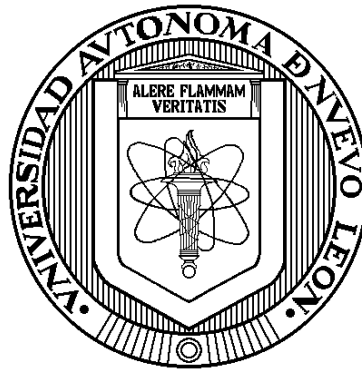


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**CONSOLIDACIÓN DE DOS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.**

**POR**

**GILBERTO LUIS NAVARRO HERNÁNDEZ**

**TÉSIS  
EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE  
MANUFACTURA CON ESPECIALIDAD EN AUTOMATIZACIÓN**

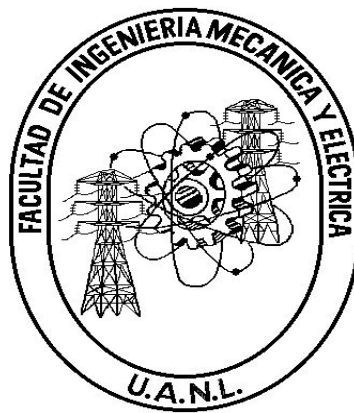
**SAN NICOLAS DE LOS GARZA N.L.**

**17 DE DICIEMBRE DEL 2007**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**CONSOLIDACIÓN DE DOS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.**

**POR**

**GILBERTO LUIS NAVARRO HERNÁNDEZ**

**TÉSIS  
EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE  
MANUFACTURA CON ESPECIALIDAD EN AUTOMATIZACIÓN**

**SAN NICOLAS DE LOS GARZA N.L.**

**17 DE DICIEMBRE DEL 2007**

## **DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS**

Dedico esta tesis a mis padres, Maria De La Luz Hernández y Gilberto Navarro Salado, por permitirme existir y por la disciplina que me inculcaron para poder llevar a cabo mis estudios.

También dedico este proyecto a mis hermanos, Genaro Navarro Hernández y Sergio A. Navarro Hernández por sus consejos y apoyo moral siempre que los necesite.

Quiero agradecer a cada uno de mis maestros por los conocimientos transmitidos durante las clases impartidas en cada una de las materias de la maestría.

También quiero agradecer especialmente a mi asesor M.C. Roberto Mireles Palomares por su ayuda y apoyo incondicional para llevar a buen termino la elaboración de esta tesis.

Además agradezco al M.C. José de Jesús Villalobos Luna por su colaboración como revisor y al Dr. José Luis Cavazos García por su guía y colaboración en la materia de tesis, para poder concluir con éxito estas asignaturas, además también por su apoyo como revisor.

## **PRÓLOGO**

En la actualidad existe un crecimiento en la industria maquiladora, especialmente en las ciudades fronterizas de México que colindan con estados unidos, existen diferentes ramos en la industria maquiladora, como lo son la automotriz, la informática, la electrónica, la aeronáutica, eléctrica, electrodoméstica, etc.

El tema a tratar en esta tesis surgió a raíz de la necesidad de la compañía TRW dedicada a la fabricación de cinturones de seguridad para automóviles, debido a los cambios en los volúmenes de producción surge la necesidad de modificar o mejorar los procesos en las líneas de producción para hacerlas mas eficientes y de esta manera mantener la competitividad de la compañía y mantener sus clientes satisfechos, cumpliendo con sus requerimientos.

Para poder obtener la mejora continua en la industria, es necesario hacer uso de las diferentes técnicas de manufactura, aplicando los diferentes métodos conocidos, en esta tesis pretendo mostrar como algunas de estas técnicas de mejora continua son aplicadas a los procesos de producción y de esta manera obtener mejoras significativas, ahorrando espacio, disminuyendo los inventarios de materia prima y de producto terminado, disminuyendo tiempos perdidos por cambios de modelo y herramientas, disminución de tiempos perdidos por fallas y reparaciones inesperadas, mejorando el manejo del material y logística, todo esto es aplicado para lograr la mejora continua y alcanzar la meta de toda compañía que es la calidad, palabra tan escuchada en los últimos años en toda la industria a nivel mundial.

Espero que con el contenido de esta tesis, pueda contribuir de alguna manera al desarrollo de la industria, transmitiendo los conocimientos que he obtenido durante mi experiencia profesional y de los conocimientos transmitidos por mis maestros que tan atinadamente me enseñaron las herramientas aplicadas en este proyecto.

## ÍNDICE

	Página
<b>CAPÍTULO 1</b>	
INTRODUCCIÓN -----	1
1.1. Antecedentes -----	1
1.2. Contexto General del Proyecto -----	3
<b>CAPÍTULO 2</b>	
POKA-YOKE -----	4
2.1.-Historia -----	4
2.2.-Aplicación de Poka-Yoke -----	5
2.3.-Clasificación de Métodos Poka-Yoke -----	13
<b>CAPÍTULO 3</b>	
SMED -----	19
3.1.-Definición de SMED -----	19
3.2.-Aplicación de SMED -----	24
<b>CAPÍTULO 4</b>	
KAN-BAN -----	29
4.1.-Sistema KAN-BAN -----	29
4.2.-Reglas de KAN-BAN -----	33
<b>CAPÍTULO 5</b>	
TPM -----	39
5.1.-Mantenimiento productivo total -----	39
<b>CAPÍTULO 6</b>	
CELDAS DE MANUFACTURA -----	46
6.1.-Conceptos de Celdas de Manufactura -----	46
6.2.-Definición de una Celda de Manufactura -----	49
6.3.-Tipos de Distribución de Planta -----	55
<b>CAPÍTULO 7</b>	
HIPÓTESIS -----	62
7.1.-Planteamiento del Problema -----	62
7.2.-Propuestas De Reconfiguración de Distribución de Línea -----	64
<b>CAPÍTULO 8</b>	

RESULTADOS -----	69
8.1.- Selección de Propuesta para Distribución de Línea -----	69
8.2.- Modificaciones a Estaciones de Trabajo -----	71
<b>CAPÍTULO 9</b>	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	73
9.1. Resumen -----	73
9.2. Aplicación a Sistemas de Manufactura -----	77
BIBLIOGRAFÍA -----	78
APÉNDICES -----	79
Apéndice A -----	79
Apéndice B -----	81
Apéndice C -----	83
Apéndice D -----	85
GLOSARIO -----	87
RESUMEN AUTOBIOGRAFICO-----	89

**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
División de Estudios de Post-grado.

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis "Consolidación de dos Líneas De Producción" realizada por el alumno (a) Gilberto Luis Navarro Hernández con número de matrícula 1130085 sea aceptada para su defensa como opción al grado de maestro en ciencias de la Ingeniería de Manufactura con especialidad en Automatización.

**El Comité de Tesis**

---

M.C. Roberto A. Mireles Palomares  
Asesor

---

DR. José Luis Cavazos García  
Revisor

---

M.C. José de Jesús Villalobos Luna  
Revisor

Vo. Bo.

---

DR. Guadalupe A. Castillo Rodríguez  
Nombre  
División de Estudios de Post-grado

Ciudad Universitaria, a 17 de Diciembre del 2007.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1.-ANTECEDENTES.

Debido a la alta competitividad que existe en las empresas industriales actualmente, todas y cada una de las empresas industriales dedicadas a la fabricación de productos en serie para el uso del mercado industrial, automotriz, domestico, recreativo, etc., se han visto obligadas a tomar mano de todos los recursos y estrategias disponibles actualmente en el mercado. Esto quiere decir que tienen que poner en práctica las técnicas más modernas de acuerdo a las necesidades de su proceso en específico para competir en el mercado.

El objetivo de este proyecto de tesis es eficientizar el proceso de dos líneas de producción, reduciendo el espacio de piso productivo que no se esta utilizando a su máxima capacidad, mejorando el proceso de manufactura para obtener mejor utilidad de los recursos como son: mano de obra, equipo de ensamble, materiales, herramientas y personal de soporte, reduciendo los tiempos perdidos por problemas de equipo y cambios de modelo, mejorando el manejo de materiales y obtener de esta manera una mejora continua de calidad. Todo esto se busca aplicando las técnicas de manufactura que mas se adapten a los sistemas de producción, automatización de la maquinaria, distribución de la planta, almacenaje y distribución de los materiales y toda la logística del sistema de manufactura desde la recepción de los materiales, su proceso y embarque hacia el cliente.

El desarrollo de esta tesis, involucra algunas de las técnicas de manufactura existentes para la mejora de los procesos productivos, la mayoría de ellos adoptados de compañías japonesas que han marcado la pauta y revolucionado los sistemas en cuanto a mejora continua se trate, por mencionar alguno el caso Toyota. El caso en específico del planteamiento de este proyecto, se desarrolla en una planta maquiladora dedicada a la manufactura de cinturones de seguridad,



debido a la baja de los requerimientos de producción por parte de sus clientes en este caso las compañías automotrices Ford y Mercedes Benz, no se han utilizado al 100% de su capacidad dos de las líneas de producción que producen para estos clientes, por lo que el departamento de ingeniería se ha dado a la tarea de modificar y mejorar el sistema de producción, de tal manera que los productos que manufacturan en dos de las líneas de producción se puedan fabricar en una sola línea de producción, de esta manera se busca la utilización máxima tanto del espacio de piso productivo, mano de obra y equipo de ensamble para eliminar todos los desperdicios que se generan actualmente.

## **1.2.-CONTEXTO GENERAL DEL PROYECTO**

Para realizar este proyecto, el departamento de ingeniería que es quien liderea y coordina cualquier cambio e implementación de mejora continua, buscará la mejor opción para obtener el proceso de producción ideal para este caso. Se pueden mencionar algunas técnicas usadas actualmente en las industria de la manufactura de productos en serie, como son: Manufactura Esbelta, SMED, Celdas de Manufactura, Heiyunka, Kan-Ban, TPM, Poka Yoke, Six Sigma y muchas otras técnicas usadas como estrategias en la manufactura para eficientizar los procesos y recursos disponibles, como todas las empresas tratando de reducir sus costos y aumentar su productividad para ofrecer a sus clientes, un servicio de mejor calidad y a un costo menor que la competencia.

Hablando de calidad, también existen sistemas de calidad que certifican a las empresas ante sus clientes, siendo proveedores de primer nivel mundial, estas certificaciones, son otorgadas por empresas dedicadas a la certificación de sistemas de calidad. Las empresas que desean ser certificadas en un sistema de calidad, deberán ser auditadas y cumplir con los requerimientos del sistema de calidad. Algunos de los sistemas de calidad reconocidos mundialmente son: ISO-9001 con sus respectivas revisiones, ISO-14000, QS-9000 e ISO/TS 16949.

Para lograr la meta planteada en la consolidación de las dos líneas de producción, se requiere aplicar diferentes técnicas de manufactura mencionadas anteriormente, para modificar la distribución de la línea (celdas de manufactura), es decir el diseño del flujo de proceso que lo forman cada una de las estaciones de trabajo. Otra de las técnicas a utilizarse será el cambio rápido de modelo (SMED), esto será necesario al consolidar dos estaciones de trabajo, ya que solo quedara una estación, que deberá tener la capacidad de ensamblar diferentes productos y tener la flexibilidad de cambiar de modelo de los diferentes productos en el menor tiempo posible. También se aplicará el sistema Poka Yoke para que el equipo sea capaz de diferenciar un producto de otro, es decir que sea capaz de detectar o evitar el ensamble incorrecto mediante dispositivos mecánicos y sistemas automatizados por medio de un control lógico programable, sensores electrónicos y cilindros neumáticos y con una señal de alarma el operario podrá saber que se detectó algún error, cuando por error se ensamble un componente equivocado de otro producto que no se este fabricando en ese momento.

# CAPÍTULO 2

## POKA-YOKE

### 2.1-HISTORIA.

Hacia la década de 1970, los Estados Unidos, empiezan a recibir una afluencia masiva de productos japoneses de mejor calidad y más baratos. Paralelamente, comienzan a perder el liderazgo en temas de calidad, pese a ser los mentores de la calidad moderna y de contar con nombres tales como Stewart, Deming, Juran y otros muchos muy reconocidos. Las razones de lo anterior se deben a una serie de factores que exceden el alcance de este artículo, pero uno de dichos factores, fue el uso en forma muy extendida de POKA-YOKES en las compañías japonesas, que de esta manera bajaron el índice de defectos y como consecuencia bajaron los costos.

La persona que perfeccionó la metodología POKA-YOKE fue el Ingeniero japonés Shigeo Shingo, hacia la década de 1960. La palabra perfeccionar cabe en este caso, porque el POKA-YOKE es un conocimiento milenario que el hombre común aplica en su vida cotidiana. En todo caso, el trabajo del ingeniero Shingo fue reunir y sistematizar ese conocimiento para poder aplicarlo al desempeño de una compañía.

