los costos, la manufacturabilidad de los productos, así como el mantenimiento que podrá requerir el producto. Existen conceptos de Ingeniería que buscan mejorar la manufacturabilidad, la reducción de los costos, funcionalidad y durabilidad de los productos desde las fases de diseño. (Chase, Aquilano, Jacobs , 1998)

VA/VE (Value Added / Value Engineering)

El propósito del VA/VE, Análisis de Valor e Ingeniería de Valor, es simplificar productos y procesos. El objetivo es alcanzar un desempeño mayor o igual pero a un costo menor, mientras se mantenga la funcionalidad requerida por el cliente. VA/VE logra esto mediante la identificación e eliminación de costos innecesarios. Técnicamente, Análisis de Valor se encarga de lo que son los productos nuevos hasta de aquellos que están en producción, y es utilizado para analizar los requerimientos y especificaciones tal y como están definidos en los planos de producción o requerimientos de compra. VA es una técnica utilizada por el área de compras para analizar áreas de oportunidad a fin de reducir costos de los productos. VE es la técnica usada por los departamentos de ingeniería en la fase de planeación del producto y proceso, para evitar costos innecesarios en el producto. En la práctica, ambos métodos, VA y VE, son realizados uno seguido del otro, en un sistema de lazo cerrado; esto se debe al hecho de que los materiales y procesos requieren de la aplicación de análisis de valor para los productos aunque estos ya hayan sido pasados a través de técnicas de ingeniería de valor. Para llevar a cabo el VA/VE, se deberán realizar preguntas del siguiente tipo:

- ¿Tendrá el producto características de diseño que son innecesarias?
- ¿Será posible combinar dos o más partes en una?
- ¿Se podrán eliminar partes que no son estándares?

DFMA “Desing for Manufacturing and Assembly”

DFM, es un proceso formal para poder realizar propuestas de valor agregado e ingeniería de valor. El término DFM es un sinónimo del diseño de producción, diseño de economía de la manufactura y diseño para el ensamble, así como el diseño para la automatización. El enfoque de todos estos conceptos es el mismo, consistente en reducir el tiempo y costo del desarrollo y manufactura de los productos, tomando en cuenta todos los aspectos relacionados con la manufacturabilidad de los mismos. Los productos que fueron diseñados sin tomar en cuenta su manufacturabilidad, traen consigo un gran número de problemas y habrá que retrabajarlos para poder ser enviados a los clientes. Estos retrabajos representan muchos costos adicionales que no son contemplados desde un inicio y pueden llevar a que los productos no sean rentables.

DFM incluye una serie de herramientas enfocadas a lograr una producción, ensamble y pruebas de productos, más eficiente. Esto involucra acercamientos entre diseñadores, ingenieros de manufactura y tecnología, quienes analizan el producto durante las fases de diseño y prototipos. Estos equipos tendrán como objetivo definir, en base a su experiencia y los registros de la empresa, que sus productos logren la manufacturabilidad, calidad y funcionalidad a un costo altamente competitivo.

Principios del DFMA

- El producto deberá ser diseñado con el menor número de partes posibles, sin afectar el funcionamiento y desempeño del producto.
- Armar primero la base inferior del producto, para incrementar rigidez, y después ir uniendo a ella el resto de los componentes.
- Eliminar la mayor parte de tornillos, tuercas y remaches, debido al gran problema que estos representan en los procesos de ensamble. Usar procesos de unión como soldadura, pegamentos y soldadura láser.
- Se deberán eliminar los ensambles complicados y con interferencias entre componentes, ya que esto generará productos de baja calidad.
- Diseñar componentes que sean fácilmente manejados por los operadores.
- Cuando se diseñen componentes de forma similar, que van en diferentes posiciones del producto, se deberá pensar en Poka Yokes para evitar que los operadores las intercambien.
- Diseñar los componentes del producto, buscando comunizar los herramientas y equipos de estampado y de ensamble.
- Se deberán utilizar piezas que sean reutilizables o comunes a otros productos similares.
- Diseñar productos que puedan manejar tolerancias de ensamble lo más holgadas posibles.

Ingeniería Concurrente

La ingeniería concurrente es similar al DFMA, la única diferencia es que la primera no sólo se enfoca al diseño del producto, sino también incluye actividades y planeación de

los procesos de manufactura. La ingeniería concurrente no sólo busca que los productos sean fáciles de ser ensamblados, pues también busca la modernización y desarrollo de nuevos procesos de manufactura. Al igual que en el DFMA los integrantes de los equipos de IC deberán contar con diferentes habilidades y especialidades, para así poder enfocarse a buscar mejoras considerables para la empresa. Los integrantes deberán hacer las evaluaciones necesarias para poder determinar cuáles serán los procesos más adecuados y la automatización óptima para buscar que los procesos productivos sean exitosos.

¿Qué beneficios podemos obtener del uso de DFMA , VA/VE e Ingeniería Concurrente?

PRODUCTIVOS

- Reducción de costos.
- Productos de gran funcionalidad.
- Productos de alta manufacturabilidad.
- Productos de fácil ensamble.
- Reducción de retrabajos al final de los procesos productivos.
- Incremento de la eficiencia operativa.
- Procesos de manufactura innovadores y eficientes.

EMPRESA-CLIENTE

- Productos con mejor calidad y funcionalidad.
- Precios más competitivos.
- Equipos de trabajo de especialistas multidisciplinarios enfocados a mejorar, optimizar y brindar un valor agregado a sus productos.

2.2.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Los sistemas de producción van desde operaciones totalmente manuales, semiautomáticas, hasta líneas de manufactura altamente automatizadas. Los sistemas de producción dependen mucho de las siguientes variables:

- Cantidad de Modelos.
- Volumen.
- Años de duración del producto.

El alto volumen favorece a que las líneas de producción sean más automáticas o semiautomáticas. Las líneas altamente automatizadas representarán una inversión inicial muy alta para las empresas, y para justificarlo, buscan que estas líneas tengan un elevado porcentaje de utilización de los equipos. Las líneas de bajo volumen y con gran número de modelos, por lo general, tienden a ser líneas de ensamble manuales. Las líneas de bajo volumen no siempre deberán ser manuales, ya que dependerá del costo de la mano de obra de la región en la que se encuentre la planta.

Tipos de Sistemas

Producción de Varios Productos de Bajo Volumen. (Job Shop)

Características

- Gran gama de productos de bajo volumen.
- Gran cantidad de equipos y herramientas en los procesos.
- Mano de obra altamente capacitada para operar todas las herramientas y variedad de procesos.

Recomendaciones

- Realizar celdas de manufactura por procesos y equipos similares.
- Los productos deberán de fluir de celda a celda, según su secuencia en el proceso.

Ventajas

- Gran flexibilidad en los procesos.
- Rapidez en la respuesta a los cambios de ingeniería.

Desventajas

- Gran número de herramientas y equipos, generando una alta inversión.
- Dificultad en lograr un balance en la cargas de los equipos y secuencias.
- Excesivo manejo de materiales.
- Un alto inventario entre procesos, lo que demanda grandes espacios para almacenarlos.
- Baja productividad debido al tiempo invertido en el Set up en los cambios de modelo.

Producción por Lotes. (Batch)

Características

- Se tiene conocimiento de la demanda requerida a largo plazo.
- Pocos modelos de producto, pero con un volumen que va de medio a elevado.
- La capacidad de la planta es mayor que la demanda.
- Gran cantidad de equipos y herramientas en los procesos de alta velocidad.
- La mano de obra no es la más calificada.
- Algunos procesos si están automatizados.

Recomendaciones

- Debido a la demanda conocida, se recomienda preplanear la producción y hacer corridas por lotes, para después almacenar y surtir como lo requiera el cliente.
- La producción se vuelve a planear cuando los niveles de inventario bajen hasta el punto de reorden.
- Agrupación de equipos similares en celdas de manufactura.

Ventajas

- Sistemas flexibles para producir cierto número de modelos a una escala mediana.
- Productividad más alta debido a que los tiempos de set up no son realizados muy frecuentemente.
- Es posible realizar balance entre operaciones, ya que se puede planear la producción al conocer la demanda.

Desventajas

- Gran número de herramientas y equipos por lo cual inversión es alta.

- Excesivo manejo de materiales.
- Inventario elevado de productos terminados.
- Almacenes para productos requeridos.

Producción en Masa (Mass Production Assembly Line)

Características

- Se tiene conocimiento de la demanda requerida a largo plazo.
- Pocos modelos de producto, pero con un volumen más elevado.
- Inversión elevada debido al gran número de equipos y herramientas.
- Gran cantidad de equipos y herramientas de alta velocidad dedicados a la producción del mismo tipo de productos.
- La mano de obra no es la más calificada.
- Algunos procesos altamente automatizados.

Recomendaciones

- Los procesos deberán de ser divididos en muchas y pequeñas etapas o subprocesos.
- Solo los cambios en la demanda podrán afectar la producción de los productos.
- Existen dos tipos de sistemas de producción en masa: las líneas de ensamble y manufactura celular.

Las líneas de ensamble

Son aquellas que son utilizadas en sistemas con salidas discretas; los subensambles, normalmente van pasando de una operación a otra a través de sistemas de manejo de material automatizados, hasta que lleguen a su operación final. La cantidad de actividades que serán realizadas en cada operación deberán tomar la misma cantidad de tiempo, ya que las estaciones deben estar balanceadas. El tiempo límite para realizar actividades en las operaciones es llamado tiempo de ciclo.

Manufactura Celular y Flexible

Este sistema consiste en agrupar gran número de partes comunes para ser producidas en celdas, en las cuales se encuentran los equipos necesarios para procesar ese grupo de piezas. Este tipo de celdas por lo general son automatizadas completamente para así poder incrementar la utilización de los equipos. La manufactura celular tiene la ventaja de compartir equipos de piezas comunes y nivelar la carga de los mismos. Además, hace que los operadores estén enfocados a un mismo tipo de productos.

¿Qué sistema de producción es el más adecuado?

Los sistemas de producción tienen diferentes características y son seleccionados dependiendo de la cantidad de modelos y piezas que estén demandando los clientes. En la industria automotriz, los sistemas de producción por lo general son por lote y por masa, ya que los volúmenes son generalmente altos y no existen gran cantidad de modelos diferentes por línea de producción. Cuando existen varios modelos para una línea, muchas empresas planean su producción por lotes, para lograr disminuir el set up time que existe al realizar los cambios de modelo. Este tipo de producción tiene sus desventajas, ya que acumula inventario de producto terminado, lo que representa altos

costos para las empresas. Si no se hace por lotes, los cambios de modelo deberán ser tomados en cuenta dentro del tiempo de ciclo de cada estación

2.2.3 FLUJO EN LÍNEAS Y MANEJO DE MATERIALES EN LAS LÍNEAS DE ENSAMBLE

Es muy importante asegurar un flujo continuo y un manejo de material sencillo en las líneas de producción. Para asegurar el flujo continuo, debemos lograr que las estaciones de toda la línea se encuentren bien balanceadas, ya que si no es así, se generarán cuellos de botella que afectan la productividad de la línea. También es necesario que el manejo de materiales sea analizado detalladamente para reducirlo y simplificarlo. Existen varias formas para poder asegurar el flujo continuo en las líneas de ensamble cuando las estaciones de trabajo no pueden ser balanceadas.

Sistemas Modulares de Conveyors

En las líneas de ensamble, los sistemas de conveyors son muy utilizados para diferentes tipos de aplicaciones, que van desde el simple manejo de materiales, hasta para aumentar la productividad de las líneas. Los conveyors por lo general se utilizan como transportadores de piezas de una estación a otra o también como acumuladores (Buffer) de piezas, para ayudar a elevar la productividad de las líneas. Los conveyors en sistemas continuos permiten que las piezas se encuentren dentro de ellos al menos el tiempo de ciclo que tienen las estaciones de la línea. Los conveyors podrán almacenar las piezas que se consideren necesarias, siempre y cuando se tenga el espacio disponible en la planta. Existen diferentes tipos de conveyors, los cuales son utilizados dependiendo de los requerimientos de la planta, de la inversión que se pretenda realizar, o bien, del grado de automatización que la planta desee:

- Conveyors Automáticos con Palets modulares.
- Conveyors Automáticos con bandas.
- Conveyors de Rodillos.

Acumuladores o Buffers

Es muy común que en las líneas de producción se encuentren estaciones con cuello de botella, ya sea por un tiempo de ciclo mayor o por un gran número de fallas que disminuyen la productividad. Los acumuladores son utilizados frecuentemente para poder separar o desacoplar estaciones, por medio de conveyors, los cuales ayudarán a proveer espacios libres para que las estaciones más rápidas y productivas no se detengan a esperar a la estación problema. Estos acumuladores nos ayudarán, no sólo para mantener la productividad, sino también como espacios para inspeccionar la calidad de los productos. Los buffers, idealmente, deberán almacenar el número promedio de piezas que se dejan de fabricar en el tiempo de paro promedio de las estaciones más lentas o con gran cantidad de fallas.