### ¿QUÉ SIGNIFICA POKA-YOKE?

La frase POKA-YOKE viene del japonés y está formada por las palabras:

POKA: Evitar

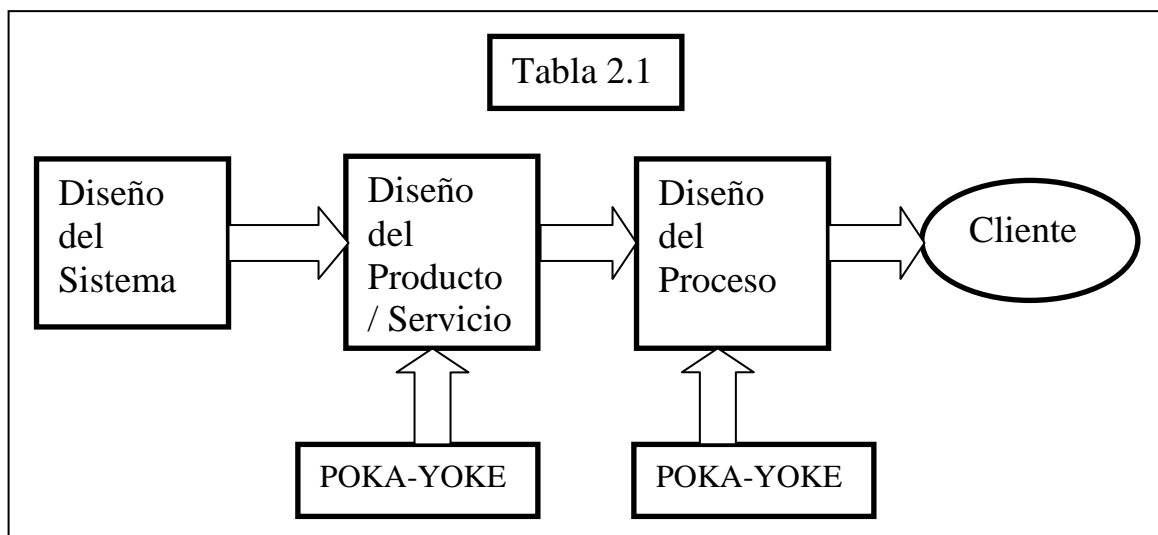
YOKERU: Error inadvertido

La versión Occidental de la misma (Aunque yo particularmente NO la comparto) es:

APB: A Prueba de Bobos. Cuando digo que no la comparto, es porque creo que la gente no es boba. Lo que sucede, en cambio, es que la gente comete errores porque los sistemas están diseñados para permitir que se cometan errores

## 2.2.-APLICACIÓN DE POKA-YOKE.

En términos generales, tal como veremos en los ejemplos consignados al final de este artículo, se busca una solución de POKA-YOKE cuando el proceso para obtención de un producto o de un servicio, ya está generado. Es decir que el proceso tiene defectos que son los que generan errores. Una simple lógica obliga a preguntarse por qué no se aplicó Poka-Yoke antes de iniciar el proceso. Esto conduce a una segunda pregunta: ¿Dónde es el lugar racional para poner Poka-Yoke? ¿En cuál etapa? Las posibilidades se muestran en la tabla 2.1.



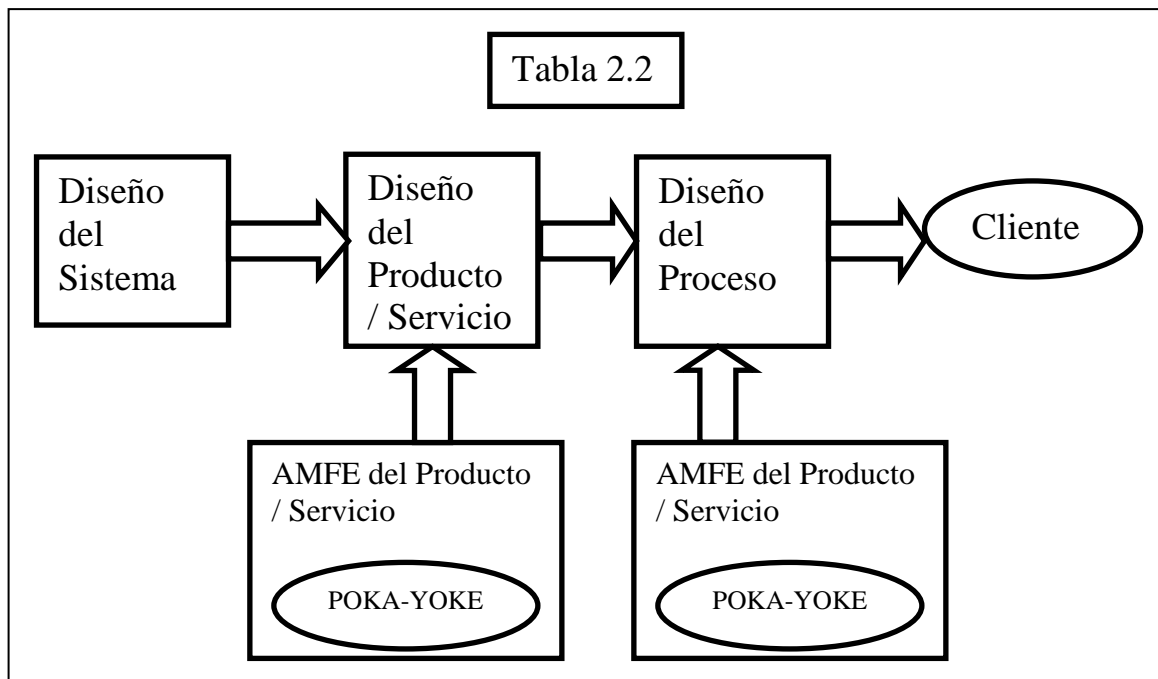
Lo ideal es que los Poka-Yoke se incluyan desde la etapa de diseño. De lo contrario, si se quieren introducir una vez diseñados el Producto / Servicio ó el Proceso, no se cumplirá con un axioma básico de la Calidad moderna que es “hacer las cosas bien a la primera”, con los costos adicionales que ello significa. O dicho de otro modo, es una mejora continua mal entendida, ya que se llama a los consultores para solucionar algo que en realidad debió preverse desde las primeras etapas.

Con el fin de potenciar la utilidad del Poka-Yoke, y paralelamente, no caer en la trampa tan común, de colocar POKA-YOKES, en forma indiscriminada (tener presente que el Poka-Yoke tiene un costo, como veremos más adelante en los ejemplos) los mismos se combinan con el uso de otras herramientas de calidad, fundamentalmente con el AMFE (Análisis de Modos de Falla y sus Efectos), que es una metodología que permite, en cada etapa del Diseño del

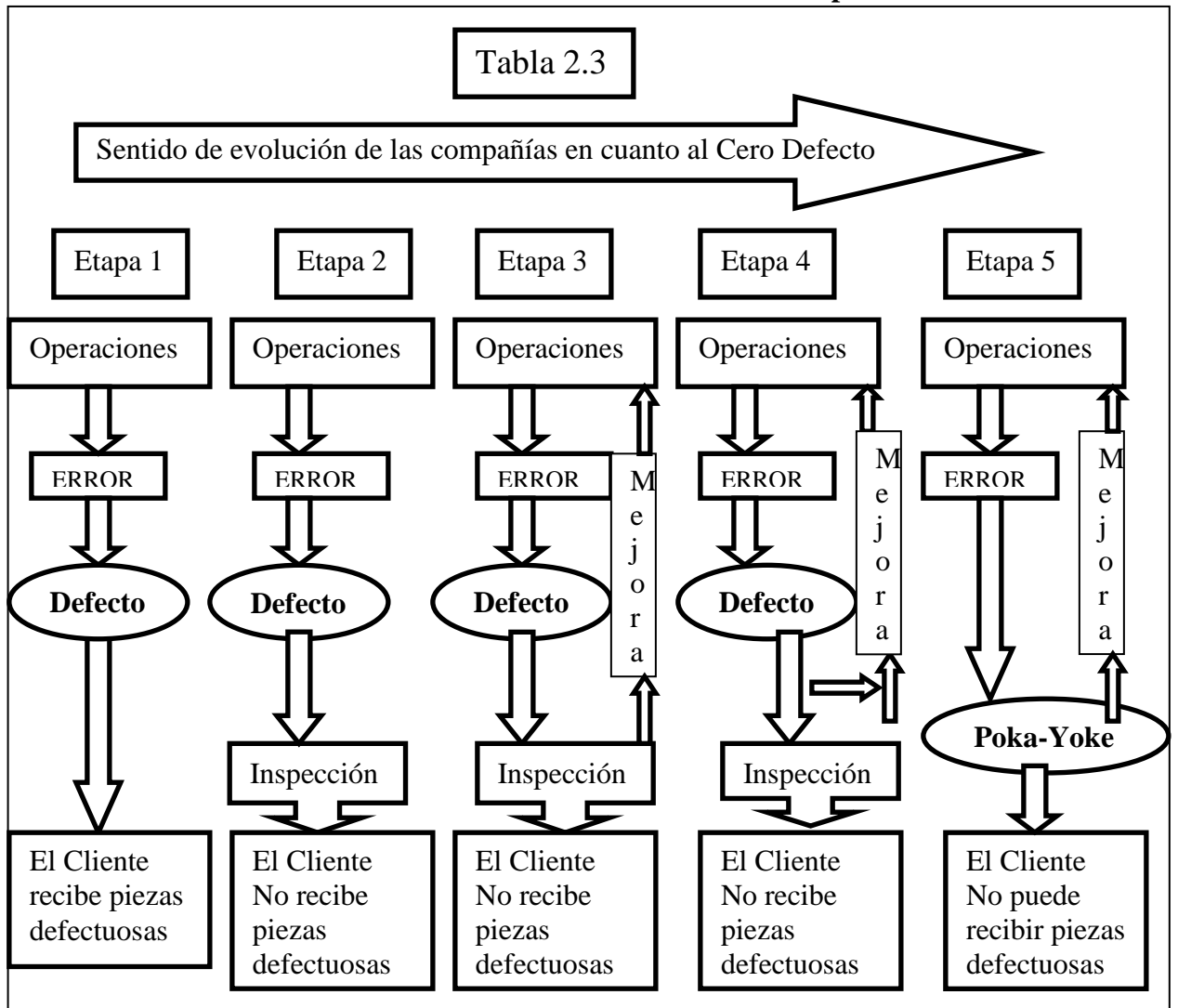
Producto / Servicio o Proceso, decir qué índice de riesgo existe. En definitiva da un número y ese número es el que permite asignar prioridades. Por eso el AMFE y el POKA-YOKE tienen que estar hermanados, porque el AMFE es la herramienta que indica dónde se justifica o no la aplicación de Poka-Yoke.

Una tercera herramienta que también se hermana con el Poka-Yoke son los estudios de Confiabilidad, porque muchos de los dispositivos que se ponen para reducir los defectos, son exactamente eso, dispositivos, y los dispositivos no tienen un ciento por ciento de confiabilidad. Es por eso que debemos analizar la confiabilidad para conocer que probabilidades de errores pueden cometerse como se muestra en las tablas 2.2 y 2.3.

**En la Tabla 2.2 se aprecian estos conceptos.**



**Tabla 2.3.-Evolución en la obtención del cero defectos en las compañías.**



Las empresas mostradas en la **Etapa 1** en realidad ya no existen, porque una compañía así ya no está en el mercado. Además acá conviene hacer una distinción: error no es sinónimo de defecto. Cometer un error puede derivar en un defecto, pero puede suceder que este último no aparezca pese al error cometido (Como se verá más adelante).

La **Etapa 2** sí se encuentra en algunas empresas actuales, que se han dado cuenta que no pueden enviar al cliente productos o servicios con defectos, porque pierden ventas o incluso al cliente. En este caso, lo primero que se implementa es una inspección sobre el producto terminado para evitar que los defectos terminen en el cliente.

La **Etapa 3** agrega nuevas funciones a la inspección. Es en ese punto cuando el inspector puede decir qué tipo de errores tiene el producto, en cuáles operaciones se produjeron y en qué cantidades. Con esa información se puede realimentar el proceso para bajar los índices de rechazo.

La **Etapa 4** fue entender que en la operación propiamente dicha actúan seres humanos y que esos seres humanos pueden encargarse ellos mismos de advertir los defectos. Es lo que se llama autocontrol y que en el esquema de la Etapa 4 está representado por la línea que vuelve para realimentar la Mejora antes de llegar a la Inspección.

En la **Etapa 5**, la sucesión de las operaciones - errores se mantiene, pero ni bien se cometen los errores están los POKA-YOKE que impiden que el error se transforme en defecto. En este caso, el cliente no tiene ninguna posibilidad de recibir una pieza defectuosa, por que no se genera ninguna pieza defectuosa.

Conceptos Aclaratorios.

1.- ¿Es realmente útil la inspección por muestreo atributivo, de cara al CERO DEFECTO?

Los sistemas de muestreo por atributos basados en las normas IRAM 15, MIL-STD 105D ó similares, de ninguna manera coinciden con el concepto del CERO DEFECTO. Veámoslo con un ejemplo: supongamos que yo quiero determinar si envío o no a un cliente un lote fabricado. Supongamos también, que admito un nivel aceptable de Calidad (AQL por sus siglas en inglés) de 0,1 por cierto, (un valor exigente dentro de estas normas de muestreo por atributos)

¿Qué significa un AQL = 0,1?, pues que con una probabilidad de aproximadamente del 95%, un lote que tenga un 0.1% de Defectuosos será aceptado. Ah... bien, entonces me quedo tranquilo. ¿Me quedo tranquilo? ¿Qué significa un 0,1%?

0,1 en 100 ó

1 en 1000 ó

10 en 10000 ó

100 en 100000 ó

1000 en 1000000

Es decir que estamos hablando de 1000 PPM (mil partes por millón) cuando hoy en día para trabajar al nivel internacional hay que lograr no más de 100 PPM. Pensemos entonces en la contradicción que significa estar usando sistemas de muestreo que de arranque nos aseguran que vamos a trabajar como mínimo a 1000 PPM cuando ya nos han advertido que no aceptarán más de 100 PPM. Tener presente que el llamado movimiento  $6\sigma$  (sigma), tan en boca actualmente, pregona la búsqueda de 3,4 PPM. Como conclusión debemos tener presente esto: si queremos bajos niveles de PPM, los sistemas de muestreo por atributo nos garantizan que no los vamos a lograr.

Por otra parte aquella persona que recibió el Producto o Servicio defectuoso, poco le importa, que el índice de rechazo que Usted tiene, sea del 0,1%, 0,01% ó cualquier otro. Para él es el 100% de lo recibido.

2.- Las 3 técnicas de inspección en el campo de la Calidad son:

Inspecciones Evaluativas: Separan los ítems defectuosos de los buenos, después del Proceso. Evitan que lleguen al cliente, pero no mejoran la tasa de defectos, retrabajos, costos de la no calidad, etc. (ver 2ª Etapa de la Figura 3)

Inspecciones Informativas: Separan los ítems defectuosos de los buenos, después del Proceso. Evitan que lleguen al cliente. Investigan las causas de los defectos, realimentando al Proceso causante de la falla, permitiendo mejorar la tasa de defectos, retrabajos, costos de la no calidad, etc. (ver 3ª y 4ª Etapa de la Figura 3)

Inspecciones en la Fuente: Un defecto es un resultado o efecto, generalmente causado por un simple error. Por medio de inspecciones 100% en la fuente del error, el mismo puede evitarse y por lo tanto el defecto. En este caso puede lograrse el CERO DEFECTO. (Véase 5ª Etapa de la Figura 3)

3.- Los 3 componentes del CERO DEFECTO (según Shingeo Shingo):

Inspecciones en la fuente.

Inspecciones al 100%: Usando simples y baratos sistemas POKA-YOKE.

Acción inmediata: Las operaciones se deben parar de forma inmediata ante la aparición de un error, y NO se deben reanudar, hasta tanto se haya corregido la causa del error.

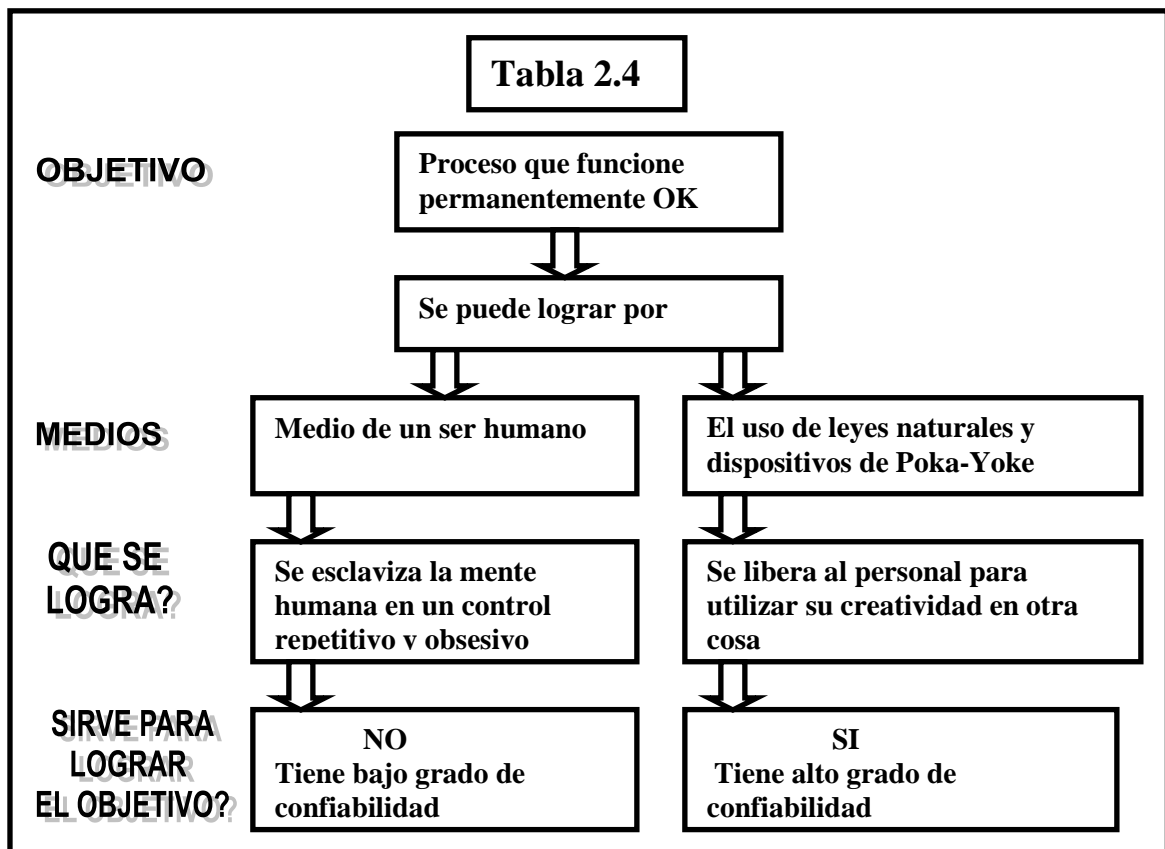


Aquí es importante tener en cuenta que Poka-Yoke tiene un costo y el mismo debe estar en relación con el beneficio que se espera. Cuando se plantean inspecciones al 100% hay gente que puede alarmarse por el costo que eso cualquier modelo de muestreo, por definición, siempre tiene un riesgo de dejar escapar un defecto. Todo depende de cuanto riesgo pueda correrse.

Un caso es el de una empresa alimenticia que tenía una variable crítica en el peso de los productos. La variable crítica no se refería al cliente sino a sus propios costos, ya que si entregaba más que el peso establecido perdía dinero. La única manera de asegurar que eso no sucediese era pesar unidad por unidad, es decir inspección de 100%. Se hicieron los cálculos de costo - beneficio y los números dieron en negro (positivos). El beneficio justificaba la inversión y se instaló un sistema de medición de peso de unidad por unidad.

Otro caso clásico es el de la industria atómica en donde se hacen radiografías completas a todas las soldaduras. ¿A todas las soldaduras? Sí, porque una fisura ahí puede significar un desastre.

4.- ¿Cómo lograr que un Proceso funcione correctamente en forma PERMANENTE? En la tabla 2.4 se puede observar este proceso.



## 5.- Diferentes clases de errores humanos

Casi todos los defectos están causados por errores humanos, y hay varios tipos de errores humanos, entre ellos los mostrados en la tabla 2.5.

**Tabla 2.5**

<b>Tipos de Error</b>	<b>Causas</b>
Inadvertidos u olvidos	No advertimos cosas o bien las olvidamos cuando no estamos atentos
Desconocimiento o inexperiencia	Cuando no tenemos suficiente experiencia o bien no conocemos bien la situación, y así y todo tomamos acciones que pueden ser inadecuadas
Identificación	Identificamos mal una situación por apuro o por estar alejada de la misma
Voluntarios	Son aquellos que cometemos cuando decidimos ignorar las reglas
Lentitud	Cuando nuestras acciones son demasiado lentas con respecto a la situación
Falta de estándar	Cuando no hay pautas de trabajo o estándares, no sabemos a qué atenernos
Sorpresa	Ocurren cuando la situación es diferente a la que se da normalmente
Intencionales	Son los sabotaje

## 6.- Diferentes tipos de defectos

Proceso omitido.

Procesos defectuosos.

Montaje de piezas defectuoso.

Piezas omitidas.

Piezas equivocadas.

Proceso equivocado (Proceso para otro modelo)

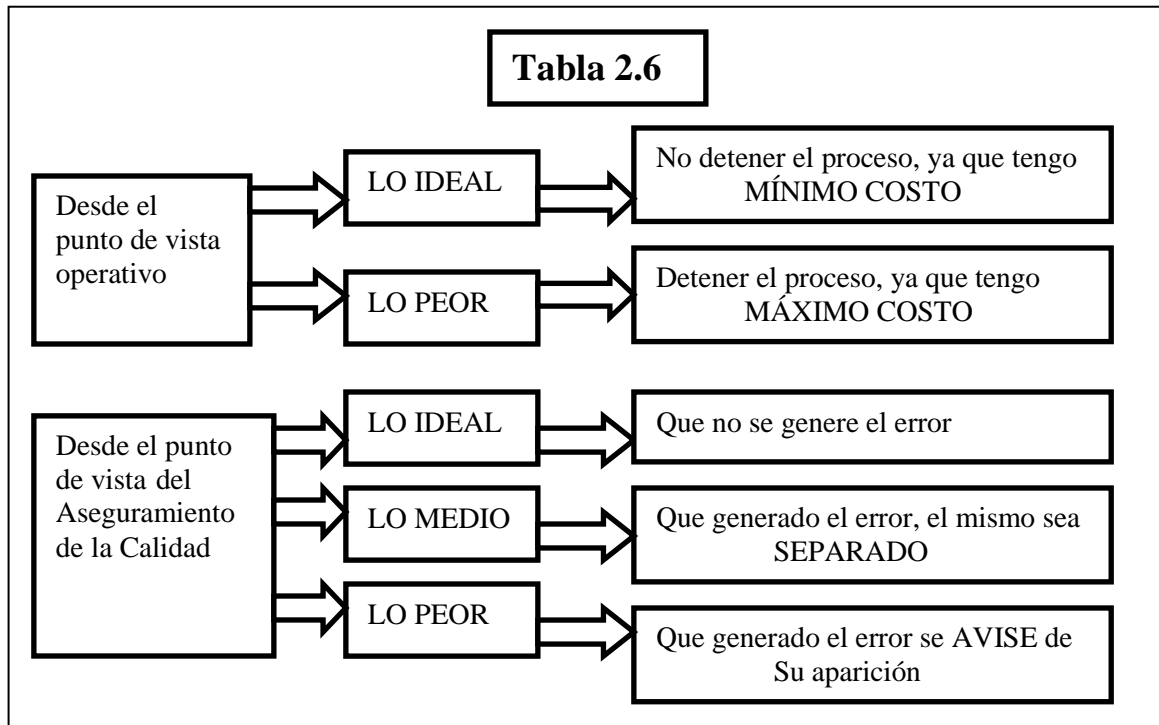
Operación defectuosa.

Ajuste defectuoso.

Montaje del equipo defectuoso.

Herramientas y / o útiles mal preparados.

En la tabla 2.6 se muestra los aspectos considerados para la aplicación de un poka-yoke.



### 2.3.-CLASIFICACIÓN DE METODOS POKA-YOKE.

1. Métodos de contactos son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anormalidades en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.

2. Método de valor fijo. Con este método, las anormalidades son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.

3. Método del paso-movimiento. Estos son métodos en el cual las anormalidades son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se este planeando la implementación de un dispositivo Poka-Yoke.

Medidores Utilizados En Sistemas Poka-Yoke:

Los tipos de medidores pueden dividirse en tres grupos:

- Medidores de contacto
- Medidores sin-contacto
- Medidores de presión, temperatura, corriente eléctrica, vibración, número de ciclos, conteo, y transmisión de información.

**Medidores de contacto:**

**Interruptor en límites, micro interruptor.** Estos verifican la presencia y posición de objetos y detectan herramientas rotas, etc. Algunos de los interruptores de límites están equipados con luces para su fácil uso.

**Interruptores de tacto.** Se activan al detectar una luz en su antena receptora, este tipo de interruptores pueden detectar la presencia de objetos, posición, dimensiones, etc., con una alta sensibilidad.

**Transformador diferencial.** Cuando se pone en contacto con un objeto, un transformador diferencial capta los cambios en los ángulos de contacto, así como las diferentes líneas en fuerzas magnéticas, esto es de gran ayuda para objetos con un alto grado de precisión.

**Trimetron.** Un calibrador digital es lo que forma el cuerpo de un "trimetron", los valores de los límites de una pieza pueden ser fácilmente detectados, así como su posición real. Este es un dispositivo muy conveniente ya que los límites son seleccionados electrónicamente, permitiendo al dispositivo detectar las medidas que son aceptadas, y las piezas que no cumplen, son rechazadas.

**Relevador de niveles líquidos.** Este dispositivo puede detectar niveles de líquidos usando flotadores.

#### **Medidores sin-contacto:**

**Sensores de proximidad.** Estos sistemas responden al cambio en distancias desde objetos y los cambios en las líneas de fuerza magnética. Por esta razón deben de usarse en objetos que sean susceptibles al magnetismo.

**Interruptores fotoeléctricos (transmisores y reflectores).** Interruptores fotoeléctricos incluyen el tipo transmisor, en el que un rayo transmitido entre dos interruptores fotoeléctricos es interrumpido, y el tipo reflector, que usa el reflejo de las luces de los rayos. Los interruptores fotoeléctricos son comúnmente usados para piezas no ferrosas, y los de tipo reflector son muy convenientes para distinguir diferencias entre colores. Pueden también detectar algunas áreas por la diferencias entre su color.

**Sensores de luces (transmisores y reflectores).** Este tipo de sistemas detectores hacen uso de un rayo de electrones. Los sensores de luces pueden ser reflectores o de tipo transmisor.

**Sensores de fibras.** Estos son sensores que utilizan fibras ópticas.

**Sensores de áreas.** La mayoría de los sensores detectan solo interrupciones en líneas, pero los sensores de áreas pueden detectar aleatoriamente interrupciones en alguna área.