¿Qué tan necesarios son los buffers en una línea de producción?

En la industria automotriz los buffers son muy utilizados y son de gran utilidad para poder incrementar la productividad de las líneas. Es importante calcular bien el tamaño del buffer que la línea requiera y saber exactamente dónde es el lugar indicado para colocarlo. El tamaño de buffer muchas veces está limitado por el espacio que la planta tiene disponible, por lo que en ocasiones será menor de lo requerido. Un buffer menor al requerido ayudará parcialmente a reducir los problemas pero no los eliminará al 100%. Mientras los buffers ayudan a incrementar la productividad de la línea, también ayudan a incrementar el inventario en proceso, lo cual tiene costos para la empresa y reduce el poder producir en un sistema justo a tiempo. (Roser, Nakano, Tanaka, 2003)

2.2.4 LAYOUT

Para poder asegurar la eficiencia de una línea de producción, no sólo basta definir los procesos adecuados, pues también es necesario que se desarrolle un layout altamente eficiente que contemple todos los aspectos requeridos en una planta productiva. Es muy importante que al definir el layout se tomen en cuenta los siguientes aspectos:

- Definir el área necesaria de estación de trabajo utilizando sus dimensiones reales.
- Definir el arreglo que deberán tener todas las estaciones de trabajo entre ellos. Es importante reducir al máximo los equipos de manejo de material, ya que representan un 30% de las inversiones que se hacen en las líneas de producción.
- Se deberá definir el flujo de todos los materiales que estarán entrando y saliendo de la línea de ensamble, tomando los almacenes de componentes, las áreas de acabado final, empaque y embarque de los productos.
- En el layout se deberán tomar en cuenta los equipos de la línea de ensamble, las áreas de mantenimiento de herramientas y equipos, áreas comunes como baños, comedores, vestidores, áreas recreativas y oficinas de producción.

2.3 MANUFACTURA VIRTUAL

2.3.1 IMPORTANCIA DE LA SIMULACIÓN EN LOS PROCESOS DE MANUFACTURA.

La simulación es la imitación de la operación de un proceso real, con la cual se pretende analizar y comprender comportamientos para resolver problemas y reducir riesgos antes de la implementación del sistema. (Banks 1998).

En el mundo actual tan competitivo, las empresas manufactureras están enfocándose cada vez mas al uso de tecnologías que les ayuden a incrementar su productividad, reducir riesgos y agilizar el tiempo de arranque de sus proyectos. Una de estas tecnologías son los softwares de simulación de procesos de manufactura, con los cuales las empresas pueden apoyarse durante la fase de planeación, conceptualización y desarrollo, para asegurar el éxito de sus proyectos. Con los softwares de simulación, las empresas pueden desarrollar diferentes escenarios de sus procesos, y así poder encontrar la solución que les arroje la mayor productividad, rentabilidad y les disminuya los riesgos potenciales

durante la fases de implementación, arranque y vida del proyecto. La simulación virtual de procesos no sólo es una herramienta para apoyar el desarrollo de nuevos proyectos, ya que también da apoyo a las actividades o sesiones Kaizen de las empresas, en la búsqueda de la mejora de los procesos actuales de la fábrica. A continuación, mencionaremos algunos softwares que son importantes en la simulación de procesos:

2.3.2 QUEST

Este software ofrece una alternativa de crear virtualmente una fábrica completa, con la cual se podrá realizar un análisis profundo de los flujos, productividad y factibilidad de los procesos de manufactura. Quest ofrece un ambiente único para los ingenieros de procesos, industriales y directivos de las empresas, en el cual diseñarán y probarán las mejores prácticas y conceptos de manufactura, que les ayude en la toma de decisiones antes de invertir en los procesos. Con Quest, se podrán desarrollar virtualmente todas las alternativas que la empresa considera necesarias hasta encontrar la que generé el mayor beneficio, reduzca el riesgo y los costos, eliminando así la frase “Hacer lo bien a la primera para evitar pérdidas”. Con este software, las empresas podrán obtener los siguientes beneficios:

- Análisis de productividad del sistema.
- Disminuir el Riesgo y Costos en los Proyectos.
- Optimización del Flujo de Materiales.
- Reducción de Inventarios.
- Análisis de la Utilización de Equipos y Mano de Obra.
- Balanceo de Líneas.
- Eliminar Cuellos de Botella y Definición de Acumuladores.
- Optimizar Área utilizada en la planta.
- Análisis Ergonómico.
- Apoyo a las Sesiones Kaizen de la empresa.



Figura 2, Simulación en Quest.

2.3.3 IGRIP

Igrip es un Software de simulación robótica que ofrece a las empresas la posibilidad de construir celdas de manufactura de soldadura, pintura y manejo de materiales. Igrip contiene librerías con diferentes modelos y marcas de robot, para que sean utilizados en la construcción de la celda. Al igual que el Quest, Igrip ayuda a los ingenieros de procesos a optimizar recursos, incrementar productividad y reducir los riesgos y costos de un proyecto antes de ser implementado. De los beneficios más importantes que ofrecen a las empresas son los siguientes:

- Validar y Optimizar las celdas de manufactura.
- Reducción de Riesgos y Costos antes de implementar los proyectos.
- Reducción de interferencias mecánicas entre los elementos de la celda y los robots.
- Validar y Optimizar el tiempo de ciclo de las celdas.
- Realizar programas de robot fuera de línea.
- Análisis Ergonómico.
- Apoyo a las sesiones Kaizen en las empresas, ayudando a validar y optimizar las mejoras antes de realizarlas.



Figura 3, Simulación en Igrip.

2.3.4 PROCESS ENGINEER.

El Process Engineer ayuda, a través de una metodología estructurada de planeación, a reconocer los riesgos potenciales antes de que ocurran; asimismo, auxilia en el seguimiento de los cambios y de la administración del proceso productivo. Process Engineer ayuda a las empresas desde la fase de diseño del producto, hasta la fase de planeación y optimización de los procesos productivos del mismo. El análisis de las relaciones e interacciones que existen entre el producto, procesos y recursos, incluyendo el layout de la planta, ayudan a evitar que se cometan errores en la fase de planeación, lo

cual se verá reflejado en ahorros en inversiones y espacios en la planta. Los beneficios de Process Engineer son los siguientes:

- Optimización del Flujo de Materiales.
- Reducción de los tiempos estándares de proceso.
- Apoya al Diseño para la Manufactura.
- Desarrollo rápido de procesos.
- Eficientiza la logística.
- Apoyo a la Ingeniería Simultanea

¿En verdad existen todos estos beneficios con la manufactura virtual?

Sin lugar a dudas, la manufactura virtual es una gran opción para todas las empresas manufactureras, ya sean chicas o grandes, que están realizando inversiones en nuevos proyectos o bien que requieren herramientas que los apoyen en sus procesos de mejora continua. La simulación, como se definió con anterioridad, apoya a las empresas a generar un gran número de alternativas para resolver problemas o desarrollar nuevos procesos de manufactura sin necesidad de invertir en ellos, disminuyendo así los riesgos y costos que se tenían antes cuando no existían estas herramientas. Claro está que para poder obtener todos estos beneficios es muy importante que las simulaciones sean generadas con información de los procesos reales y actuales de las empresas, porque si no es así, la simulación será algo fuera de la realidad, lo cual conllevaría grandes problemas económicos para las empresas. Si a la simulación se le alimenta basura, basura tendremos como resultado de ella.

3. DESARROLLO Y RESULTADOS.

3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El proyecto de estancia industrial que se realizó en Metalsa, tuvo como objetivo hacer un análisis del proceso actual para el desarrollo de propuestas de ensamble para los clientes externos e internos. En la actualidad, es muy importante poder desarrollar procesos competitivos, los cuales ayuden a las empresas a incrementar sus posibilidades de elevar su participación de mercado. Hoy en día, Metalsa tiene que cotizar e implementar una gran cantidad de proyectos, por lo que se está buscando fortalecer el proceso de desarrollo de procesos de ensamble, con la finalidad de incrementar su competitividad.

El Diagrama siguiente nos muestra el área en el que se realizó el análisis del proceso en Metalsa. Como se puede ver el área en la que nos enfocamos, en durante la estancia industrial y el desarrollo del la tesis, fue el área de Manufactura del producto, especialmente el área de ensamble de estructuras. Este diagrama también nos muestra otras áreas importantes en el ciclo de vida de un producto, como es el área de diseño, la cual cuenta con tres departamentos importantes como son el área de diseño, prototipos y validación.



Figura 4, Diagrama de las Etapas del Ciclo de Vida del Producto.

En este momento, en la Unidad de Negocios de Estructuras Inferiores de Vehículos, el área de proyectos se encuentra dividida en equipos multidisciplinarios por tipo de productos; uno de ellos está enfocado a los chasis y otro a los sistemas de suspensión. Durante el proceso de estancia industrial, se desarrollaron una serie de entrevistas y encuestas, basándose en el Método Delphi, con la finalidad de identificar fortalezas y áreas de oportunidad en el proceso actual. La idea de utilizar el método Delphi, fue para que los diferentes integrantes se expresaran sobre cada uno de los temas y así poder obtener la mayor cantidad de información posible. Los pasos que se siguieron para el desarrollo del análisis fueron los siguientes:

1. Definir a los expertos que participarían en el proceso de análisis; en este caso se seleccionaron los integrantes de los equipos del área de procesos.
2. Se definió un cuestionario en el cual se tomaron en cuenta los siguientes temas:

Recursos

- Conocimientos requeridos en los integrantes de los equipos.
- Herramientas Utilizadas.

Procedimientos

- Procedimiento Actual de cada uno de los equipos.
- Entregables de cada uno de los equipos.
- Cambios de las propuestas que se le hacen a los clientes, en comparación al proceso implementado.

Técnicos

- Conceptos de Manufactura utilizados en las propuestas.
- Uso de parámetros reales en sus propuestas.
- Incorporación de Tecnologías en procesos claves en las propuestas.
- Estándares Internos.

Riesgos Potenciales

Áreas de oportunidad.

3. Se llevó a cabo un análisis de las respuestas y se realizaron sesiones de trabajo para discutirlos.
4. Se generaron más preguntas en base a las respuestas del paso anterior y se prosiguió a aplicar un nuevo cuestionario.
5. Se realizó un nuevo análisis con el cual se definieron las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

3.1.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL (FODA)

Después de haber realizados todas las entrevistas y sesiones de trabajo, se realizó un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para organizar toda la información que había sido recopilada. A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron:

Fortalezas

Recursos

- Equipos Multidisciplinarios (Especialistas de Manufactura, Herramientas, Calidad, Procesos y Automatización).
- Apoyo de Áreas Operativas y Diseño de Producto.
- Experiencia en Implementación y Arranque de Proyectos.

Manufactura

- Procesos de Manufactura Flexibles y Probados en Líneas Actuales.
- Conceptos de Ensamble Desarrollados Internamente en la Operación.
- Parámetros de Operación de los Procesos Actuales.

Oportunidades

Tecnología

- Incorporación y aprovechamiento de tecnologías que generen ventajas competitivas.
- Alianzas estratégicas con proveedores.

Manufactura

- Conceptos de Manufactura de Vanguardia. (Manufactura Esbelta, DFMA)
- Sistemas Flexibles de Manufactura..

- Incorporar herramientas de simulación desde la fase de planeación y desarrollo de los procesos.

3. Debilidades

Administración y Planeación

- Falta de Organización y Planeación en el proceso.
- Mala Documentación de los Proyectos Cotizados e Implementados.

Estimación del Proceso

- Estimación poco precisa de los costos de herramientas e inversiones.

Operativos

- Parámetros de Operación no Estandarizados.

Manufactura

- Falta de simulación de procesos de manufactura.
- Optimización en el manejo de materiales.
- Utilización de activos.
- Falta de estándares de Tiempos y Movimientos, Herramientales, Eléctricos, Control y Robótica y Equipos.

4. Amenazas

- Pérdida de mercado por falta de competitividad.
- Ser sólo seguidores en el uso de Tecnologías existentes.

3.1.2 ESTRATEGIAS

Después de haber organizado los resultados, se realizaron diferentes sesiones de trabajo para analizar las estrategias que se deberían establecer para fortalecer el proceso de desarrollo de propuestas de ensamble. A continuación, se mencionan cuatro estrategias que resultaron de este proceso.

Metodología para el Desarrollo de Procesos de Ensamble para Estructuras Inferiores de Vehículos.

Esta metodología podrá ser utilizada para todo tipo de procesos de ensamble de Estructuras Inferiores de Vehículos. La metodología tendrá como objetivos:

- Organizar y dar secuencia a todas las actividades para desarrollar el proceso de ensamble.
- No omitir actividades claves a lo largo del proceso, generando evidencias.
- Generar bases de datos de los proyectos desarrollados.
- Procesos altamente productivos y rentables desde el arranque de la producción.
- Reducir riesgos y costos desde la fase de planeación.
- Productos de alta calidad.
- Estimaciones precisas en herramientas e inversiones.
- Asegurar el tiempo de implementación y arranque exitoso.

Esta metodología deberá incluir actividades actuales claves, como:

- Desarrollo del proceso en base a conceptos probados.
- Cálculo de Tiempo de Ciclo.
- Diagramas de Flujo.
- Formato de Ensamble General.
- Hojas de Proceso y Layout.

Además será complementada con conceptos, como:

- Manufactura Esbelta. (Kanban, Jidoka, Heijunka, Kaizen, Acumuladores).
- Simulación Computarizada de Procesos de Manufactura.

Simulación computarizada de procesos de manufactura.

Estas herramientas deberán ser incorporadas al proceso de planeación y desarrollo de procesos de ensamble. También darán apoyo a la mejora continua de los procesos actuales.

Alianzas a largo plazo con proveedores de procesos claves.

Estas alianzas tendrán el objetivo de generar ventajas competitivas en procesos claves para la empresa.

Estandarización de procesos, ingenierías y equipos.

- Estándares para procesos de manufactura.
- Estándares de ingeniería de procesos de ensamble, mecánicos, control y robótica.
- Estándares de equipos y componentes.

Como se mencionó en la introducción del documento de tesis, se tomó la decisión de desarrollar una de las estrategias que resultaron del proyecto de estancia industrial. La estrategia seleccionada fue la de desarrollar una metodología para el desarrollo de procesos de ensamble de estructuras inferiores de vehículos, ya que esta metodología es la base para iniciar el proceso de fortalecer el proceso actual que se tiene en Metalsa.

3.2 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE PROCESOS DE ENSAMBLE DE ESTRUCTURAS INFERIORES DE VEHÍCULOS.

Después de haber seleccionado el desarrollar la estrategia de la metodología, se definió un equipo de trabajo el cual fue integrado por los miembros de los equipos que están involucrados en el proceso actual. Este equipo de trabajo tuvo como objetivo inicial el dar orden a las actividades del proceso actual, que serían la base inicial de la metodología, y después complementarla con conceptos y herramientas de manufactura que ayudarán a fortalecer el proceso.

Durante las sesiones de trabajo, con los especialistas de los procesos, se definieron las áreas en las cuales se deberá basar la Metodología, las cuales deberán tener un enfoque más fuerte en el área de la definición de los procesos de ensamble. A continuación se presenta un diagrama en el cual se muestra las áreas definidas para la Metodología, en la que se puede apreciar un sistema de retroalimentación de lazo cerrado buscando siempre

la optimización del proceso que se este diseñando, para así cumplir con los objetivos de los clientes y de la empresa.



Figura 5, Diagrama de Flujo de la Metodología

A continuación, se presentará la tabla de contenidos de la metodología y después se desarrollarán cada uno de los pasos, en donde se explicará en que consiste cada uno de ellos, así como las recomendaciones y aspectos a considerar en los mismos. Todas estas recomendaciones fueron definidas en base a la experiencia de los participantes, así como de la revisión bibliográfica que se desarrollo en el punto anterior.

3.2.1 FASES DE LA METODOLOGÍA

- 1. ANÁLISIS DEL RFQ (Request For Quotation).**
 - 1.1 Requerimientos del Cliente.
 - 1.2 Información Requerida.
- 2. DEFINICIÓN DEL PROCESO.**
 - 2.1 Análisis del Volumen y Tiempo de Ciclo Requerido.
 - 2.2 Segmentación del Producto.
 - 2.3 Definición del Proceso y Flujo de Ensamble.
 - 2.3.1 Hojas de Proceso.
 - 2.3.2 Hojas de Tiempo de Ciclo.
 - 2.3.3 Control de Proceso.
 - 2.4 Layout de la Planta.
- 3. SIMULACIÓN DEL PROCESO (Validación del Proceso).**
 - 3.1 Simulación de Tiempos Discretos. (Productividad)
 - 3.2 Simulación por Estación a Detalle. (Robótica)
- 4. ESTIMACIÓN DEL PROCESO.**
 - 4.1 Estimación de Herramental.
 - 4.2 Estimación de Capital.
 - 4.3 Evaluación del Proyecto (Precio Unitario).
- 5. PLANEACIÓN E IMPLEMENTACIÓN.**
 - 5.1 Planeación.
 - 5.2 Cotizaciones.
 - 5.3 Análisis de Cotizaciones y Negociaciones.
 - 5.4 Timing de Implementación.
 - 5.5 Implementación y Control.
- 6. RAMP UP Y ENTREGA DEL PROYECTO.**
 - 6.1 Plan de Arranque de Producción
 - 6.2 Entrega a Operaciones

3.2.2 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

1. ANÁLISIS DEL RFQ (Request For Quotation).

1.1 Requerimientos del Cliente.

Esta etapa consiste en realizar una minuciosa revisión de los requerimientos que se explican detalladamente en el documento formal de cotización de nuestro cliente. Este análisis es de suma importancia ya que la propuesta que se ofrece al cliente, debe abarcar todos los detalles y conceptos, puesto que cualquier omisión puede tener consecuencias en el proceso. Asimismo, en este documento se debe recopilar toda la información requerida para poder iniciar el procedimiento de definición del proceso de ensamble. Esta información comprende los años de vida de la estructura a producir, el volumen o demanda anual que el cliente requerirá, cómo se pretenden presentar las inversiones de capital y herramientas, acabado y lugar de entrega del producto e información acerca de las formas de unión del producto en caso de que se tenga alguna preferencia en específico.

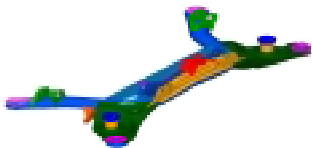
FORMATO REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	
FOTO PRODUCTO	
CAPACIDAD ANUAL REQUERIDA	180 000
CAPACIDAD ANUAL FINANCIERA REQUERIDA	165 000
AÑOS DE PRODUCCIÓN	5
LUGAR DE ENVIO	INDIANA
ACABADO DEL PRODUCTO	ELECTRO COATING
TIPO DE APLICACIÓN DE SOLDADURA	ROBOTICA Y MANUAL
DESGLOCE DE INVERSION REQUERIDA	SI
DESGLOCE DE HERRAMENTAL REQUERIDA	SI

Figura 6, Formato Requerimientos del Cliente.

1.2 Información Requerida.

Es indispensable determinar toda la información que hace falta para iniciar el proceso, y si es que no se ha proporcionado en su totalidad, se deberá realizar la petición formal al cliente. En muchas ocasiones, la información que puede faltar es la relacionada con el producto, como son los planos de soldadura, los planos geométricos, dimensionales y

tolerancias requeridas, así como los modelos electrónicos de todo el producto. La información anterior debe ser entregada por el cliente, ya que la misma representa el mínimo indispensable para poder desarrollar el proceso de ensamble.

Existe la posibilidad de que mucha de la información no sea proporcionada en ninguna de las etapas del proceso, y si esto sucede, es necesario realizar una lista de todo lo que se asumió durante la definición del proceso. Es muy importante mencionar al cliente todas estas consideraciones, ya que pueden existir muchos costos relacionados y es necesario dejar todos los puntos claros entre ambas partes. Si la información es proporcionada por el cliente después de realizada la propuesta, se realizan los ajustes necesarios y es entregada como una nueva revisión.


FORMATO INFORMACIÓN REQUERIDA DEL CLIENTE	
FOTO PRODUCTO	
MODELOS CAD (IGS, CATIA)	SI
LISTA DE PIEZAS (BOM)	SI
PLANOS DE PIEZAS	SI
PLANOS DE SOLDADURA	SI
PLANOS DIMENSIONAL ENSAMBLE	NO
ACABADO DEL PRODUCTO	ELECTRO COATING
TIPO DE APLICACIÓN DE SOLDADURA	ROBOTICA Y MANUAL
DESGLOCE DE INVERSION REQUERIDA	SI
DESGLOCE DE HERRAMENTAL REQUERIDA	SI

Figura 7, Formato Información Requerida del Cliente.

2. DEFINICIÓN DEL PROCESO.

La etapa de la definición del proceso es de las más importantes, ya que es el momento en que toda la experiencia en ensamble de estructuras inferiores de vehículos se debe de aplicar. En esta etapa se deberá definir qué tipo de proceso de ensamble se requiere para el producto a ensamblar, así como también será importante definir cuántos turnos al día y días por año serán los que se requieren para el volumen que el cliente requiere. Asimismo, será fundamental definir cuál será el balance entre automatización y mano de obra y automatización, requerida para el proyecto.

2.1 Análisis del Volumen y Tiempo de Ciclo Requerido.

Es fundamental iniciar con el análisis del tiempo de ciclo, el cual deberá de incluir cada una de las estaciones del proceso. Para este cálculo del tiempo de ciclo, es necesario

definir los parámetros de operación que se utilizan al operar las líneas actuales. Algunos de estos parámetros son los siguientes:

Sistema de Producción

El primer paso es determinar el sistema de producción a utilizar. Como leímos en la revisión bibliográfica, el sistema más utilizado en la industria automotriz es el sistema de producción en masa y el sistema de línea de ensamble, ya que por lo general se manejan muy pocos modelos o un solo modelo, a volúmenes muy elevados. En caso de que los requerimientos del cliente sean de muchos modelos y volumen bajo, se recomiendan los sistemas de producción por lote.

Volumen Requerido

El Cliente nos proporcionará su requerimiento anual de piezas a ensamblar, siendo este dato el punto de partida para el cálculo del tiempo de ciclo. El volumen, junto con el producto a ensamblar, nos indicará cuántos turnos, líneas de ensamble, equipos y tecnología serán necesarios para operar la línea de ensamble. Para los Volúmenes de 250K de productos como chasises, será necesario implementar un concepto de líneas gemelas para estar en posibilidades de surtir el volumen, en dos turnos diarios. En cambio, ese mismo volumen para un Eje de Torsión sólo necesitaría de una línea de ensamble ya que es un producto mucho más chico y menos complejo.

Forma de Operar (Turnos).

Los turnos a operar dependen del volumen anual de producción requerido por el cliente. Por lo general, los volúmenes mayores a 70 mil piezas por año se tienen que trabajar en dos turnos, pero esto dependerá del grado de automatización con la que se diseñe la línea. Dependiendo de los turnos que se operen, los días hábiles por año serán diferentes y podrán estar en un rango de 200 a 290 días al año.

Tiempos Muertos Definidos.

Los tiempos muertos dependen de la forma de operar y pueden variar entre unidades de negocio. El total del tiempo muerto deberá de ser restado al tiempo total que se tiene por turno. Entre los tiempos muertos más comunes, está la media hora de comida que tienen los operadores, el tiempo de limpieza entre turnos y las juntas de arranque antes de iniciar el turno. Estos tiempos muertos deberán ser tomados en cuenta, ya que ignorarlos puede hacer que nuestro tiempo de ciclo se quede corto.

Eficiencia (Up Time)

Estos parámetros por lo general son la eficiencia operativa de las líneas, la cual depende fundamentalmente del grado de automatización, complejidad y tecnología de la línea de ensamble. Existen diversos rangos dependiendo de la complejidad y es necesario que los mismos sean validados con el departamento operaciones de la empresa, ya que ellos tienen información más fresca con respecto al historial de las líneas existentes. Las líneas con un alto nivel en automatización, robótica y tecnologías complejas y con un gran número de variables a controlar, pueden tener eficiencias desde el 70% hasta 85%. Las líneas manuales pueden tener una eficiencia mucho más alta, entre un 80% y 95%, ya que

el número de variables a controlar para mantener la línea de ensamble operando son menores; la mayoría de las variables depende de las personas.

Estos parámetros son de los más importantes a considerar para el cálculo del tiempo de ciclo, y es primordial que se mantengan actualizados y aprobados por la división operativa de la empresa. Un cálculo erróneo del tiempo de ciclo puede repercutir en una línea sobre cotizada en equipos y con demasiada mano de obra, lo cual puede resultar en que el cliente se decida por darle el proyecto a otra empresa, o bien puede conllevar una línea incapaz de surtir el volumen requerido al cliente, lo que ocasionaría penalizaciones por parte del cliente. (Ver Formato de Cálculo de Tiempo de Ciclo).