**Sensores de posición.** Son un tipo de sensores que detectan la posición de la pieza.

**Sensores de dimensión.** Son sensores que detectan si las dimensiones de la pieza o producto son las correctas.

**Sensores de desplazamiento.** Estos son sensores que detectan deformaciones, grosor y niveles de altura.

**Sensores de metales.** Estos sensores pueden detectar cuando los productos pasan o no pasan por un lugar, también pueden detectar la presencia de metal mezclado con material sobrante.

**Sensor de colores.** Estos sensores pueden detectar marcas de colores, o diferencias entre colores. A diferencia de los interruptores fotoeléctricos estos no necesariamente tienen que ser utilizados en piezas no ferrosas.

**Sensores de vibración.** Pueden detectar cuando un artículo está pasando, la posición de áreas y cables dañados.

**Sensor de piezas dobles.** Estos son sensores que pueden detectar dos productos que son pasados al mismo tiempo.

**Sensores de roscas.** Son sensores que pueden detectar maquinados de roscas incompletas.

**Fluido de elementos.** Estos dispositivos detectan cambios en corrientes de aire ocasionados por la colocación o desplazamiento de objetos, también pueden detectar brocas rotas o dañadas.

**Medidores de presión, temperatura, corriente eléctrica, vibración, número de ciclos, conteo, y transmisión de información.**

**Detector de cambios de presión.** El uso de calibradores de presión o interruptores sensitivos de presión, permite detectar la fuga de aceite de alguna manguera.

**Detector de cambios de temperatura.** Los cambios de temperatura pueden ser detectados por medio de termómetros, termostatos, coples térmicos, etc. Estos sistemas pueden ser utilizados para detectar la temperatura de una superficie, partes electrónicas y motores, para lograr un mantenimiento adecuado de la maquinaria, y para todo tipo de medición y control de temperatura en el ambiente industrial.

**Detectores de fluctuaciones en la corriente eléctrica.** Relevadores métricos son muy convenientes por ser capaces de controlar las causas de los defectos por medio de la detección de corrientes eléctricas.

**Detectores de vibraciones anormales.** Miden las vibraciones anormales de una maquinaria que pueden ocasionar defectos, es muy conveniente el uso de este tipo de detectores de vibración.

**Detectores de conteos anormales.** Para este propósito se deben de usar contadores, ya sean con relevadores o con fibras como sensores.

**Detectores de tiempo y cronometrajes.** Cronómetros, relevadores de tiempo, unidades cronometradas, e interruptores de tiempo pueden usarse para este propósito.

**Medidores de anomalías en la transmisión de información.** Puede usarse luz o sonido, en algunas áreas es mejor un sonido ya que capta más rápidamente la atención del trabajador ya que si este no ve la luz de advertencia, los errores van a seguir ocurriendo. El uso de colores mejora de alguna manera la capacidad de llamar la atención que la luz simple, pero una luz parpadeante es mucho mejor.

Algunas de las compañías que se dedican a la fabricación de este tipo de dispositivos son:

- Citizen Watch Co., Ltd.
- Gomi Denki Keiki, Ltd.
- Lead Electric, Ltd.
- Matsushita Electric Works, Ltd.
- Omron Tateishi Electronics Co., Ltd.
- SUNX, Ltd.
- Toyota Auto Body, Ltd.
- Yaskawa Electric Mfg Co., Ltd.

Se puede observar en la tabla 2.7 que conforme la aplicación se torna más tecnológica, el costo también se incrementa. Lo que se necesita hacer es encontrar la solución al problema, no justificar la compra de un dispositivo muy costoso.

**Tabla 2.7.-**Comparación en la aplicación de distintos tipos de dispositivos contra errores.

TIPO	FUENTE	COSTO	MANTENIMIENTO	CONFIABILIDAD
FÍSICO/MECÁNICO	EMPLEADOS	BAJO	MUY BAJO	MUY ALTA
ELECTRO/MECÁNICO	ESPECIALISTAS	MÁS ALTO	BAJO	ALTA
ELECTRÓNICOS	POCO ESPECIALISTAS	MAS ALTO	BAJO ESPECIALIZADO PERO	ALTA

Se puede observar que conforme la aplicación se torna más tecnológica, el costo también se incrementa. Lo que se necesita hacer es encontrar la solución al problema, no justificar la compra de un dispositivo muy costoso.

Las características principales de un buen sistema Poka-Yoke:

Son simples y baratos.

Son parte del proceso.


Son puestos cerca o en el lugar donde ocurre el error.

Antes que nada pensemos en lo siguiente:



La Tabla anterior demuestra que no todos los POKA-YOKE son iguales. Existen diferencias entre ellos. Por lo tanto la lista de clasificación de los POKA-YOKE se muestra en la tabla 2.8 y es la siguiente:

**Tabla 2.8**

¿Detiene el Proceso?	Detecta el Defecto	¿Automáticamente Separa o Avisa?	Calidad y Confiabilidad	Tipo de Poka-Yoke	
NO	Antes de Producirse	Separa	<b>1</b>	<b>OPTIMO</b>	
NO	Después de Producirse	Separa	<b>2</b>		
SI	Antes de Producirse	Separa	<b>3</b>		
SI	Después de Producirse	Separa	<b>4</b>		
NO	Antes de Producirse	Avisa	<b>5</b>		
SI	Antes de Producirse	Avisa	<b>6</b>		
NO	Después de Producirse	Avisa	<b>7</b>		
SI	Después de Producirse	Avisa	<b>8</b>		<b>PEOR</b>

# CAPÍTULO 3

## SMED

### 3.1- DEFINICIÓN DE SMED.

SMED significa cambio de útiles en minutos de un sólo dígito, Son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de Set Up en menos de 10 minutos. Desde la última pieza buena hasta la primera pieza buena en menos de 10 minutos.

Esta técnica fue desarrollada por Shigeo Shingo, y son parte de las herramientas del J.I.T. o del Sistema de Producción Toyota de Producción.

El rediseño del proceso de cambio es una tarea fácil de implantar, cuando se aportan los recursos suficientes en formación y apoyo de la dirección para su aplicación en el puesto de trabajo. Esta aportación suele beneficiar a la empresa y rompe la idea de que es imposible.

#### SIGNIFICADO:

Es el tiempo de preparación de una máquina para realizar una operación diferente y cumplir con todas las especificaciones y requerimientos del cliente.

#### ¿Qué Es?

La idea que respalda el cambio de modelo es la de usar la misma máquina para producir mas de un tipo de parte. La herramienta de la máquina es cambiada cuando la línea de producción esta lista para cambiar de la manufactura de un número de parte a la manufactura de otra parte diferente. El tiempo para completar un cambio de modelo es medido desde la última parte buena del presente número de parte a la primera parte buena del siguiente número de parte.

En algunos cambios de manufactura, cambiar las herramientas de las máquinas toma horas. Debido al tiempo requerido, los cambios de modelo son ejecutados lo menor tiempo posible. En el lenguaje de manufactura ajustada, el cambio rápido de modelo, está definido como la práctica de mejoramiento continuo del tiempo y esfuerzo requerido para cambiar las herramientas de las máquinas, de manera que el cambio de modelo pueda ser ejecutado tan frecuente como sea necesario. La meta es primero reducir el tiempo requerido para cambiar la herramienta a diez minutos o menos [Single minute exchange of die (SMED)]. Subsecuentemente, la actividad del cambio rápido de modelo, debería guiar hacia cambios de modelo de menos de dos minutos [one touch Exchange of die (OTED)]. El último alcance es reducir los cambios de modelo dentro del "takt time" de manera que solo una pieza de la producción es perdida en el cambio de modelo. El resultado es una línea flexible que sea capaz de producir de acuerdo a los requerimientos del cliente.

**OBJETIVO.-** Reducir los tiempos improductivos de máquinas e instalaciones optimizando los cambios, logrando la flexibilización de la serie de producción, según la demanda, sin crear inventario y reduciendo el "LOAD TIME" del proceso productivo.

#### **BENEFICIOS:**

- Producir en lotes pequeños
- Reducir inventarios
- Procesar productos de alta calidad
- Reducir los costos
- Tiempos de entrega más cortos
- Ser más competitivos
- Tiempos de cambio más fiables
- Carga más equilibrada en la producción diaria.

¿Que tanto puede el cambio de modelo ser reducido?

Normalmente, la primera vez que se intenta una reducción, la meta es reducir el tiempo de cambio a la mitad. Una vez que esto ha sido logrado, el tamaño del lote puede ser reducido en la misma medida. Después de reducir tiempo del cambio y tamaño de lote a la mitad, la próxima meta es reducirlo nuevamente a la mitad.

Generalmente, el término “cambio de modelo” es usado para describir el proceso de cambiar la herramienta interna de las máquinas. Algunos lo expanden hacia el cambio de los materiales. En la tabla 3.1 podemos ver los tiempos de preparación y cambios de herramientas fuera y dentro del proceso de la aplicación del sistema smed.

**Tabla 3.1.- Etapas conceptuales para la disminución de tiempos de reparación.**

Pasos básicos	Etapa 0		Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3	
	IED	OED	IED	OED	IED	OED	IED	OED
Preparación y transporte de materiales y herramienta, etc.								
Montaje y desmontaje de herramientas a troqueles								
Centrar, dimensionar y dejar lista la máquina para trabajar								
Proceso de pruebas y ajustes								
Total								

IED Cambio interno de herramientas (Internal Exchange of Die)  
OED Cambio externo de herramientas (Out Exchange of Die)

¿Por qué Hacerlo?

Los clientes de la industria automotriz, fabrican una gran variedad de productos rápidamente cambiantes. Estos mismos clientes, a la vez, requieren proveedores capaces de hacer cambios de producción constantes. El cambio rápido de modelo es una manera de alcanzar esa demanda. Algunas ventajas que pueden ser alcanzadas con el cambio rápido de modelo, incluye:

Los productos se fabrican y son entregados justo a tiempo sin hacer y almacenar grandes cantidades.

La reducción en inventario almacenado, es posible tanto como el cambio rápido de modelo, ayude a la programación nivelada, por ejemplo, construir cada parte cada día. Como resultado de esto, menos espacio de la planta es requerido.

Largos tiempos de cambio de modelo resulta en grandes tamaños de lotes. Con tiempos cortos de cambio de modelo, son posibles pequeños tamaños de lote. Con tamaños de lotes más pequeños, los defectos son encontrados más rápido y menos defectos son producidos.

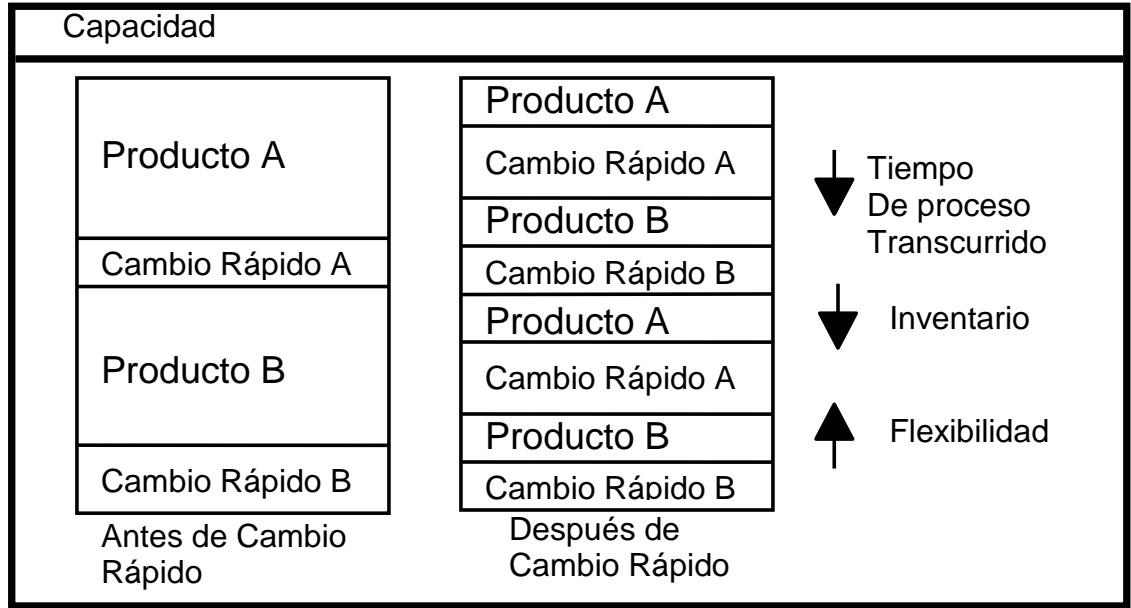
La flexibilidad del producto es posible, los cambios en los niveles de demanda del cliente y variedad de producto, son alcanzados con facilidad relativa, el tiempo del rendimiento se reduce cuándo cantidades más pequeñas de los productos están en el proceso.

Con la implementación de técnicas rápidas de cambio de modelo, menos ajustes se necesitan durante el cambio. Esto reduce las pérdidas, el desperdicio, y los errores.

Con la producción de sólo lo que se necesita, las 5 S's son mejoradas. Los operarios considerarán el cambio de modelo como una parte de los procesos, en lugar de una tarea a ser evitada. Esto no mejora directamente su eficiencia pero los lleva a una gran flexibilidad en el proceso.

El proceso de cambios de modelo mostrado es administrado más fácilmente. Las ventajas de planificar más cambios de modelo se muestra en las siguientes dos tablas 3.2 y 3.3. En el lado izquierdo de la primer tabla 3.2, todo el producto "A" es producido y después todo producto "B" se produce. Un cambio de modelo se completa entre corridas de producción. Esto significa que el cliente del Producto B tiene que esperar a que el producto sea fabricado, o ese producto del cliente se debe almacenar para su embarque inmediato. En el lado derecho del esquema, cantidades pequeñas del producto "A" y "B" son planificadas con muchos cambios entre las corridas de producción. Cuando el número de cambios aumenta, el tiempo del rendimiento y el inventario se reducen y la flexibilidad para correr productos diferentes se aumenta.