FORMATO DE CÁLCULO DE TIEMPO DE CICLO		
REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	DATOS	FORMULA
Capacidad Anual Requerida	180,000	Dato Cliente
Dias habiles por año.	240	Dato Planta
Cantidad de turnos	2	Dato Planta
Horas por día	14	Dato Planta
Horas por Semana	70	Dato Planta
Up Time Planta	85%	Dato Planta
Horas Anuales	3360	Dias x Horas Diarias
Horas Productivas Anuales	2856	Horas Anuales x Up Time
Minutos Productivas Anuales	171360	Horas Productivas x 60 seg
TIEMPOS DE CICLO		
Tiempo de Ciclo por unidad (Minutos)	0.952	Minutos Anuales / Volumen
Tiempo de Ciclo por unidad (Segundos)	57.12	Tiempo Ciclo (min) x 60 seg
Chasises por Horas Netos (Velocidad Línea)	63.03	60 seg / Tiempo Ciclo (min)

Figura 8, Formato de Cálculo de Tiempo de Ciclo.

2.2 Segmentación del Producto.

La etapa de segmentación del producto está enfocada a definir cómo se va a ir generando el ensamble de los componentes que integran la estructura inferior de vehículos. Para esta etapa, resulta necesario contar con los modelos electrónicos del producto, los planos dimensionales del producto ya ensamblado y el plano de soldadura del mismo.

Teniendo la información necesaria, se procede a ir explosionando el modelo del producto e ir identificando, en base al BOM (Bill of Materials), cada una de las piezas del mismo. Una vez que se tienen identificados cada uno de los componentes, es necesario ir definiendo los posibles grupos de subensambles que se requieren antes de iniciar el ensamble general del producto. Esta agrupación en subensambles, se realiza dependiendo del tipo y tamaño del producto. Para estructuras pequeñas como Ejes de Torsión, Brazos de Control y Soportes de Motor, el número de subensambles no es muy

grande, pero para estructuras como Chasises o Bastidores de camionetas, las cuales cuentan con una gran cantidad de partes, el número de subensambles es muy grande.

Asimismo, debemos tomar en cuenta ciertas consideraciones en base a la experiencia, que la secuencia seleccionada no afecte la calidad del producto final, como pueden ser deformaciones y torcimientos térmicos que podrían surgir del proceso de aplicación de la soldadura e interferencias entre herramientas y geometría del producto. Es muy importante que en esta etapa se definan áreas de oportunidad en el producto, ya que muchos ensambles pueden llegar a ser difíciles de ensamblar y de manufacturar, lo cual traerá costos extras a la empresa. La metodología del DFMA (Design for Manufacture and Assembly) & VA/VE (Value Added & Value Engineering), son técnicas que ayudan a identificar los ensambles que pueden causar problemas durante la etapa de producción; además, ayudarán a tratar de reducir el número de partes del ensamble, siempre y cuando estos cambios no afecten la funcionalidad y calidad del producto final.

Después de haber definido el número de subensambles, se debe proseguir a establecer el ensamble general del producto, en el cual todos los subensambles son unidos al resto de los componentes de la estructura. El ensamble general inicia con una estación de casamiento en la cual se arma el marco o estructura principal del producto y después, en las estaciones siguientes, se van agregando el resto de los componentes del producto, que pueden consistir en soportes de motor, suspensión, caja y cabina, dependiendo del producto. Es necesario que se tomen en cuenta las relaciones críticas entre ciertos componentes como la suspensión, soportes de caja y cabina, mismos que deberán ser ensamblados en la estación para asegurar las dimensiones requeridas. Para conocer de estas relaciones, resulta necesario tener el documento de tolerancias, dimensiones del ensamble del producto, el cual contiene toda la información de las relaciones y características críticas que es necesario cuidar del ensamble general. Después de las estaciones Geométricas, seguirán estaciones de terminación de soldadura, las que se determinan dependiendo del tiempo de ciclo del proceso, previamente definido y también del tamaño, tipo aplicación, posición y accesos de los cordones de soldadura.

Durante el proceso de segmentación, es fundamental que se vayan definiendo los procesos de manufactura que se deben de aplicar a los subensambles o al ensamble general del producto, como lo pueden ser el proceso de unión, corte, atornillado y maquinados. El principal proceso de unión para las estructuras inferiores de vehículos es la soldadura GMAW (MIG), ya sea con aplicación manual, estaciones automáticas o robots automáticos. Durante el análisis del proceso de aplicación de MIG, es muy importante que se tomen en cuenta los posibles ángulos de ataque de la antorcha de aplicación de la soldadura; este ángulo en su mayor parte deberá ser de 45° , para así asegurar la mayor penetración en la unión de los materiales. Otro proceso de unión es mediante el remachado, que consiste en un proceso de ensamble mecánico y muy antiguo en la industria del ensamble de estructuras como chasises. Dentro de los procesos de corte, el más moderno es el corte láser siendo éste un proceso que requiere de una inversión bastante elevada, pero tiene la gran ventaja de ser un proceso altamente flexible, ya que al ser montado sobre el eje de un robot se podrá cambiar la forma y posición de los cortes con sólo cambiar la trayectoria del robot. Otro proceso de corte es

el punzonado mecánico, el cual es todo lo contrario al proceso de corte láser, ya que su inversión no es tan elevada pero el proceso carece de flexibilidad para realizar cambios de posiciones y formas de los cortes.

PROYECTO: SOPORTE TRASERO			CANTIDAD POR PROCESOS DE UNION					CORTE		
# ESTACION	DESCRIPCION DEL PROCESO	MANUAL / AUTOMÁTICA	mm GMAW	PUNTOS RESISTENCIA	REMACHES	TORNILLOS	PROYECCIONES	mm LASER	# PUNZONADOS	mm PLASMA
10	ENSAMBLE MOTOR	M	200							
20	ENSAMBLE MOTOR	M	200							
30	ENSAMBLE TRAVESAÑO TR	R	1500							
TOTAL			1900							

Figura 9, Formato Detallado del Proceso, Información de los Procesos de Manufactura.

2.3 Definición del Proceso y Flujo de Ensamble.

Definición del Proceso

Esta etapa de la metodología consiste en definir cómo será el flujo del proceso de ensamble, así como las consideraciones que deberán ser tomadas en cuenta dependiendo de la estructura a ser ensamblada. Para el ensamble de chasis, es muy importante definir qué proceso de ensamble es el más adecuado, existiendo dos procesos principales: uno es el ensamble por módulos o por ensamble de largueros, mejor conocido por proceso splice.

El primero de los dos procesos es uno que consiste en ensamblar primeramente el módulo frontal y trasero del chasis de forma separada, para después ser unidos en una mesa de casamiento. Este proceso tiene algunas ventajas, siendo una de ellas que se reduce el tamaño de los herramientas y por consiguiente su costo; además de que la inversión en manejo de materiales es mucho menor, ya que el proceso es más sencillo y ergonómico. Es muy importante que antes de seleccionar el proceso de módulos, se analice la unión que existe entre los largueros del módulo frontal y trasero. Esta unión deberá ser simple entre dos placas, ya que si la unión consiste en que un componente tenga que entrar entre otros dos, la unión podrá causar un gran número de problemas en la operación. Asimismo, si el proceso de aplicación de soldadura no es realizado con las secuencias ideales, podrá traer problemas de torcimiento de los módulos, lo cual puede complicar la alineación de los módulos en el casamiento del chasis completo.

Por otro lado, el proceso de largueros es un proceso que facilita el ensamble general del chasis, ya que facilita el ensamble debido a que las alineaciones son más sencillas, y por ende, incrementa el control de calidad del producto final. La principal desventaja del proceso de ensamble de largueros, es que el manejo de material es más complicado, debido a que el mover los largueros completos ocupa más área en la planta. En un proceso de largueros, se deberá cuidar que el larguero, al momento de ser ensamblado, se cuelgue en la parte central, lo que implica que se soporte bien al momento de la aplicación de soldadura.

Es recomendable que en cualquier proceso de ensamble de una estructura se definan todos los subensambles y que la primera estación de la línea principal sea una estación de casamiento, la cual deberá formar un marco rígido al que posteriormente se le irán ensamblado todos los subensambles pequeños y soportes restantes. Este marco ayudará a controlar de una mejor forma las dimensiones generales del producto y las relaciones entre los componentes.

Flujo de Ensamble

Una vez definido cuál será el proceso del producto, se iniciará el llenado de un formato en el cual se definirán cada una de los ensambles y en qué estación se van a ir procesando. Este formato, es considerado como una bitácora, ya que en él se encontrará toda la información que se está considerando en cada una de las estaciones del proceso. En éste, se definirá el número de la estación, descripción del proceso, proceso de manufactura que se realizará, tiempo de ciclo estimado, mano de obra, equipos y herramientas de ensamble requerida por estación. Este formato será la base para poder definir toda la inversión, herramientas, áreas y personal requerido en el proceso.

PROYECTO: SOPORTE TRASERO			PROCESO		INVERSION						HERRAMENTAL
# ESTACION	DESCRIPCION DEL PROCESO	MANUAL / AUTOMÁTICA	TIEMPO CICLO ESTIMADO	MAHO DE OBRA	ROBOTS	FUENTES DE PODER	AHTORCHAS	EO. LIMPIEZA	CONTROL	MANEJO MATERIAL	HERRAMENTAL
10	ENSAMBLE MOTOR	M	65	1		1	1		1		\$ 15,000.00
20	ENSAMBLE MOTOR	M	65	1		1	1		1		\$ 15,000.00
30	ENSAMBLE TRAVESAÑO TR	R	63	1	2	2	2	2	1	1	\$ 45,000.00
TOTAL			TOTAL	3	2	4	4	2	3	1	\$ 75,000.00

Figura 10, Formato Detallado del Proceso, Tiempos, Mano de Obra, Inversión y Herramental.

Asimismo, en esta sección se deberá definir el diagrama de flujo del proceso de ensamble, y es recomendable que se realicen las ayudas visuales de los subensambles con toda la información relacionada al proceso de cada una de las estaciones de trabajo. Para realizar las ayudas visuales se utilizará el Formato Detallado del Proceso (Bitácora), a fin de incluir información importante en el flujo del proceso. Por ejemplo, se deberá hacer mención de la cantidad de soldadura que se aplica, los remaches, tuercas de proyección, tornillos y mano de obra. Este diagrama de flujo ayudará a explicar cómo se definió el proceso de ensamble y cómo se moverán las componentes a lo largo del proceso. Los diagramas de flujo inician desde que las piezas llegan a la línea suelta y cómo van siendo unidas unas con otra, hasta formar el producto final.



Figura 11, Formato Diagrama de Flujo del Proceso.

Para poder realizar una validación inicial del proceso de ensamble, es necesario realizar las siguientes actividades:

- Hojas de Proceso.
- Hojas de Tiempo de Ciclo.

2.3.1 Hojas de Proceso.

Secuencias de Ensamble y Conceptualización de los herramientas.

Las hojas de proceso son muy importantes para poder realizar la validación del proceso de ensamble previamente establecido, y además, servirán para poder capacitar a los operadores para que conozcan con detalle las actividades que deben de llevar a cabo. Las hojas de proceso definen cómo se realizarán las actividades del proceso de ensamble, los equipos y la conceptualización de los herramientas. Primeramente, se definirán las secuencias del ensamblado de cada uno de los componentes en las estaciones, por ejemplo, en una mesa robótica se deberá hacer un esquema en el cual se muestre que robot soldará cada cordón, la secuencia y en qué dirección lo realizará. Es muy importante que se realice un análisis de la secuencia óptima para la aplicación de los cordones, ya que se deberán tomar en cuenta las posibles deformaciones debido al calor de la soldadura. Asimismo, las hojas de proceso nos ayudarán a visualizar posibles interferencias o ángulos de ataque que no son óptimos para asegurar la calidad del producto.

Aunado a lo anterior, en las hojas de proceso se deberá definir el concepto de los herramientas de ensamble, en las cuales se deberán concretar las áreas de registro, de

localización y sujeción de las piezas en los herramientales, buscando asegurar la calidad y manufacturabilidad del producto. Para la realización del concepto de la herramienta, es necesario que se involucre a personal del área de herramientas de ensambles, para que se proporcione retroalimentación de su experiencia en áreas operativas.

Es muy importante que se realice la conceptualización de las herramientas y la definición de las secuencias de forma simultánea, a fin de poder analizar todas las posibles consecuencias que puedan afectar el proceso, siendo las más comunes las interferencias entre herramientales y las antorchas para soldar. Es primordial que se realicen todas las actualizaciones para incrementar el control del proceso, ya que debemos de recordar que el formato detallado del proceso se utilizará para efectuar el costeo del proceso para la cotización al cliente.



Figura 12, Formato de Hoja de Proceso.

2.3.2 Hojas de Tiempo de Ciclo.

Cuando ya se tenga definido el proceso de ensamble preliminar, se iniciará con la validación del mismo; para esto es muy importante que se inicie con el desarrollo de las hojas de tiempo de ciclo. Primero que nada, es necesario que la planta cuente con estándares de tiempos y movimientos, los cuales deberán incluir tiempos promedio de cada uno de los procesos de manufactura, manejo de materiales y movimiento de operadores. Este estándar, por ejemplo, deberá incluir el tiempo de aplicación de soldadura manual y automática, el tiempo de carga y descarga de los operadores, tiempos de movimientos de los herramientales, entre otros. En caso de que estos estándares no existan, se deberán realizar las mediciones de los procesos actuales de la planta, para así

poder llevar a cabo hojas de tiempo de ciclo que representen la operación actual de la planta.

En las hojas de tiempo de ciclo se definirán paso a paso las actividades que se realizan en cada una de las estaciones, y así poder verificar que la estación se encuentre dentro del tiempo de ciclo establecido para cumplir con la producción. (Ver Formato de Hoja de Tiempo de Ciclo). En caso de que la estación se pase del tiempo de ciclo establecido, se deberá analizar si es necesario mover actividades a otras estaciones, incrementar la mano de obra o agregar equipos, de manera que la estación cumpla con el tiempo de ciclo. Sin embargo, si la estación tiene tiempo ocioso se deberá analizar si la mano de obra o equipos podrán ser utilizados en alguna otra estación para así poder optimizar el proceso.

Este proceso resultará en muchos cambios y mejoras al proceso preliminar, por lo que es necesario que se actualice el Formato Detallado del Proceso y las ayudas visuales. Es muy importante que se realicen todas las actualizaciones para incrementar el control del proceso, ya que debemos de recordar que el formato detallado del mismo se utilizará para realizar el costeo del proceso para la cotización al cliente. De igual forma que en el punto anterior, se deberán registrar en la bitácora del proceso, todos los cambios que sean realizados para mantener el control del mismo. La siguiente figura nos muestra la hoja de tiempos de ciclo en la que se establecen las actividades que realiza el operador en una estación de soldadura. Tal y como se observa, el operador culmina sus actividades dentro del tiempo de ciclo permitido. La línea verde corresponde al tiempo actual, mientras que la línea roja hace referencia al tiempo de ciclo permitido.

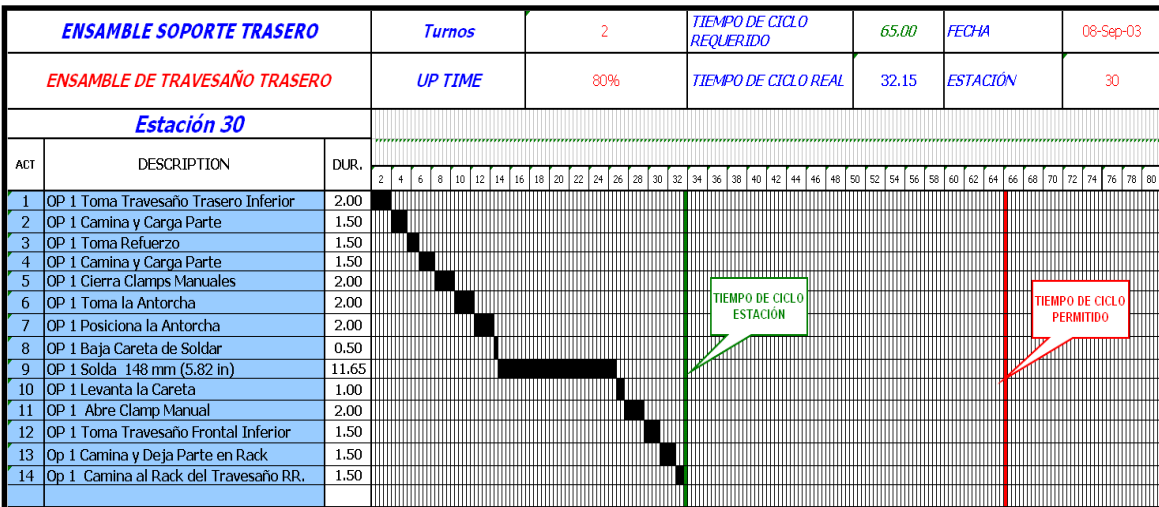


Figura 13, Formato de Tiempos de Ciclo.

2.3.3 Control de Proceso

Es muy importante que se defina un sistema para controlar el proceso de ensamble, ya que se deberá reducir el porcentaje de desperdicios en la línea de producción. Si nos basamos en el TPS, manufactura esbelta, el Jidoka, esto tiene como objetivo asegurar la

calidad de los productos y evitar que productos defectuosos pasen de una estación a otra, lo que en caso de ocurrir, traería muchos más problemas como consecuencia. Jidoka nos proporciona herramientas sencillas que deberán ser aplicadas a los sistemas de producción para evitar que se generen defectos y desperdicios, lo cual representaría costos extras para la empresa.

Pokayokes

Una de las herramientas, sobre la cual ya se había comentado es el uso de Pokayokes, que consisten en dispositivos sencillos que deberán ser incorporados a las herramientas de ensamble y a los equipos para ayudar a detectar problemas, defectos o no conformidades que detendrán el proceso hasta que la situación sea corregida. Estos dispositivos deberán ser implementados en la misma operación en la cual se está procesando el producto y así se evitará que el producto defectuoso pase a la siguiente operación. Los pokayokes son muy importantes en los procesos con alta mano de obra, ya que evitan que el producto se vea afectado cuando los operadores comentan errores. Es muy importante que desde la etapa de diseño del producto y fabricación de la línea, se analicen los diferentes puntos que puedan llegar a ser problemas y requieran que un pokayoke sea implementado.

Andon

El sistema de Andon es muy importante para el control del proceso, ya que estos son dispositivos de señalización que deberán ser incorporados en cada una de las estaciones para informar sobre el estatus operativo. En caso de que exista algún paro, ya sea por falla del algún equipo o por defectos en el producto, se deberá encender la luz definida para cada situación y los equipos de apoyo deberán llegar a dar apoyo y corregir el problema. Los Andons por lo general, son torres de luces de colores que tienen significados diferentes. Por ejemplo, el color verde indicará que la estación está trabajando y que la producción del turno está en tiempo; la luz roja podría indicar que la estación tiene un paro mayor de algún equipo; el color azul señala un paro por fallas de calidad en el producto, mientras que la luz amarilla indica que la estación está funcionando, pero con atraso en la producción, entre otros. Para implementar el Andon, la empresa deberá trabajar en definir un código de colores para todas las situaciones que desee comunicar dentro de la producción, y durante la fase de implementación deberá fabricar su línea con una torreta de información por estación o zonas dependiendo del grado de control que desee implementar.

Estaciones de Inspección

Es muy importante que se designen estaciones o espacios a lo largo del proceso a fin de verificar la calidad de los productos y así tratar de corregir defectos antes de que lleguen a los procesos siguientes. Las estaciones deberán ser realizadas, si el tiempo lo permite, dentro de las mismas operaciones y por el mismo operador de la estación, o si no, se tendrán que definir los puntos de control para inspeccionar el producto a lo largo de la línea de ensamble. Los puntos de control por lo general son utilizados para inspeccionar la calidad de la soldadura y que todas las piezas del producto sean ensambladas correctamente en sus posiciones. Es importante que los puntos de control sean incluidos en las hojas de proceso y diagrama de flujo ya que es importante que se considere la gente y el espacio requerido para la operación. Se podrá pensar que agregar gente y

estaciones es muy costoso para la empresa y le restará competitividad o rentabilidad al proceso, pero este método podrá evitar retrabajos y costos extras de producción. El tiempo extra, ya sea para retrabajar los productos o volver a fabricar, así como las multas impuestas por el cliente como consecuencia de productos defectuosos, serán mucho más costosos que implementar este método de control de calidad en el proceso.

2.4 Layout de la Planta.

Esta etapa es una de las más importantes dentro del proceso de ensamble, ya que realizar un mal Layout de la planta puede traer problemas operativos considerables. Para realizar el layout, es necesario que el proceso de ensamble ya esté muy maduro y que no pueda sufrir cambios muy drásticos, ya que el tiempo para el desarrollo de un layout a detalle toma mucho tiempo. Se recomienda que en la etapa de definición del layout se integre un equipo con especialistas en logística, manufactura, pintura y estampados para así poder detectar problemas potenciales relacionados con el layout y trabajar en buscar la mejor opción para la compañía. En la siguiente figura, se observa un layout preliminar en el cual se muestra la ubicación de todos los equipos, operadores, sistemas de manejo de material y los racks de componentes sueltos y procesados. Después de concluir el layout preliminar, se deberá realizar un layout más detallado el cual será validado con la simulación y éste corresponderá al layout de producción.

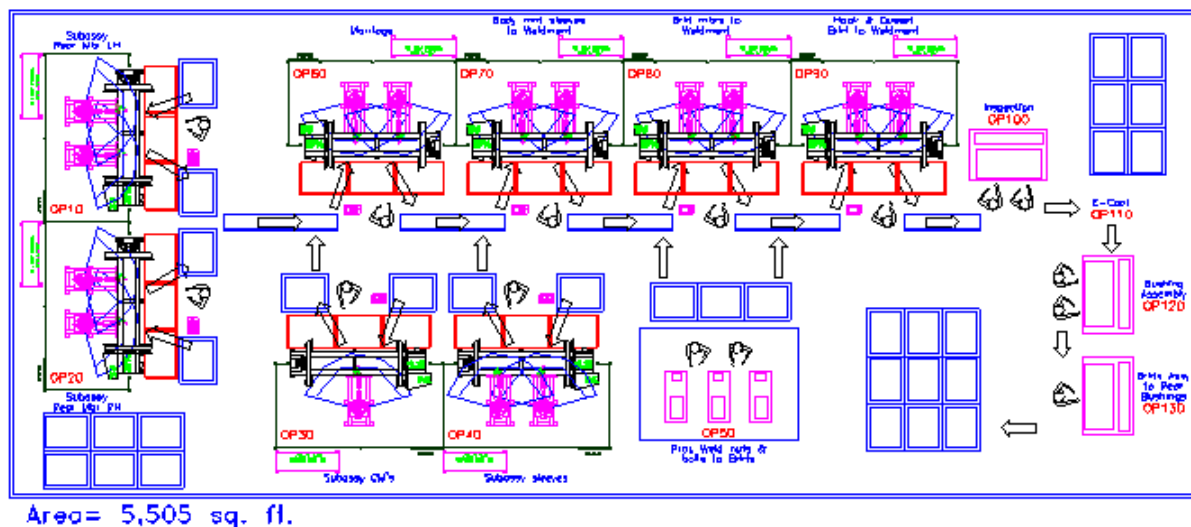


Figura 14, Layout Preliminar.

Pasos importantes:

Definir áreas potenciales dentro de la planta.

Se deberán definir las áreas potenciales dentro de la planta en donde se pretenda colocar la línea de ensamble, para lo cual es necesario hacer un estudio de las áreas con más disponibilidad, así como los pros y contras de cada una. Es muy importante que se consideren áreas que puedan tener los recursos para ubicar una línea de ensamble

dependiendo del producto y equipos que se hayan considerado en la etapa de desarrollo del proceso de ensamble. Se deberán tomar en cuenta los siguientes aspectos para definir los espacios potenciales.

Área requerida (m²).

Es muy importante que el área cuente con el espacio requerido para poder ubicar la línea de ensamble. Este análisis deberá ser realizado dependiendo del producto que se va a manejar. Por ejemplo, el espacio requerido para un eje o soporte de motor, será mucho más pequeña que el área requerida para un chasis.

Infraestructura Requerida.

Una vez definidas las áreas potenciales, se deberá analizar si esas áreas cuentan con la infraestructura requerida para los equipos y herramientas que se definieron para el proceso de ensamble, los que consisten en: servicios necesarios, como energía eléctrica, aire comprimido, gas para soldadura y unidades hidráulicas en caso de ser necesarias; almacenes para todas las partes que serán estampadas; patio de embarques para almacenar el producto terminado antes de ser enviado al cliente; y áreas comunes para los trabajadores como son, los comedores, estacionamientos, baños, vestidores y áreas recreativas.

Realizar el Layout Preliminar (Fase Desarrollo de Proceso)

Al haber definido las áreas potenciales, se inicia la etapa de definición del layout preliminar. Es fundamental que tengamos todas las estaciones de ensamble, equipos y mano de obra requeridos para iniciar con el acomodo de las estaciones de acuerdo al diagrama de flujo del proceso de ensamble. Por lo general, los layouts son realizados en paquetes computacionales, tales como AutoCAD, para así facilitar el proceso y la rapidez en los cambios. Para la definición preliminar del layout es necesario lo siguiente:

Equipos, Herramientas.