**Tabla 3.2.**



Tremendas mejoras pueden ser alcanzadas con cambios rápidos de modelo. La tabla 3.3 muestra que el tiempo del ciclo y horas totales permanecen constantes, aún cuando el número de cambios se incrementa. Con mejoras de cambio, 10 números de parte se pueden correr en la misma cantidad de tiempo y una Buena combinación de producto puede ser ofrecido a los clientes dentro del mismo período.

**Tabla 3.3.-Mejoras de Cambio Rapido**

Medicion	Antes Kaizen	Despues Kaizen
Tiempo de cambio de Modelo	1 hora	6 minutos
Numero de Cambios Rapidos	1 Cambio Rapido	10 Cambios de modelo
Tamaño de Lote	3000 piezas	300 piezas
Tiempo de Ciclo	1 minuto/pieza	1 minuto/pieza
Total de Horas	51 horas	51 horas

### **3.2.-APLICACIÓN DEL SISTEMA SMED.**

Cambio rápido es relacionado con los **siete tipos de desperdicio**:

**El desecho De Sobreproducción:** Producir sólo lo que el cliente ordenó es posible.

**El desecho Del Inventario:** Cambio rápido permite hacer sólo lo que se necesita cuando se necesita, así que el almacenamiento de la materia adicional no es necesario.

**El desecho Del Transporte:** Las materias no se hacen, son movidas, son almacenadas, y son movidas otra vez. Es posible un movimiento del último proceso de la producción al cliente.

**El desecho De Esperar:** El tiempo del rendimiento permite que la materia se mueva a través del sistema rápidamente; menos espera es necesaria.

**El desecho De Sobre Procesamiento:** a través de técnicas rápidas de cambio, sobreprocesamiento, tal como tiempos para enroscar múltiples tornillos, no son necesarios.

**El desecho Del Movimiento:** a través de la separación de cambios internos y externos, el movimiento se reduce significativamente.

**El desecho de retrabado:** Los tamaños más pequeños de lotes, aumentan la visibilidad de errores y disminuyen la cantidad de retrabajo requerido.

Lo que se debe hacer y lo que deber evitar:

Lo que se debe hacer:

Independizar pasos internos de cambio de modelo (cuando la máquina no esta corriendo), de pasos externos (cuando la máquina esta corriendo). Completar todos los pasos del cambio externo antes de para el equipo.

Simplificar por completo el proceso de cambio. Estudiar el proceso de cambio actual grabando los elementos/tiempo del proceso de cambio. Hacer un diagrama de pareto que muestre el uso del tiempo.

Estandarice todos pasos del proceso de cambio.

Busque las maneras de cambiar sujetadores de manera que la remoción y reemplazo sea rápido.

Ejecute los cambios de modelo usando procesos paralelos. Dos o más operadores pueden ejecutar el cambio al mismo tiempo.

Elimine los ajustes tales como alturas, las alturas sujeción, posición de dados, los rodillos de alimentación, y las carreras de prensas.

Diseñe un carrito de cambio para la preparación fácil del cambio externo.

Usar manejo visual para seguir el progreso de las mejoras de cambio.

Mantenga talleres de manufactura ajustada para involucrar a los empleados en los procesos de cambio rápido.

Practique cambios regularmente.

Enfóquese primero en las áreas más altas de recuperación de inversión. El desglose de la mayoría de los cambios ha mostrado que cae dentro de los siguientes porcentajes:

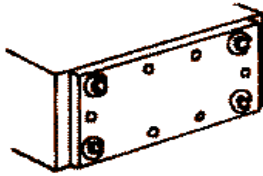
Preparando materiales, dados y dispositivos.	30%
Desmontar y sujetar dados y herramientas	5%
Preparar - las dimensiones determinadas, centrando herramientas.	15%
Pruebas y ajustes.	50%

En las siguientes tablas 3.4 y 3.5 se muestran algunos ejemplos de dispositivos de cambio rápido de modelo aplicables al sistema SMED.



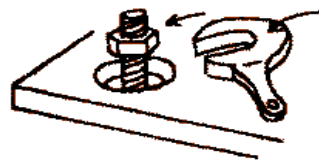
Tabla 3.4.- DISPOSITIVOS FUNCIONALES DE SUJECCIÓN

[1] Menos tornillos



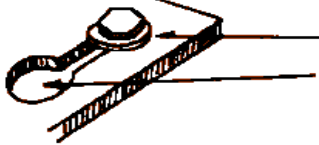
10 ➤ 4 tornillos

[2] Rondanas "C"



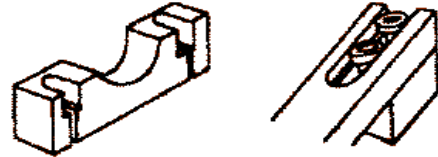
no quitar la rondana "C"

[3] Método de agujeros con forma de pera



fijar de este lado ensamblar y aflojar en este extremo

[4] Ranuras "U"

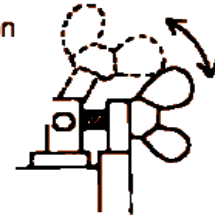


[5] Variante de agujeros en forma de pera

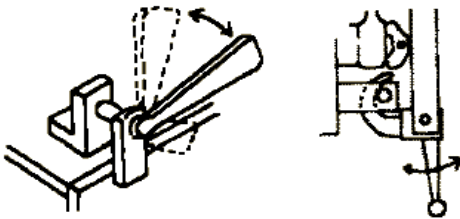


tapa con buje

[6] Tuercas con cabeza de mariposa



[7] Dispositivo especial de sujeción



[8] Entrada a presión (usado con restricciones)



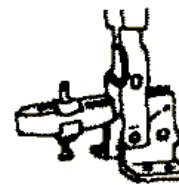
[9] Magnetos



contacto con pieza de trabajo

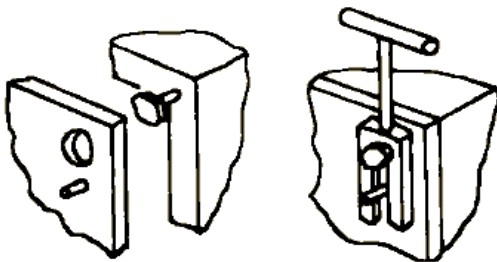
magneto

[10] Dispositivo de presión

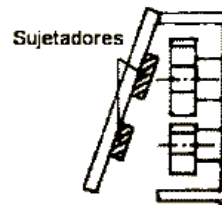


puede aplicar presiones arriba de 500 Kg

[11] Otros dispositivos

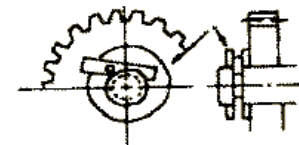


[12] Sujetador montado en guardas de  
[A] Seguridad de los engranes



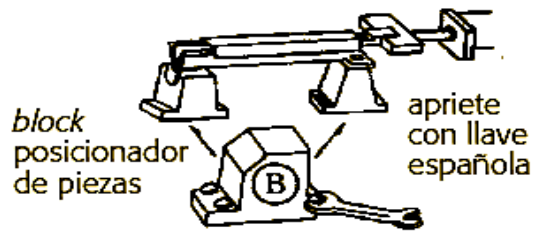
Sujetadores

[B] Seguro de un toque

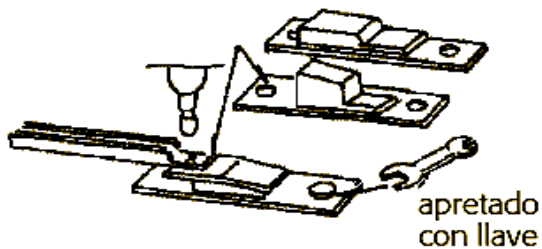


**Tabla 3.5- MECANISMOS DE CAMBIO RÁPIDO**

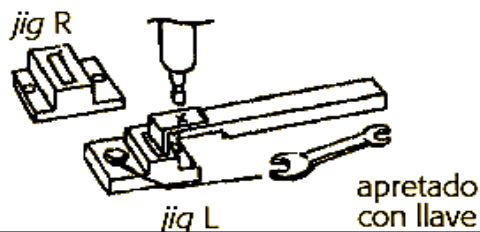
**Antes de la mejora**



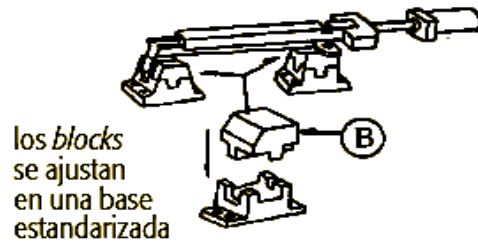
5 minutos



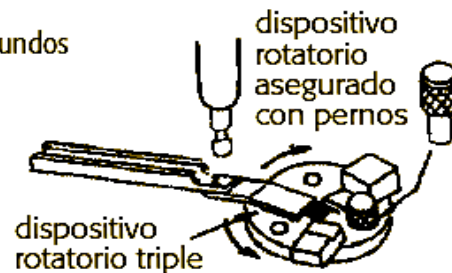
5 minutos



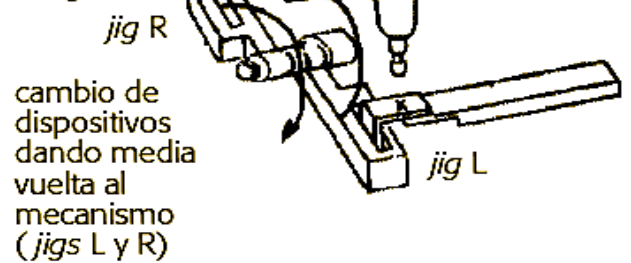
**Después de la mejora**



3 segundos



3 segundos



Lo que debe evitar:

La idea de que los cambios largos son parte del negocio y que no se pueden mejorar.

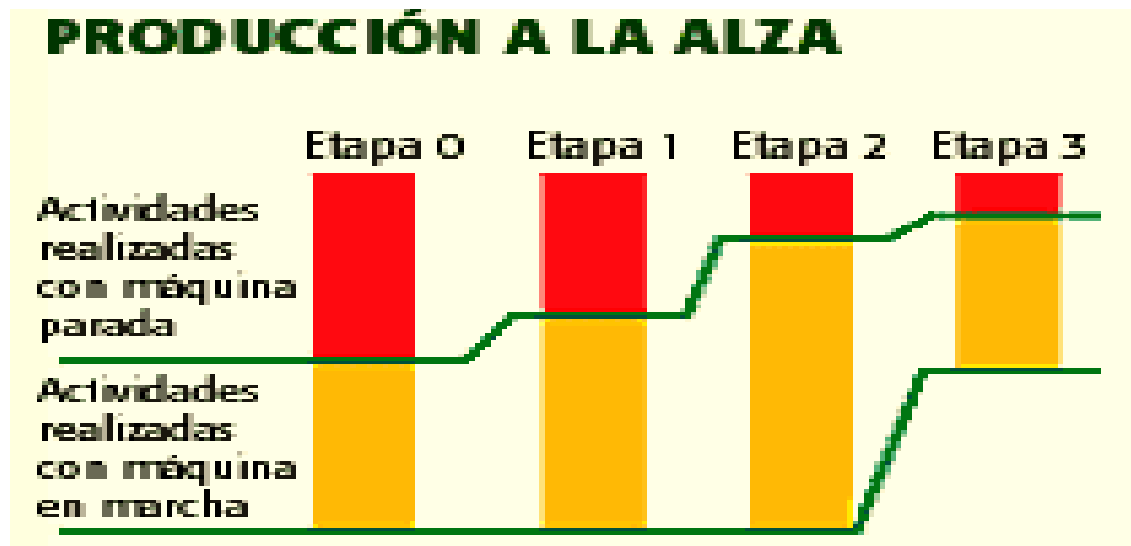
La negligencia o la indiferencia con respecto al proceso de estandarización establecido para el cambio rápido.

Parar la máquina antes de que todos procesos externos de cambio sean completados.

Una falla en la mejora de las partes ajustables de cambio. A menudo el tiempo gastado para esto no es 50% sino cerca del 95% del tiempo total del cambio.

Los registros de las pasadas mejoras de cambios han mostrado tanto como un 50% de disminución en el tiempo después del primer taller de cambio. Un segundo taller de manufactura ajustada, en la misma línea de producción tiene como resultado generalmente un 50% de mejora del estado actual, esto se refleja en la tabla 3.6 al graficar los tiempos de cambio de modelo antes y después de la mejora.

**Tabla 3.6.**



# CAPÍTULO 4

## KAN-BAN

### 4.1.- SISTEMA KAN-BAN.

Es muy común la asociación de KANBAN = JIT o KANBAN=CONTROL DE INVENTARIOS, esto no es cierto, pero si esta relacionado con estos términos, Kan-Ban funcionara efectivamente en combinación con otros elementos de JIT, tales como calendarización de producción mediante etiquetas, buena organización del área de trabajo y flujo de la producción.

Kan-Ban es una herramienta basada en la manera de funcionar de los supermercados. Kan-Ban significa en japonés "etiqueta de instrucción". La etiqueta KANBAN contiene información que sirve como orden de trabajo, esta es su función principal, en otras palabras es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de que se va a producir, en que cantidad, mediante que medios, y como transportarlo.