Es importante contar con dibujos de mesas y equipos estándares con dimensiones reales, en AutoCAD, para iniciar con el acomodo de las estaciones de acuerdo al flujo del proceso. Se recomienda que se cuente con tres tipos de mesas estándares, chicas, medianas y grandes, o bien mesas de proyectos anteriores de un producto similar al del proceso de ensamble que se está desarrollando.

Acomodo de Equipos y Herramientas.

El siguiente paso es iniciar el acomodo de cada una de las estaciones, utilizando el diagrama de flujo del proceso, siendo importante considerar que los espacios entre estaciones cumplan con los estándares para pasillos de la planta. Además de lo anterior, se tendrán que tomar en cuenta los diferentes equipos para manejo de materiales entre las estaciones de ensamble, ya sean manuales, camas de rodillos, o automáticos, conveyors o sistemas transfers (Lift and Carry, Stackers, Over head transfer y Power and Free).

Asimismo, se requiere que los equipos como fuentes de poder de soldar, robots, plcs, tambos de soldadura, alimentadores, entre otros, sean colocados en lugares que estén cercanos a las estaciones donde serán utilizados, cuidando que los mismos estén ubicados

en lugares accesibles para su mantenimiento y que no queden expuestos a golpes por el tráfico de manejo de materiales como los montacargas.

Logística y Flujos de Materiales.

La parte de logística es un punto crítico para la definición del layout, por lo cual debemos hacer un análisis muy detallado y para realizarlo correctamente se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Primero se deberá analizar el flujo de piezas desde el área de almacenes hasta el punto de uso en la línea de ensamble. Es importante que el almacén se encuentre ubicado en una zona cercana a la línea de ensamble y que se haga un estudio detallado de los espacios, racks y equipos requeridos para el manejo de materiales. Se tendrá que definir con detalle en qué puntos se va a requerir el uso de montacargas u otros equipos para el abastecimiento de piezas, y así delimitar el tamaño de los pasillos requeridos en las áreas de tránsito.

Después de lo anterior, se deberá analizar dentro del área de ensamble cómo será el acomodo de los racks de piezas que serán ensambladas en cada una de las estaciones. Es importante que se utilicen estándares en la delimitación de los pasillos para así evitar que existan conflictos en las áreas de tránsito de los operadores y de los equipos de manejo de material. Se deberá cuidar la ergonomía en las áreas de trabajo, ya que los operadores tendrán que contar con el espacio ideal para poder laborar. Para realizar este punto es necesario que se cuenten con estándares de pasillos de trabajo para operadores y equipos de manejo (Montacargas, racks de piezas).

Una vez ensamblado el producto, es necesario que se analice el flujo del mismo hacia el área de acabados, si es que el producto lo requiere. Es importante que se analice bien el sistema de transferencia del producto ensamblado al área de acabado, ya que si no se hace bien, esto puede generar un cuello de botella entre los dos procesos. Si la línea de ensamble es más rápida que la línea de pintura y se encuentran en línea, se deberá considerar el uso de un acumulador de piezas ensambladas entre los dos procesos para absorber el cuello de botella.

Por último, se deberá definir el flujo del área de acabados al área de embarques para ser enviados al cliente. Este espacio deberá ser del tamaño necesario para almacenar los días de inventario que la empresa pretenda manejar. Si el día de inventarios es cero, entonces el producto que se pinte se tendrá que embarcar, lo cual no es una práctica común.

3. SIMULACIÓN DEL PROCESO (Validación del Proceso).

En esta etapa del proceso se pretende validar el proceso de ensamble mediante el uso de herramientas de simulación, las cuales aportarán información relevante para poder optimizar y asegurar la funcionalidad y robustez del proceso. Con la simulación se pueden realizar muchas iteraciones y cambios al proceso sin necesidad de implementar ningún equipo físicamente, lo cual representa una ventaja muy importante. Las simulaciones que se proponen realizar en esta metodología son las siguientes:

3.1 Simulación de Tiempos Discretos. (Productividad)

En esta etapa se pretende realizar una simulación con la cual podamos validar la productividad de la línea, la utilización de los equipos, el uso de la mano de obra, la eliminación de los posibles cuellos de botella, y sobre todo, realizar mejoras al proceso preliminar. El software que se recomienda es el Quest de Delmia, uno de los softwares más completos para realizar análisis de ingeniería industrial de líneas completas de ensamble. (Ver simulación de Quest)

Para poder realizar la simulación en Quest, es necesario contar con lo siguiente:

Capacitación.

Se deberá capacitar a una persona para poder manejar el software en su versión avanzada, ya que requerirá que se realicen las simulaciones con un gran detalle. La programación deberá ser en forma SCL, en la cual se definirán las actividades de cada estación, tal y como se definió en el proceso.

Forma de Operación.

Se debe usar como apoyo a las hojas de tiempo de ciclo, que se definieron para el desarrollo del proceso de ensamble y en las cuales se podrán definir los parámetros operativos de la planta. Estos parámetros son los días al año que se trabajará, las horas diarias, los diferentes breaks que se tengan oficialmente definidos en la planta. Con estos parámetros estaremos asegurando que nuestra simulación operará de acuerdo a la realidad de la fábrica.

Proceso de ensamble.

Es necesario tener el proceso preliminar definido y listo para poder realizar la simulación. Se deberá importar el layout preliminar para ubicar las estaciones de ensamble, equipos, racks y operadores en los lugares adecuados. También se requieren las hojas de tiempos de ciclo ya validadas de acuerdo a los tiempos estándar de la planta. Las hojas de tiempo de ciclo servirán para definir las actividades que se programarán a las diferentes estaciones de trabajo, robots y operadores.

Reportes de Paros de Línea.

Es importante tener la información de los paros de línea más frecuentes en las líneas actuales, ya que son indispensables para poder realizar simulaciones que representen las condiciones operativas de la planta. Estos paros de línea se deberán programar en los equipos, estaciones o paros programados por calidad, de una forma aleatoria para que así representen la realidad de una línea de producción.

Fallas de Equipos.

Es necesario que se tenga información o registros de los tiempos medios de las fallas de los equipos (MTBF Mean Time Between Failure) y de los tiempos medios para repararlos (MTTR Mean Time To Repair). Estos datos, a fin de hacer más real la simulación, deberán ser tiempos medidos de los equipos de los proyectos actuales en la

planta, pero de no ser posible muchos proveedores de equipos originales pueden tener pronósticos sobre las fallas en sus equipos.

Cambios de Modelo

Si la producción se realiza por lotes, se deberá contemplar el tiempo de cambios de modelos como otro paro en la producción. Para esto, se deberá definir un plan de producción de acuerdo a las mezclas de modelos del producto para el cual se desarrolló el proceso.

Paros por Defectos de Calidad

Se deberá tener registro de los diferentes paros en las líneas debido a problemas de calidad en el producto. Estos pueden ser debido a reprogramación de robots por soldadura mal aplicada.

Con la simulación de tiempos de discretos, se pretende obtener información necesaria para que nuestro proceso de ensamble cumpla con las necesidades de los clientes y de la empresa.

Productividad

Este es el principal resultado que obtengamos de la simulación, ya que así podremos asegurar que con el diseño, estemos en posibilidades de obtener la cantidad de piezas ensambladas con el proceso definido.

Cuellos de Botella

Otro resultado importante es la acumulación de material que se puede presentar entre procesos. Esta información es de gran relevancia, ya que este tipo de resultados nos indica que la estación a la cual no pueden entrar los productos a procesarse, está teniendo problemas. Aquí se deberá analizar si se requiere mandar actividades a otra estación o bien agregar operadores o equipos para hacerla lo más rápida posible y balancearla en relación a las demás estaciones.

Utilización de Equipos

La simulación también nos arroja resultados de la utilización de los equipos. Cuando se tienen robots en el proceso, es muy importante contar con esa información ya que si un robot está siendo utilizado muy poco, se deberá analizar si el producto requiere que la soldadura sea aplicada automáticamente, ya que de no ser así, se deberán hacer los cambios para la aplicación manual. Lo ideal es que los robots estén siendo utilizados entre el 60% y 70% o más del tiempo de ciclo; en caso de que esto no suceda, se deberán buscar alternativas para balancear más la carga de los robots o bien ver si es que otros pueden absorber la carga del robot subutilizado y así eliminar el robot o bien moverlo a otra celda si es que así se requiere. En la siguiente figura, vemos que el Robot 3 y 4 están siendo subutilizados, y se deberá realizar algo para corregirlo.

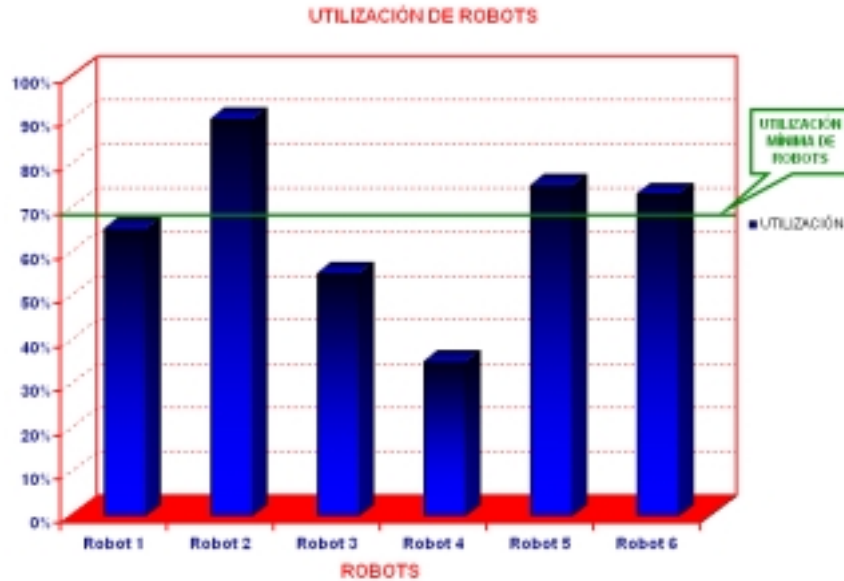


Figura 15, Gráfica de Utilización de Robots.

Utilización de Operadores

También es posible obtener información del tiempo en el que los operadores están en actividad. Es fundamental que se defina con claridad el tiempo mínimo y máximo que un operador está activo, y esto deberá ir atado a las condiciones y trabajo que estén realizando. Por ejemplo, se podrá manejar un 80% del tiempo de ciclo para aquellos operadores que trabajen en condiciones climatológicas y de trabajo, pesadas. Este estándar deberá ser definido en la planta y basándose en aspectos de ergonomía y calidad laboral. En caso de que se sobrepase el tiempo de trabajo, se deberán realizar cambios al proceso, como puede ser el reacomodo de actividades, agregar más operadores o definir estaciones en paralelo que hagan las mismas operaciones. Como vemos en la figura siguiente, los operadores 2 y 6 están siendo utilizados en un porcentaje mayor al permitido, por lo que se deberá llevar a cabo el balanceo de actividades para corregirlo.

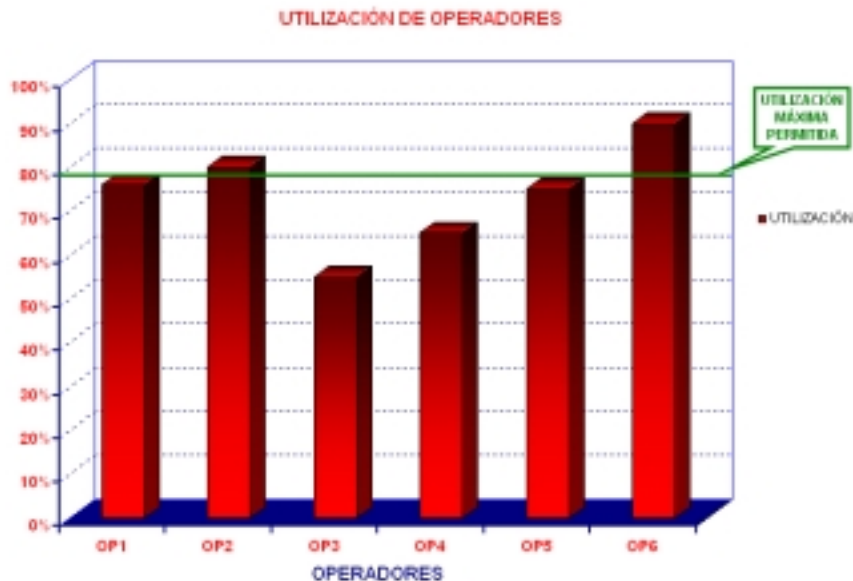


Figura 16, Gráfica de Utilización de Operadores.

Una vez analizada toda la información que se obtuvo de la simulación, se deberán realizar los ajustes necesarios al proceso y volver a realizar la simulación. Este proceso deberá ser un interactivo para que se perfeccione y optimice el mismo, de acuerdo a las necesidades requeridas.

3.2 Simulación por Estación a Detalle. (Robótica)

Esta etapa inicia después de haber optimizado y perfeccionado el proceso de ensamble con las simulaciones de tiempos discretos. La simulación a detalle es aquella de cada una de las celdas de manufactura del proceso de ensamble, y se recomienda utilizar el Software de Igrip de Delmia. Para realizar las simulaciones, es necesario que se cuente con lo siguiente información.

1. Herramientas

Se deberá contar con herramientas similares o las reales en 3D, para así poder obtener resultados precisos de la simulación.

2. Robots

Se deberá tener los modelos de 3D de los robots que son utilizados en la planta. El software tiene librerías que incluyen modelos de diferentes marcas de robot, pero será necesario saber si esta incluye el robot que se esté buscando. Es importante que el robot sea el que se va utilizar, para de tal forma, hacer la simulación lo más cerca a la realidad.

3. Proceso de Ensamble Definido.

El proceso de ensamble a simular deberá ser el proceso que se ajustó en la etapa pasada con el Quest.

Hojas de Tiempo de Ciclo.

Se utilizarán las hojas de tiempo de ciclo para programar las actividades de cada una de las estaciones de trabajo; debemos de asegurarnos que estas hojas de ciclo sean las optimizadas.

Hojas de Proceso.

Se deberá contar con las hojas de proceso, ya que en la simulación se simularán todas las secuencias y la aplicación de soldadura de acuerdo a las secuencias definidas.

LayOut Preliminar.

Se utilizará el layout preliminar con los ajustes que haya tenido después de la simulación de Quest.

4. Piezas del Producto

Se requiere contar con los archivos en 3D y formato de IGS del producto original, para que la aplicación soldadura y el ajuste en los herramientas de ensamble sea el adecuado.

Los resultados de la simulación detallada por estación, se recomiendan como una herramienta para optimizar el funcionamiento independiente de las celdas de trabajo del proceso y los resultados que se obtienen son los siguientes:

Validación de Tiempo de Ciclo

Con esta simulación, se analizará movimiento por movimiento en la celda de ensamble, desde la carga y descarga de las piezas por los operadores, los movimientos de las herramientas para sujetar las piezas, hasta el movimiento de los robots y la aplicación de la soldadura. Al final de la actividad de cada celda, el software arroja resultados del tiempo de ciclo total de todos los movimientos ejecutados.

Análisis de Interferencias

El Igrip tiene otra ventaja para poder analizar las interferencias que pueden existir entre los herramientas y la antorcha de soldadura al momento de intentar aplicar de manera correcta todos los cordones de soldadura que se deben de aplicar. Es por esto que es muy importante que se tengan los herramientas, las piezas del producto, los robots y la antorcha que se van a utilizar en el proceso real, para que se obtengan resultados óptimos.

Área Real de las Celdas

Con el simulador, se podrá diseñar, con dimensiones reales, todas las estaciones de la línea de ensamble; esto nos servirá para exportar los layouts y reajustar el tamaño de las estaciones de trabajo.

Programas de Robot

Una función no muy utilizada de este paquete es que se puede descargar por medio de una interfase el programa de los robots directamente a los robots en la línea; solo se deberán realizar algunos ajustes al programa. Esto auxiliará en la reducción del tiempo de programación en campo, ya que solamente se requerirá realizar ajustes finales a los programas.

Existen softwares de las diferentes marcas de robot que ofrecen este tipo de paquetes de simulación, Motosim y RobotStudio, los cuales cuentan con la ventaja de que se pueden bajar programas sin necesidad de hacer ajustes a los mismos, sólo a la programación fina en campo. Se recomienda que se obtenga el software dependiendo de la marca de Robots que se manejen como estándar en la planta, ya que sin duda, esto es de gran utilidad tanto en la etapa de diseño como en la vida operativa de la línea de producción, en función de que sirven para tener respaldos de los programas y poder realizar cambios en la producción.

Después de analizar los resultados de las simulaciones, es necesario realizar los cambios y ajustes a todo el proceso de ensamble hasta que se llegue a los resultados óptimos que garanticen la calidad, productividad y funcionalidad del mismo. Al igual que el proceso pasado de simulación, este proceso también es interactivo, hasta que se logren obtener los resultados óptimos requeridos.

El beneficio de este paquete es ayudar a disminuir el riesgo, los cambios en el proceso y definir las herramientas antes de implementar el proyecto. En la actualidad, el porcentaje de cambios en los proyectos que se implementan sin realizar simulaciones puede ser de un 20-30%, mientras que con las simulaciones se pretende reducirlo a un 5%.

Otra ventaja de esta herramienta, es que se pueden realizar propuestas mucho más precisas y profesionales a los clientes. En caso de que la presentación de las simulaciones a los clientes sea posible durante la etapa de cotización, se podrá contar con una gran ventaja, ya que el cliente sentirá confianza al proceso que se le está proponiendo.

4. ESTIMACIÓN DEL PROCESO.

Una vez que se definió, optimizó y perfeccionó el proceso de ensamble, sigue el proceso de estimación de los herramientas e inversión requerida, para así proseguir con la evaluación del proyecto y obtener el precio unitario del producto.

4.1 Estimación de Herramental.

La estimación de los herramientas puede ser realizada en dos formas dependiendo del tiempo que se requiera para poder hacerlo. Una de ellas, se lleva a cabo en base a costos recientes de herramientas para líneas de productos similares. La otra forma, consiste en hacer una solicitud de cotización a proveedores de herramientas, a los cuales se les deberá presentar la información de las especificaciones técnicas o los estándares de construcción e integración de herramientas, además de toda la información del proceso desarrollado. Una vez que se cuente con todos los costos de los herramientas, se realizará una tabla en la cual se incluyan con todo detalle los herramientas que se le cotizarán al cliente. Esta tabla será de acuerdo al formato que el cliente sugiera, en caso de que no sea así se deberá utilizar un formato estándar de la empresa.

4.2 Estimación de la Inversión (Capital).

Para la estimación de la inversión, resulta necesario la utilización de la tabla en la cual se tiene toda la información de los equipos que se definieron para el proceso de ensamble. Además de lo anterior, es necesario que se calculen todos los costos de servicios, instalación, capacitación, logística y almacenes, entre otros equipos que sean necesarios para la implementación del proyecto. Para ser más precisos en la estimación, es necesario que se utilicen datos recientes de otros proyectos o bien cotizar cada uno de los conceptos de la inversión. Es importante preparar una tabla con el desglose de las inversiones en caso de que el cliente lo solicite. Al igual que el desglose de herramientas, la tabla de inversiones será de acuerdo al formato que el cliente sugiera, en caso de que no sea así se deberá utilizar un formato estándar de la empresa.

4.3 Evaluación del Proyecto (Precio Unitario).

En esta etapa, se deberá contar con el apoyo del área central de finanzas para realizar la evaluación del proyecto, ya que ellos tienen la experiencia en el costeo de los productos. Sin embargo, esta área deberá seguir dando apoyo en caso de que sea necesario realizar ajustes técnicos del proceso.

Algunos de los costos que se deberán tomar en cuenta:

- ✓ Materias Primas (Acero).
- ✓ Costos de Energía.
- ✓ Costos de Mano de Obra.
- ✓ Costos Administrativos.
- ✓ Costos relacionados a los gastos operativos.

Además se deberán considerar la depreciación e intereses generados por la inversión que realiza la empresa.

Para la evaluación del proyecto, es necesario que se le proporcione toda la información del proceso necesaria a la persona de finanzas que realice estas actividades dentro de la empresa. Los departamentos de evaluación de proyectos deben tener formatos con la información requerida para poder hacer la evaluación del proyecto y así definir el precio del producto. En este tipo de formatos, la información requerida son: las estaciones y los procesos que realizan cada una de ellas, la gente de cada una de las estaciones, inversión y los parámetros de operación de la línea, así como años, turnos y horas de trabajo por año.

Después de la evaluación del proyecto, se definirán actividades para poder realizar ajustes en caso de que no se cumplan con los precios objetivos para poder obtener el proyecto. En este caso, se realizan los ajustes al proceso, siempre y cuando existan áreas de oportunidad o se puedan realizar ajustes a las inversiones o mano de obra.

5. PLANEACIÓN E IMPLEMENTACIÓN.

Esta etapa será realizada siempre y cuando el proyecto haya sido otorgado a la empresa.

5.1 Planeación.

Es importante que se realice una etapa de planeación en la cual se definan todas las estrategias, objetivos, actividades, riesgos y planes de acción para poder implementar el proyecto con éxito. Además, se deberá definir el equipo de Implementación de cada una de las áreas que esté involucrada. Se deberá realizar un documento con las estrategias del proyecto.

5.2 Cotizaciones.

Es importante que se definan los proveedores potenciales para la fabricación de la línea, así como los proveedores de los diferentes equipos que serán adquiridos para el proceso. Se deberán realizar las cotizaciones de todos los equipos y herramientas. Resulta de suma importancia que se hagan evaluaciones de los diferentes equipos que se encuentren en el mercado, en caso de que existan algunos que puedan significar ventajas competitivas que se puedan implementar en el proceso. El formato de cotizaciones, RFQ, será definido por el departamento de compras con ayuda del área de ingeniería. En el RFQ se incluyen

todos los aspectos comerciales, técnicos, garantías y legales que se le pedirán a los proveedores.

5.3 Análisis de Cotizaciones y Negociaciones.

Después de haber recibido las cotizaciones, es necesario realizar un análisis profundo de las mismas, ya que se deberá identificar si lo que están proponiendo los proveedores es exactamente lo esperado. Es de relevancia que se realice el ajuste necesario a las diferentes propuestas, para así poder hacer comparativas justas y poder tomar la mejor decisión. La comparativa deberá incluir aspectos técnicos, tiempos de entrega, comerciales, operativos y servicios post-venta, así como acuerdos de nuevas tecnologías durante la vida del proyecto.

5.4 Timing de Implementación.

Durante la cotización de los proveedores, es necesario entregar un timing que cumpla con las fechas importantes para el tiempo, pero por lo general el timing de la fabricación de la línea de ensamble no es muy detallado debido a que no se cuenta con el detalle preciso de los proveedores. Después de las cotizaciones de los proveedores, se deberá de ajustar y detallar el timing de acuerdo a los tiempos propuestos por el proveedor ganador del proyecto. El timing deberá ser actualizado con los avances semanales y se deberán de presentar al cliente todos los avances mensualmente. El timing del proveedor se deberá incorporar al timing general del proyecto, el de la empresa, y se le dará seguimiento en las juntas semanales internas de la empresa. La siguiente figura nos muestra un típico timing de implementación, al cual se le deberá dar el seguimiento preciso.

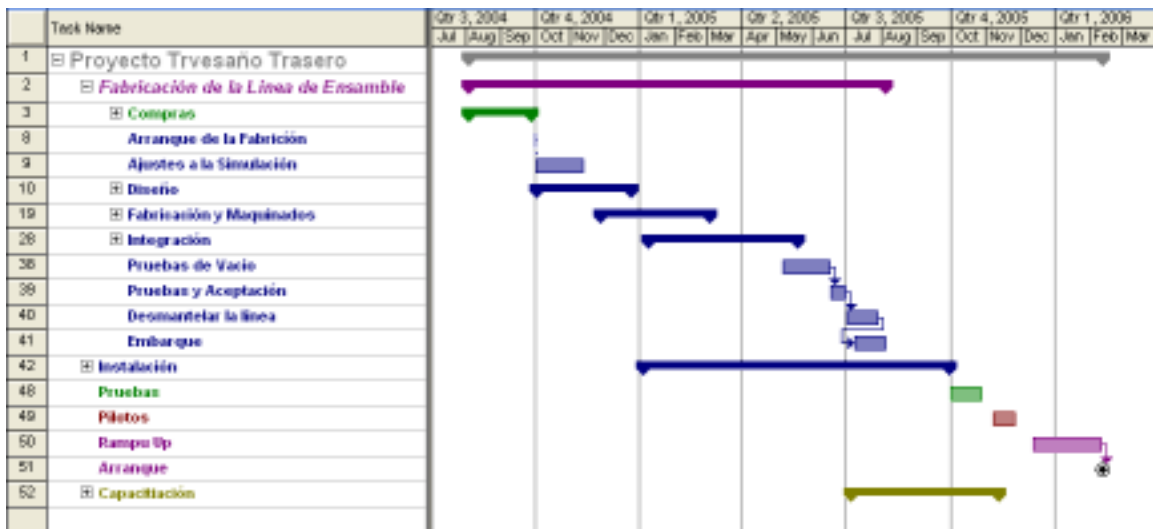


Figura 17, Timing de Implementación.