#### Funciones de Kan-Ban

Son dos las funciones principales de Kan-Ban: Control de la producción y mejora de los procesos.

Por control de la producción se entiende la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema JIT en la cual los materiales llegaran en el tiempo y cantidad requerida en las diferentes etapas de la fabrica y si es posible incluyendo a los proveedores.

Por la función de mejora de los procesos se entiende la facilitación de mejora en las diferentes actividades de la empresa mediante el uso de Kan-Ban, esto se hace mediante técnicas ingenieriles (eliminación de desperdicio, organización del área de trabajo, reducción de set-up, utilización de maquinaria vs. utilización en base a demanda, manejo de multiprocesos, poka-

yoke, mecanismos a prueba de error, mantenimiento preventivo, mantenimiento productivo total, etc.), reducción de los niveles de inventario.

Básicamente Kan-Ban nos servirá para lo siguiente:

- 1.- Poder empezar cualquier operación estándar en cualquier momento.
- 2.- Dar instrucciones basados en las condiciones actuales del área de trabajo.
- 3.- Prevenir que se agregue trabajo innecesario a aquellas órdenes ya empezadas y prevenir el exceso de papeleo innecesario.

Otra función de Kan-Ban es la de movimiento de material, la etiqueta Kan-Ban se debe mover junto con el material, si esto se lleva a cabo correctamente se lograrán los siguientes puntos:

- 1.- Eliminación de la sobreproducción.
- 2.- Prioridad en la producción, el Kan-Ban con más importancia se pone primero que los demás.
- 3.- Se facilita el control del material.

Implementando Kan-Ban, es importante que el personal encargado de producción, control de producción y compras comprenda como un sistema Kan-Ban (JIT), va a facilitar su trabajo y mejorar su eficiencia mediante la reducción de la supervisión directa.

Básicamente los sistemas Kan-Ban pueden aplicarse solamente en fábricas que impliquen producción repetitiva.

Antes de implementar Kan-Ban es necesario desarrollar una producción "labeled/mixed producción schedule" para suavizar el flujo actual de material, esta deberá ser practicada en la línea de ensamble final, si existe una fluctuación muy grande en la integración de los procesos Kan-Ban no funcionara y de los contrario se creara un desorden, también tendrán que ser implementados sistemas de reducción de setups, de producción de lotes pequeños, jidoka, control visual, poka-yoke, mantenimiento preventivo, etc. todo esto es prerequisite para la introducción Kan-Ban.

También se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones antes de implementar Kan-Ban:

1- Determinar un sistema de calendarización de producción para ensambles finales para desarrollar un sistema de producción mixto y etiquetado.

2- Se debe establecer una ruta de Kan-Ban que refleje el flujo de materiales, esto implica designar lugares para que no haya confusión en el manejo de materiales, se debe hacer obvio cuando el material esta fuera de su lugar.

3- El uso de Kan-Ban esta ligado a sistemas de producción de lotes pequeños.

4- Se debe tomar en cuenta que aquellos artículos de valor especial deberán ser tratados diferentes.

5- Se debe tener buena comunicación desde el departamento de ventas a producción para aquellos artículos cíclicos a temporada que requieren mucha producción, de manera que se avise con bastante anticipo.

6- El sistema Kan-Ban deberá ser actualizado constantemente y mejorado continuamente.

Implementación De Kan-Ban En Cuatro Fases:

Fase 1. Entrenar a todo el personal en los principios de Kan-Ban, y los beneficios de usar Kan-Ban.

Fase 2. Implementar Kan-Ban en aquellos componentes con más problemas para facilitar su manufactura y para resaltar los problemas escondidos. El entrenamiento con el personal continúa en la línea de producción.

Fase 3. Implementar Kan-Ban en el resto de los componentes, esto no debe ser problema ya que para esto los operadores ya han visto las ventajas de Kan-Ban, se deben tomar en cuenta todas las opiniones de los operadores ya que ellos son los que mejor conocen el sistema. Es importante informarles cuando se va estar trabajando en su área.

Fase 4. Esta fase consiste de la revisión del sistema Kan-Ban, los puntos de reorden y los niveles de reorden, es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el funcionamiento correcto de Kan-Ban:

- 1.- Ningún trabajo debe ser hecho fuera de secuencia
- 2.- Si se encuentra algún problema notificar al supervisor inmediatamente

## **4.2.-REGLAS DE KAN-BAN.**

**1.- No se debe mandar producto defectuoso a los procesos subsecuentes.** La producción de productos defectuosos implica costos tales como la inversión en materiales, equipo y mano de obra que no va a poder ser vendida. Este es el mayor desperdicio de todos. Si se encuentra un defecto, se deben tomar medidas antes que todo, por prevenir que este no vuelva a ocurrir.

Observaciones para la primera regla:

El proceso que ha producido un producto defectuoso, lo puede descubrir inmediatamente.

El problema descubierto se debe divulgar a todo el personal implicado, no se debe permitir la recurrencia.

**2.- Los procesos subsecuentes requerirán solo lo que es necesario.** Esto significa que el proceso subsiguiente pedirá el material que necesita al proceso anterior, en la cantidad necesaria y en el momento adecuado. Se crea una pérdida si el proceso anterior sufre de partes y materiales al proceso subsiguiente en el momento que este no los necesita o en una cantidad mayor a la que este necesita. La pérdida puede ser muy variada, incluyendo pérdida por el exceso de tiempo extra, pérdida en el exceso de inventario, y la pérdida en la inversión de nuevas plantas sin saber que la existente cuenta con la capacidad suficiente. La peor pérdida ocurre cuando los procesos no pueden producir lo que es necesario cuando estos están produciendo lo que no es necesario.

Para eliminar este tipo de errores se usa esta segunda regla. Si suponemos que el proceso anterior no va a suplir con productos defectuosos al proceso subsecuente, y que este proceso va a tener la capacidad para encontrar sus propios errores, entonces no hay necesidad de obtener esta información de otras fuentes, el proceso puede suplir buenos materiales. Sin embargo el proceso no tendrá la capacidad para determinar la cantidad necesaria y el momento adecuado en el que los procesos subsecuentes necesitaran de material, entonces esta información tendrá que ser obtenida de otra fuente. De tal manera que cambiaremos la forma de pensar en la que "se suplirá a los procesos subsecuente" a "los procesos subsecuente pedirán a los procesos anteriores la cantidad necesaria y en el momento adecuado"



Este mecanismo deberá ser utilizado desde el último proceso hasta el inicial, en otras palabras desde el último proceso hasta el inicial.

Existen una serie de pasos que aseguran que los procesos subsecuentes no jalaran o requerirán arbitrariamente del proceso anterior:

1. No se debe requerir material sin una tarjeta Kan-Ban.
2. Los artículos que sean requeridos no deben exceder el número de Kan-Ban admitidos.
3. Una etiqueta de Kan-Ban debe siempre acompañar a cada artículo.

**3.- Producir solamente la cantidad exacta requerida por el proceso subsiguiente.** Esta regla fue hecha con la condición de que el mismo proceso debe restringir su inventario al mínimo, para esto se deben tomar en cuenta las siguientes observaciones:

1. No producir más que el número de Kan-Banes.
2. Producir en la secuencia en la que los Kan-Banes son recibidos.

**4.- Balancear la producción.** De manera en que podamos producir solamente la cantidad necesaria requerida por los procesos subsecuentes, se hace necesario para todos los procesos mantener al equipo y a los trabajadores de tal manera que puedan producir materiales en el momento necesario y en la cantidad necesaria. En este caso si el proceso subsiguiente pide material de una manera incontinua con respecto al tiempo y a la cantidad, el proceso anterior requerirá personal y maquinas en exceso para satisfacer esa necesidad. En este punto es el que hace énfasis la cuarta regla, la producción debe estar balanceada o suavizada (Smooth, equalized).

**5.- Kan-Ban es un medio para evitar especulaciones.** De manera que para los trabajadores, Kan-Ban, se convierte en su fuente de información para producción y transportación y ya que los trabajadores dependerán de Kan-Ban para llevar a cabo su trabajo, el balance del sistema de producción se convierte en gran importancia.

No se vale especular sobre si el proceso subsiguiente va a necesitar mas material la siguiente vez, tampoco, el proceso subsiguiente puede preguntarle al proceso anterior si podría empezar el siguiente lote un poco mas temprano, ninguno de los dos puede mandar

información al otro, solamente la que esta contenida en las tarjetas Kan-Ban. Es muy importante que este bien balanceada la producción.

**6.- Estabilizar y racionalizar el proceso.** El trabajo defectuoso existe si el trabajo no esta estandarizado y racionalizado, si esto no es tomado en cuenta seguirán existiendo partes defectuosas.

Tipos de Kan-Ban y sus usos, estos varían de acuerdo a su necesidad:

**Kan-Ban De Producción.:**

Este tipo de Kan-Ban es utilizado en líneas de ensamble y otras áreas donde el tiempo de set-up es cercano a cero. Cuando las etiquetas no pueden ser pegadas al material por ejemplo, si el material esta siendo tratado bajo calor estas deberán ser colgadas cerca del lugar de tratamiento de acuerdo a la secuencia dentro del proceso.

**Kan Ban señalador / Kan-Ban De Material:**

Este tipo de etiquetas es utilizado en áreas tales como prensas, moldeo por inyección y estampado (die casting). Se coloca la etiqueta Kan-Ban señalador en ciertas posiciones en las áreas de almacenaje, y especificando la producción del lote, la etiqueta señalador Kan-Ban funcionara de la misma manera que un Kan-Ban de producción.

Información necesaria en una etiqueta de Kan-Ban.

La información en la etiqueta Kan-Ban debe ser tal, que debe satisfacer tanto las necesidades de manufactura como las de proveedor de material. La información necesaria en Kan-Ban sería la siguiente:

- 1.- Número de parte del componente y su descripción
- 2.- Nombre/Número del producto
- 3.- Cantidad requerida
- 4.- Tipo de manejo de material requerido
- 5.- Donde debe ser almacenado cuando sea terminado
- 6.- Punto de reorden
- 7.- Secuencia de ensamble/producción del producto

Como circulan los Kan-Banes.

(Caso TOYOTA)

1.- Cuando las piezas necesarias en la línea de montaje se van a utilizar primero, se recoge un Kan-Ban de transporte y se coloca en una posición específica.

2.- Un trabajador lleva este Kan-Ban hasta el proceso previo para obtener piezas procesadas. Retira un Kan-Ban de producción de un tarima de piezas procesadas y lo coloca en una posición prefijada. El Kan-Ban de transporte se coloca en el tarima y el tarima se transporta a la línea.

3.- El Kan-Ban de trabajo en proceso o Kan-Ban de producción retirado del tarima en el proceso previo, sirve como tarjeta de orden e instrucción de trabajo que promueve el procesamiento de piezas sémi-procesadas aprovisionadas desde el proceso previo.

4.- Cuando ocurre esto, la tarjeta de producción correspondiente el proceso anterior al previo se retira de un tarima de piezas sémi-producidas y se reemplaza por un Kan-Ban de transporte.

Con este sistema, solamente se necesitan indicar los cambios de planes al final de la línea de montaje. Este sistema tiene el beneficio añadido de simplificar la burocracia, cuando la producción se ejecuta pasando instrucciones a cada proceso, algunos de estos pueden retrasarse, o la producción especulativa puede generar inventarios innecesarios.

El sistema Kan-Ban previene este despilfarro, el sistema de producción intenta minimizar los inventarios de trabajos en proceso así como los inventarios de productos acabados. Por esta razón, requiere una producción en pequeños lotes, con numerosas entregas y transportes frecuentes. No se utilizan las tarjetas de instrucción de trabajo y transferencia de los procesos convencionales de control. En vez de ello, los tiempos y los lugares de las entregas se especifican en detalle. El sistema se establece como sigue:

Las entregas se realizan varias veces al día, los puntos de entrega física se especifican en detalle para evitar colocar piezas en almacén y tener después que retirarlas para transferirlas a la línea.

El espacio disponible para la colocación de piezas se limita para hacer imposible acumular excesos de inventarios.

El movimiento de los Kan-Banes regula el movimiento de los productos. Al mismo tiempo, el número de Kan-Banes restringe el número de productos en circulación. El Kan-Ban debe moverse siempre con los productos.

#### Ventajas Del Uso De Sistemas JIT y Kan-Ban

1. Reducción en los niveles de inventario.
2. Reducción en WIP (Work in Process).
3. Reducción de tiempos caídos.
4. Flexibilidad en la calendarización de la producción y la producción en si.
5. El rompimiento de las barreras administrativas (BAB) son archivadas por Kanban
6. Trabajo en equipo, Círculos de Calidad y Autonomimación (Decisión del trabajador de detener la línea)
7. Limpieza y Mantenimiento (Housekeeping)
8. Provee información rápida y precisa
9. Evita sobreproducción
10. Minimiza Desperdicios

Un sistema Kan-Ban promueve mejoras en dos aspectos:

El Kan-Ban hace patentes las situaciones anormales cuando se provocan por averías de maquinas y defectos del producto.

Una reducción gradual en el número de Kan-Ban conduce a reducciones en el STOCK, lo que termina con el rol de STOCK como amortiguador frente a las inestabilidades de la producción. Esto pone al descubierto los procesos incapaces y a los que generan

anomalías y simplifica el descubrimiento de los puntos que requieren mejora. La eficiencia global se incrementa concentrándose en los elementos débiles (Teoría de Restricciones).

Una de las funciones de Kan-Ban es la de transmitir la información al proceso anterior para saber cuáles son las necesidades del proceso actual. Si hay muchos Kan-Banes, la información deja de ser tan efectiva, si hay muchos Kan-Ban no se sabe cuáles partes son realmente necesitadas en ese momento.

Si se reduce el número de Kan-Banes se reduce el número de Set-Ups. Mientras menos Kan-Ban exista es mejor la sensibilidad del sistema.

Aunque Kan-Ban es una solución para muchos problemas, su implementación no es tan sencilla, puede ser fácil si se implementa siguiendo los procedimientos adecuados, con mucha paciencia, compromiso y dedicación, Kan-Ban no es una herramienta única, implica la eficientización e implementación de muchos sistemas y estrategias para la manufactura, de esta manera no hay duda que sea un éxito la implementación y desarrollo de Kan-Ban. Si no se implementa con los puntos ya señalados, es seguro que Kan-Ban no va a funcionar, es importante señalar esto y no creer en Kan-Ban como un milagro automático para nuestra planta.

# CAPÍTULO 5

## TPM

### 5.1.-MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.

TPM son las siglas en inglés de "Mantenimiento Productivo Total", genera una relación directa entre Mantenimiento y Productividad, demostrando cómo el buen cuidado y conservación del equipo en óptimas condiciones resultan en mayor productividad.

TPM es un elemento clave en la Manufactura Esbelta ya que persigue un doble objetivo: cero caídas en producción y cero defectos, cuando esto se ha logrado, el período de operación mejora, los costos son reducidos, el inventario puede ser minimizado, y en consecuencia la productividad se incrementa

El mantenimiento preventivo fue introducido en Japón en la década de los cincuenta en conjunto con otras ideas como las de control de calidad, Ciclo Deming y otros conceptos de management americano. Posiblemente en la creación del TPM influyó el desarrollo del modelo Wide - Company Quality Control o Total Quality Management. En la década de los sesenta en el mundo del mantenimiento en empresas japonesas se incorporó el concepto Kaizen o de mejora continua. Esto significó que no solo corregir las averías era la función de mantenimiento, sino mejorar la fiabilidad de los equipos en forma permanente con la contribución de todos los trabajadores de la empresa.

Este progreso de las acciones de mejora llevo a crear el concepto de prevención del mantenimiento, realizando acciones de mejora de equipos en todo el ciclo de vida: diseño, construcción y puesta en marcha de los equipos productivos para eliminar actividades de mantenimiento.

La primera empresa en introducir estos conceptos fue la Nippon Denso Co. Ltd. en el año 1971. Es muy seguro que el efecto de la implantación de estrategias de Total Quality Management hicieron que el TPM se desarrollara en esta empresa, ya que también se destaca esta empresa como una de las pioneras en la aplicación de principios como Hoshin Kanri, Daily Management y Cross Functional Management característicos de modelos avanzados del TQM. A esta empresa se le reconoció con el Premio de Excelencia Empresarial y que más tarde se transformó en Premio PM (Mantenimiento Productivo).

En la década de los ochenta se introdujo el modelo de mantenimiento basado en el tiempo (TBM) como parte del modelo TPM. El aporte del sistema RCM (Reliability Center Maintenance) o mantenimiento centrado en la fiabilidad ayudó a mejorar la eficiencia de las acciones preventivas de mantenimiento.

El TPM ha progresado muy significativamente y continuará beneficiando de los desarrollos recientes de las telecomunicaciones, tecnologías digitales y otros modelos emergentes de dirección y tecnologías de mantenimiento. Posiblemente en los siguientes años se incorporen al TPM modelos probados de gestión de conocimiento, nuevos sistemas económicos y financieros, tecnología para el análisis y estudio de averías automático y nuevos desarrollos.

Para mejorar el mantenimiento del equipo, Japón utilizó de los Estados Unidos el concepto de mantenimiento preventivo. Más tarde siguió utilizando otras herramientas como; mantenimiento productivo, prevención del mantenimiento, etc.

Lo Implementaron a la Ideología Japonesa, de donde resulto el **mantenimiento autónomo** y ahora se conoce como TPM (Mantenimiento Productivo Total), el **mantenimiento autónomo** es definido como; mantenimiento productivo implementado por todos los empleados, basado en que la mejora del equipo debe involucrar a todos en la organización, desde los operadores hasta la alta dirección

TPM Busca:

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo por toda la vida del equipo.
- Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan, o mantienen equipo, en la implementación de TPM.
- Activamente involucrar a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de piso.
- Promover el TPM a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos.

Además busca eliminar las fallas y pérdidas.

1. Pérdidas por fallas:

Son causadas por defectos en los equipos que requieren de alguna clase de reparación. Estas pérdidas consisten de tiempos muertos y los costos de las partes y mano de obra requerida para la reparación. La magnitud de la falla se mide por el tiempo muerto causado.

2. Pérdidas de setup y de ajuste:

Son causadas por cambios en las condiciones de operación, como el empezar una corrida de producción, el empezar un nuevo turno de trabajadores. Estas pérdidas consisten de tiempo muerto, cambio de moldes o herramientas, calentamiento y ajustes de las máquinas. Su magnitud también se mide por el tiempo muerto.

3. Pérdidas debido a paros menores:

Son causadas por interrupciones a las máquinas, atoramientos o tiempo de espera. En general no se pueden registrar estas pérdidas directamente, por lo que se utiliza el porcentaje de utilización (100% menos el porcentaje de utilización), en este tipo de pérdida no se daña el equipo.

4. Pérdidas de velocidad:



Son causadas por reducción de la velocidad de operación, debido que a velocidades más altas, ocurren defectos de calidad y paros menores frecuentemente.

#### 5. Pérdidas de defectos de calidad y retrabajos:

Son productos que están fuera de las especificaciones o defectuosos, producidos durante operaciones normales, estos productos, tienen que ser retrabajados o eliminados. Las pérdidas consisten en el trabajo requerido para componer el defecto o el costo del material desperdiciado.

#### 6. Pérdidas de rendimiento:

Son causadas por materiales desperdiciados o sin utilizar y son ejemplificadas por la cantidad de materiales regresados, tirados al desperdicio.

Se puede esperar con la implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés), obtener un conjunto de equipos productivos más eficaces, una reducción de las inversiones de los mismos tanto por mantenimiento, como por corrección y renovación, además de un incremento en la flexibilidad del sistema productivo.

Cualquier implantación de alguna técnica, sistema, modelo o herramienta, lleva tiempo para lograr todos los beneficios que proponen y el TPM no es la excepción. Es un proceso lento y complejo en el que interviene el convencimiento del personal (indispensable en cualquier actividad de este tipo) y una fuerte capacitación para lograr que los operadores puedan realizar de forma adecuada el mantenimiento básico al equipo, entre otras cosas.

Un tiempo considerable para obtener los resultados ofrecidos es de aproximadamente tres años desde los inicios de la puesta en marcha del sistema. Si embargo, a lo largo de los procesos de implementación se pueden observar mejoras, que si bien no son las idóneas, alientan la continuación del sistema hasta los resultados deseados.

Hay que considerar que el TPM, como todo sistema de calidad, entra en una etapa de mejora continua que no tiene un fin, por lo que se seguirán viendo resultados positivos durante todo el tiempo que el TPM sea utilizado apropiadamente.

El TPM no tiene ese objetivo, lo que pretende es que los operarios realicen actividades básicas de mantenimiento como puede ser la limpieza de los residuos que se quedan en los equipos por su uso o la lubricación de las partes que lo requieran. ¿El TPM busca hacer de cada operario un ingeniero de mantenimiento?

Adicionalmente, al estar el operario en contacto constante con el equipo, puede percatarse de aquellas situaciones anormales que se presentan en él y que pudieran restarle vida útil o incluso dañarlo y causar un paro en el flujo de producción. Por tal motivo el TPM considera una capacitación a los operarios para que conozcan el funcionamiento óptimo de su equipo y las causas adversas que se pueden presentar, no para que el operario las repare, sino para que avise con oportunidad al especialista para su corrección. Estas situaciones anormales pueden ser vibraciones, ruidos, o desgaste de piezas, de las que quizá el operario desconozca la causa, pero que le harán notar que el equipo está operando fuera de sus condiciones normales de funcionamiento.

El TPM es un sistema que contempla los objetivos del JIT pero como consecuencia de la adecuada administración del mantenimiento, por lo que sería mejor iniciar con el JIT, lo que haría más fácil la implementación del TPM, llegando el momento de fusionarse ambos sistemas al estar buscando la mayor eficiencia del área de manufactura, ya que cada uno tiene sus características propias. Lo que no es recomendable es iniciar la implementación de ambos al mismo tiempo, ya que sería un proyecto muy ambicioso que podría convertirse en un fracaso, lo que conllevaría a una desacreditación de los beneficios de ambos sistemas, además de la consecuente pérdida de recursos invertidos.

El JIT define el TPM como un sistema orientado a lograr:

- cero accidentes,
- cero defectos
- cero averías
- cero defectos

Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costes de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente.

No solo debe participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todos los departamentos de la empresa. La obtención de las "cero pérdidas" se debe lograr a través de la promoción de trabajo en grupos pequeños, comprometidos y entrenados para lograr los objetivos personales y de la empresa.

### Objetivos

Los objetivos que una organización busca al implantar el TPM pueden tener diferentes dimensiones:

#### Objetivos estratégicos:

El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costes operativos y conservación del "conocimiento" industrial.

#### Objetivos operativos:

El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

#### Objetivos organizativos:

El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral en el trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

#### Características:

Las características del TPM más significativas son:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.

- Orientado a la mejora de la Efectividad Global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

El modelo original TPM propuesto por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas sugiere utilizar pilares específicos para acciones concretas diversas, las cuales se deben implantar en forma gradual y progresiva, asegurando cada paso dado mediante acciones de autocontrol del personal que interviene.

El TPM se orienta a la mejora de dos tipos de actividades directivas:

- a) dirección de operaciones de mantenimiento y
- b) dirección de tecnologías de mantenimiento.

El TPM es sinérgico con otras estrategias de mejora de las operaciones como el sistema de producción Justo a Tiempo, Mass Customization, Total Quality Management, Gestión del Conocimiento Industrial, modelos de certificación de sistemas de calidad, etc.

# CAPÍTULO 6

## CELDAS DE MANUFACTURA

### 6.1.- CONCEPTO DE CELDAS DE MANUFACTURA.

Celdas de Manufactura (CM): es una estrategia que divide un sistema de producción en grupos pequeños o celdas, de tal forma que cada celda puede producir y terminar una familia de partes o componentes.

Es una aplicación de la filosofía denominada: Tecnología de Grupo (GT).

Tecnología de Grupo se define como:

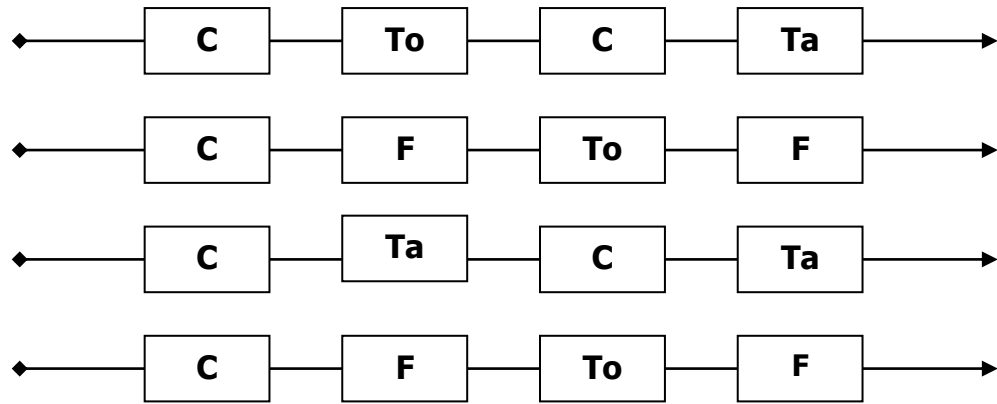
1. “La forma de dividir un problema grande en grupos manejables que puedan resolverse eficientemente”.
2. “Es una filosofía de manufactura que identifica y explota la similitud de partes y procesos de manufactura”

Definiciones De Celdas De Manufactura: “Conjunto de máquinas funcionalmente distintas e independientes, localizadas juntas, una de otra, y dedicadas a la manufactura de una familia de partes semejantes”.

“Es un concepto de manufactura que involucra el proceso de un conjunto de partes similares, en un grupo asignado de máquinas o procesos de manufactura”.