5.5 Implementación y Control.

El equipo Implementador será el encargado de definir todos los roles de los integrantes del equipo, los cuales deberán entregar semanalmente un reporte de sus avances al líder o administrador del proyecto. Se deberán llevar a cabo juntas semanales con las diferentes áreas de trabajo para poder ir visualizando posibles riesgos y estar en posibilidades de decidir entre todos los planes de acción, y así corregirlos antes de que puedan representar atrasos en el proyecto. Se realizarán juntas cada quince días, ejecutivas, entre los diferentes equipos de las diversas áreas, con el fin de estar informados sobre los diferentes acontecimientos. En todas las juntas, se revisará el timing del proyecto y que todo esté conforme a lo planeado para que no existan sorpresas. Se deberá generar las minutas, reportes y matriz de asuntos pendientes para así darle seguimiento a la siguiente junta.

Es muy importante que se lleve la comparativa del proceso cotizado contra el proceso que se esté implementando, para así tener retroalimentación y registros para futuros proyectos.

Se llevarán a cabo juntas de seguimiento con los proveedores para poder verificar los avances y progreso de los equipos y herramientas. Durante los proyectos, existen muchos cambios de ingeniería los cuales deberán ser evaluados e implementados de acuerdo a formatos estándar que se definan previamente al arranque del proyecto. Es importante que antes de implementar un cambio de ingeniería, se tenga la seguridad de que el cliente lo haya solicitado y esté dispuestos a pagarlo, ya muchas veces se realizan antes de eso y es difícil negociarlo con el cliente.

6. RAMP UP Y ENTREGA DEL PROYECTO.

Después de la implementación de la línea de ensamble, se realizarán las diferentes pruebas de productos prototipos para revisar la capacidad de proceso y calidad de los productos.

6.1 Plan de Arranque de Producción

Una vez terminadas las fases de prototipos y antes del arranque, se deberá realizar un plan para definir como se llevará a cabo el arranque de producción, y así poder alcanzar la velocidad de producción al mismo tiempo que el cliente alcanza la velocidad requerida.

En este paso de deberá realizar un timing del arranque de producción, además se deberá realizar las estrategias relacionadas al arranque.

6.2 Entrega a Operaciones

Después del arranque de la producción y de que se logre la curva de aprendizaje del proceso en todas las diferentes áreas el equipo Implementador, se deberá hacer la entrega

de la línea al equipo de operación, el cual deberá de validar que la línea esté de acuerdo a los requerimientos y capacidades requeridos por el cliente.

En este paso de deberá entregar a operaciones un reporte detallado del proyecto y de las áreas a las que se pondrá especial atención hasta que estén en estado estable.

3.3 FASES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA.

1a FASE. (2004-2005)

- ✓ Se realizará la implementación en un proyecto actual de la empresa (Toyota Tundra), para así poder validar el proceso y buscar en dónde reforzar la metodología.
- ✓ Los integrantes de las áreas de proyectos, operaciones y finanzas deberán definir los indicadores con los cuales se medirá el proceso que se está desarrollando.
- ✓ Se realizarán los estándares necesarios para utilizar la metodología correctamente.
- ✓ Concluida la implementación, se llevará a cabo una comparativa del uso de esta Metodología y el uso del método actual en la empresa.

2a FASE. (2005-2006)

- ✓ Se analizarán nuevos conceptos y herramientas para seguir reforzando la metodología.
- ✓ Estandarizar el proceso en todos los proyectos de la empresa.
- ✓ Actualización de los procesos actuales de la empresa con los conceptos de la metodología.
- ✓ Análisis de los diferentes alternativas para sistematizar la metodología para incrementar la agilidad y precisión de los procesos desarrollados.

3a FASE. (2006-2007...)

- ✓ Sistematizar la metodología.
- ✓ Continuar con la mejora continua de la metodología.
- ✓ Implementar metodologías similares en otras empresas del Grupo Proeza.

4. CONCLUSIONES

Después del proceso de estudio realizado en Metalsa y de la investigación bibliográfica realizada, se concluye que la Metodología propuesta ayudará a la Empresa a mejorar el proceso actual que se tiene para el desarrollo de procesos de ensamble, ya que aportará los siguientes beneficios:

- Ayudará a estandarizar el proceso de desarrollo de procesos de ensamble, lo que en la actualidad no existe.
- Ayudará a agilizar el proceso de cotizaciones de procesos de ensamble de los clientes.
- Servirá como un guía integral que ayudará a que los diferentes equipos desarrollen un proceso de ensamble sin importar el tipo de estructura que se tenga que ensamblar.
- El seguir la metodología en una forma correcta, apoyará a que el proceso de desarrollo sea realizado de forma secuencial, lo que auxiliará en la reducción del riesgo de que sean omitidas actividades claves del proceso. Asimismo, se incrementará el control que se tiene en el proceso, ya que al realizar cada uno de los pasos se generarán registros que podrán ser auditados para verificar que el proceso haya sido realizado correctamente.
- Facilitará la integración de nuevos miembros a los equipos, ya que la metodología servirá como un documento que administre el conocimiento que se ha adquirido a través de los años en la Empresa.
- El uso de la metodología, además de servir como una base de datos que administre todos los proyectos, ayudará a la empresa a tener una biblioteca que sirva como referencia para futuros proyectos. Con este sistema, se pretende que los equipos tengan información rápida de proyectos similares y así poder tomarla o no en cuenta para el nuevo proyecto.
- Técnicamente, aportará un sistema de retroalimentación de lazo cerrado con el cual se busque constantemente, en cada paso, la optimización del proceso, hasta que se cumplan con los requisitos tanto del cliente como de la empresa.

Los objetivos del proceso de estancia industrial, así como el del desarrollo de la presente tesis, van enfocados a que el proceso actual de la Empresa fuera complementado y reforzado. Después de la investigación bibliográfica, se lograron definir conceptos de manufactura y herramientas, que fueron integrados dentro de la metodología propuesta, para así complementar y reforzar las bases actuales de la Empresa.

Asimismo, la metodología fue complementada con conceptos de Manufactura Esbelta, como primer pilar del TPS (Toyota Production System), Just in Time, ya que se propone que se realicen procesos de ensamble en línea en donde cada una de las estaciones deberán estar conectadas una a otras, sin inventarios intermedios, siendo la última estación la que marque el ritmo de la producción. De la misma forma, se propone que en cada uno de los pasos de la metodología se realicen hojas de proceso, lo que representa un concepto fundamental para estar en posibilidades de cumplir con el justo a tiempo, ya que éstas darán instrucciones claras y precisas a los operadores para evitar pérdidas de

tiempo. Igualmente, se tomó el segundo pilar del TPS, Jidoka, ya que se integraron a la Metodología conceptos como el Kaizen, mejora continua, con el cual se busca constantemente buscar la optimización del proceso en la fase planeación. Asimismo, se incorporó en la fase de control de proceso, herramientas que ofrece Jidoka como lo son pokayokes y el sistema andon, para asegurar que los defectos o no conformidades, no pasen de un proceso a otro.

Además de conceptos de manufactura esbelta, se propone en la Metodología que se utilice el método de DFM (Design for Manufacture) & VA/VE en la fase de segmentación del producto, como herramientas para buscar que los productos sean fácilmente manufacturados, así como para optimizar el producto, sin que el mismo pierda su funcionalidad y desempeño. De la misma manera, la Metodología fue complementada con recomendaciones que deberán ser tomadas en cuenta en diferentes pasos del proceso, como lo son los diferentes sistemas de producción que se pueden implementar, dependiendo de las características y requerimientos de los productos, recomendaciones para poder realizar de forma correcta las hojas de tiempo de ciclo, hojas de proceso, layouts y métodos para ayudar al balanceo de los sistemas de ensamble, así como la implementación de acumuladores.

El complemento más importante al proceso actual y a la metodología, es el de incorporar desde la fase de planeación, herramientas de simulación de procesos de manufactura, ya que éstas ayudarán a los integrantes de los equipos a poder validar y optimizar los procesos antes de que se invierta en ellos, lo cual representa reducciones considerables en costos e inversiones. La simulación, sin lugar a dudas, es una herramienta que apoya las actividades Kaizen ya sea para aquellos proyectos ya comenzados o los que están por iniciarse; y al ser implementada dentro de la metodología, la Empresa podrá ofrecer procesos altamente competitivos para los clientes, lo cual sin duda se verá reflejado en la adquisición de nuevos negocios. Es importante recalcar que para que las simulaciones funcionen, la empresa deberá realizar estándares de tiempos de la planta, para así obtener resultados concretos y reales.

Es importante hacer mención que las empresas deberán trabajar en definir los indicadores para medir que el proceso de ensamble que se está desarrollando sea competitivo y rentable. Para seleccionar estos indicadores la empresa deberá tomar en cuenta que sean objetivos, fáciles de medir y ser sensibles a los cambios en el proceso, para que así se puedan tomar decisiones de una manera rápida y precisa. Por lo general estos indicadores deberán estar relacionados al área productiva, mano de obra e inversiones, o bien otros aspectos que las empresas crean claves para realizar la medición del proceso.

A pesar de que la metodología no ha sido utilizada en un proyecto, en función a que la misma se encuentra en la fase de implementación, se cree que será una gran aportación para la Empresa, ya que cuenta con las bases, conceptos y herramientas que ayudarán al desarrollo de procesos altamente rentables y competitivos. Sin lugar a dudas, esta Metodología es la base y el punto de partida dentro de la Empresa, pero el esfuerzo no debe quedar sólo como resultado del proceso de estancia industrial y desarrollo de la tesis, pues se trata de llevar a cabo un proceso continuo de mejora, en el que siempre se

busquen conceptos y herramientas que ayuden a seguir complementado y perfeccionando la metodología, y así buscar que Metalsa se caracterice por ser líder en el desarrollo de procesos de ensamble.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Balakrishnan, R, TPS A Case Study of Creativity and Innovation in Automotive Engineering.
Disponibile en WWW: http://www.dig.bris.ac.uk/teaching/m_o_i/studen10.htm
2. Becker, Ronald M. (2001, June), Lean Manufacturing and the Toyota Production System, Automotive, Manufacturing and Production, Vol. 113 Issue 6, p.p. 64-65.
3. Chase, Aquilano, Jacobs (1998). Production and Operations Managment-Manufacturing and Services USA: Mc Graw-Hill, 8va Edición.
4. Convis, Gary (2001, July), Role of Management in a Lean Manufacturing Enviroment, Automotive, Manufacturing and Production, Vol. 113 Issue 7, p.p. 64-65.
5. Flinchbaugh, Jamie, Beyond Lean, p.p. 22,
Disponibile en WWW: <http://leanlearningcenter.com>
6. Igrip. Robotics Simulation Software. USA, Delmia.
Disponibile en WWW: <http://www.delmia.com/>
7. Kasul, Ruth A., Motwani, Jaideep G. (1997), Succesful Implementation of TPS in a Manufactuirng Setting, Industrial Management and Data System, Vol. 97 Issue 7/8, p.p. 274-300.
8. Liker; Jeffery (2003). The Toyota Way. USA: Mc Graw-Hill
9. Moore, Ron (1999). Making Common Sense Common Practice, models for manufacturing excellence. USA:Cashman Dudley.
10. Motosim. Robotics Simulation Software. USA/Japón. Disponible en
WWW:<http://www.motoman.com/products/software/simulation.htm>
11. Ohno, Taichi, (1991). El Sistema de Producción Toyota- Más allá de la producción a gran escala. USA: Productivity
12. Phillips, Todd (2000), Building The Lean Machine, Advanced Manufacturing, p.p. 21-26, Disponible en WWW: <http://advancedmanufacturing.com>
13. Process Engineer. A Process Driven Approach to Process and Resource Planning Software. USA, Delmia.
Disponibile en WWW: <http://www.delmia.com/>
14. Quest. Discrete Simulation Software. USA, Delmia.

- Disponible en WWW: <http://www.delmia.com/>
15. RobotStudio. Robotics Simulation Software. USA/Suecia.
Disponible en WWW: <http://www.abb.com>
16. Sule, Dileep R. (1988). Manufacturing Facilities, Location, Planning and Design .
USA: PWS Publishing Company, 2da Edición.
17. Womack, James,(2000) Lean Thinking for the Vacuum Industry. AVEM
International Fall Seminar
18. Womack, Jones, Roos (1991) The Machine That Change the World: The Story of
Lean Production. USA: Perenial.

6. ANEXOS

6.1 PRESENTACIÓN REALIZADA EN LA DEFENSA DE LA TESIS.

En esta presentación se presenta el resumen del proceso que se llevó a cabo desde la estancia industrial hasta el desarrollo de la tesis presentada en este documento. Además, se presenta una guía rápida de la Metodología para el desarrollo de procesos de ensamble de estructuras inferiores de vehículos.