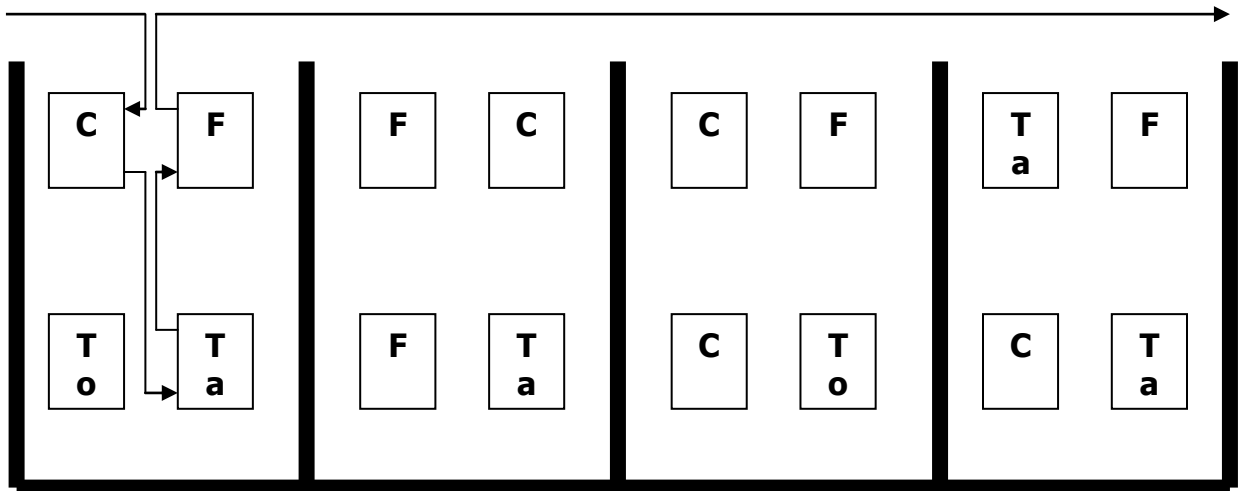
Layout típicos de manufactura:

**Tabla 6.1.** Lavout basado en el producto



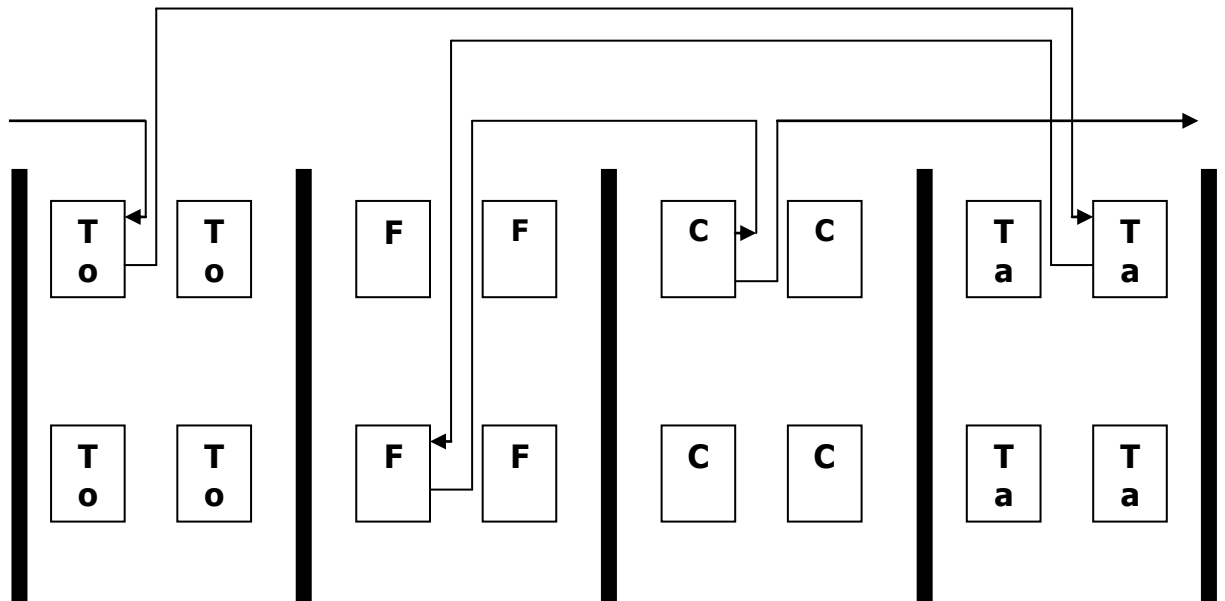
To = Torno F = Fresadora C = Cizalla Ta = Taladro

**Tabla 6.2.** Layout celular



**Tabla 6.3.**

**Layout funcional**



“Definición de Familia De Partes“

Un conjunto de partes, las cuales son similares en su forma geométrica, tamaño, peso o en su proceso de manufactura”.

**Ejemplos:**

- Estaciones de maquinado.
- Sub-ensambles.
- Fabricación de arneses.
- Estaciones de Soldadura.
- Ensamblajes diversos.

## **6.2.- DEFINICIÓN DE UNA CELDA DE MANUFACTURA.**

Un Sistema de Celdas de Manufactura (CMS) es “un conjunto de celdas de ensamble y/o de manufactura, en el cual cada uno se dedica a la manufactura o ensamble de una familia de partes o de un grupo de productos respectivamente”.

Selección de una familia de partes para determinar la manufactura basada en una celda. La manufactura basada en una celda es determinada por los atributos de la familia de las partes que serán producidos en ella.

Existe una amplia variedad de criterios para definir la manufactura de productos en una celda, los cuales se muestran a continuación.

### **CRITERIOS PARA DEFINIR UNA CELDA DE MANUFACTURA:**

Variedad de Procesos:

Fundiciones, Forjados, Maquinado, Ensamblados, Soldadura, Tratamientos Térmicos, Inspección, etc.

Variedad de Partes:

Partes Sencillas, partes con propiedades de materia prima común (mtl.), partes geométricas similares. Con dispositivos similares, etc.

Volúmenes de Producción: Bajo, alto volumen, demanda variable, demanda estable.

Segmentos de Mercado:

Dentro de una región geográfica.

- Refacciones.
- Cliente único.
- Grupo de clientes.
- Retrabajos.

Clasificación Organizacional

- División en planta.
- Departamentos.



- Estaciones de trabajo.
- Proveedor.
- Área de prototipos.

Atributos de las Partes•Tamaño.

- Forma.
- Composición materia prima
- Prop. Mat. Prima

Grado de automatización Manejo de materiales.

- Manufactura.
- Ensamble.
- Inspección.
- Carga y descarga.
- Cambio de herramientas.

Otras características programación de la producción.

- Limpieza.
- Empaque.
- Ensamble de un solo producto.

Ejemplo De Las Celdas Basado En El Grado De Automatización.

Es una práctica común determinar celdas, basadas en el grado de automatización y en las habilidades del proceso, las cuales se describen a continuación:

**Centros de Maquinado:** Es una máquina herramienta automática simple, combina las capacidades de proceso de las máq. htas. convencionales y procesa una familia de partes en orden aleatorio, son capaces de efectuar los cambios de htas., trabajarlas y cortarlas en forma automática.

Algunos centros pueden requerir un operario para operaciones de carga y descarga, un centro de maquinado realiza muchas operaciones de maquinado diferentes, en un solo set-up, un centro de maquinado capaz de producir una familia de partes es el tipo de celda más simple.

Un Operador, Máquinas Múltiples: En esta celda, las máquinas operan con ciclos automáticos simples. Se apagan automáticamente al terminar su ciclo.

Celda Automatizada con un solo Robot: En este caso el robot reemplaza al operario, un típico ejemplo es el caso de una celda constituida por un robot y tres máquinas CNC, normalmente el robot es empleado para el manejo de los materiales.

Máquinas Múltiples, Operadores Múltiples: Es el caso de una celda no automatizada.

Celda Automatizada con Múltiples Robots: Es una celda con máquinas herramientas convencionales arregladas en forma de “U” para permitir una mayor accesibilidad y variedad en la familia de partes, los operadores son reemplazados por los robots que hacen operaciones de cambio de htas. trabajo, carga, descarga, en

Celda de Ensamble: Una celda de ensamble está compuesta por varias estaciones de trabajo colocadas en línea, de acuerdo a la secuencia de ensamble, Esta diseñada para ensamblar o subensamblar un producto, cada estación de trabajo puede consistir de una o más máquinas y varios trabajadores para completar las tareas de ensamble.

Línea de Transferencia: Es una celda lineal de flujo orientada hacia el producto. Las máquinas están orientadas de acuerdo a la secuencia de las operaciones para producir un solo producto o variantes similares de un producto (Línea Roladora), en estos casos, el set-up es considerablemente grande y los costos de inversión altos.

Dominio De Aplicaciones De Las Celdas En La Industria.

- Máquinas herramientas.
- Fabricación de Maquinaria.
- Equipo agrícola.
- Equipo de construcción.
- Equipo médico y hospitalario.
- Productos de defensa.

- Automóviles y motores.
- Refacciones y componentes.
- Productos electrónicos.
- Equipo químico.
- Industria del empaque

Condiciones favorables para la manufactura celular en las celdas pueden ser implementadas en cualquier ambiente de manufactura donde uno o mas productos pueden requerir las mismas combinaciones de productos y/o procesos.

A continuación se muestran las condiciones típicas favorables para la introducción de celdas en una empresa.

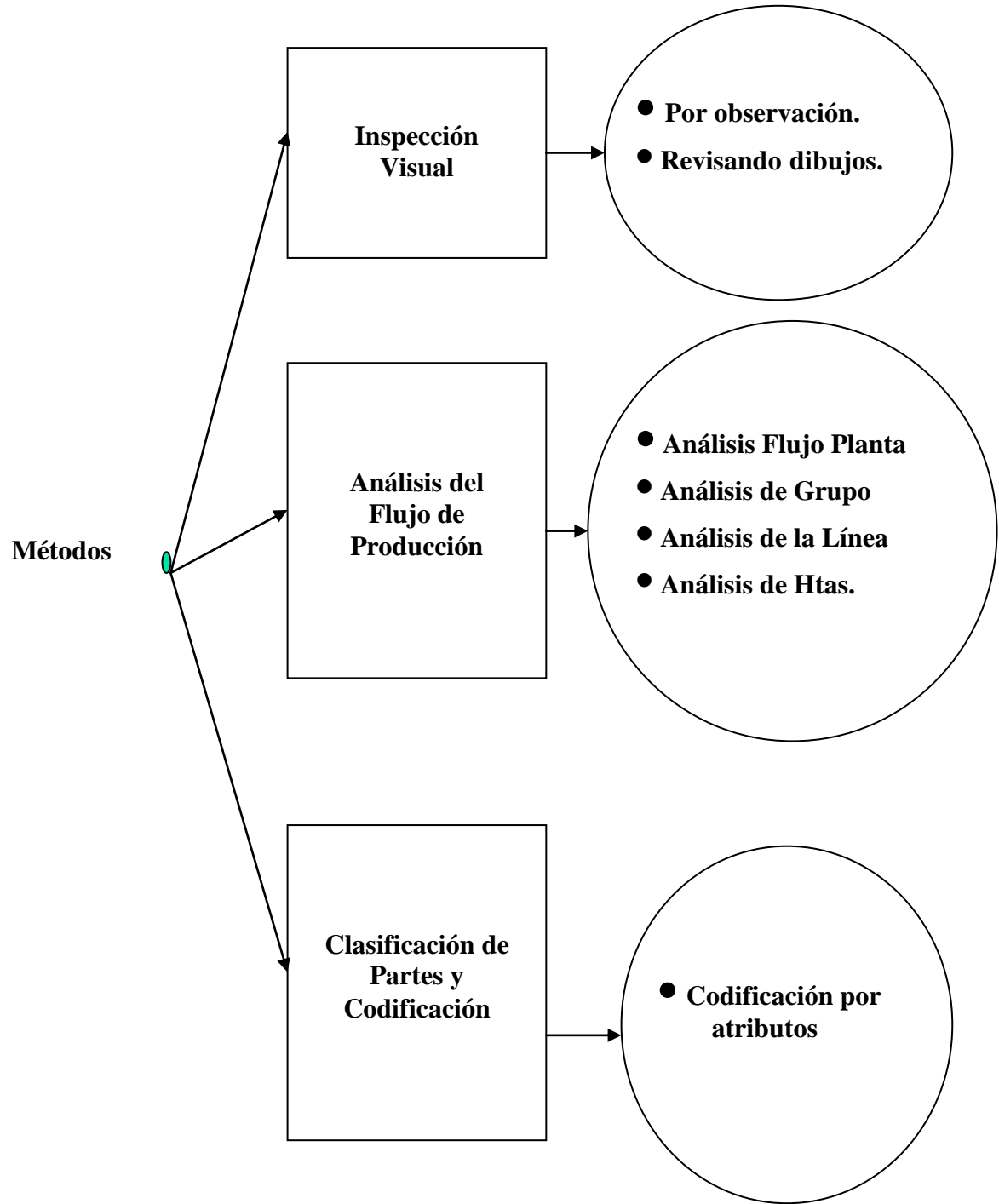
- No muy amplia variedad de partes en el ensamble de productos.
- Familia de partes claramente definidas y estables.
- Patrón de demanda estable y programas de entrega estables para el ensamble de partes.
- Proveedores con tiempos de entrega confiables y tiempos de entrega cortos.
- Manufactura flexible o equipo de ensamble con set-ups cortos.
- Fuerza de mantenimiento eficiente y equipo de manufactura con pocos tiempos muertos (“downtimes”).
- Fuerza de trabajo habilidosa y flexible.
- Rutas de ensamble de partes actualizadas y confiables.
- Buena confiabilidad del equipo.
- Alta gerencia convencida que la celularización es una buena opción para la compañía.

#### Características Típicas de una Celda Representativa

1. Una Celda emplea normalmente de 1 a 6 personas, con 1 a 10 estaciones de trabajo.
2. Esta concentrada en su propia bahía en una Área específica. Su distintivo es que tiene una entrada y una salida.
3. Normalmente las Máquinas están distribuidas en forma de “U” para simplificar y minimizar el movimiento del material.
4. La mayor parte del trabajo se realiza en la celda, aunque parte de este puede enviarse a ciertos proveedores o a otros departamentos.

5. Normalmente tienen su propio material y su propia documentación de control de producción para cada trabajo.
6. Cuentan con su propio almacén de dispositivos y herramientas.
7. Las celdas tienen sus propias rutas (secuencias de operaciones) para todos los componentes.
8. Normalmente tienen su propio material y su propia documentación de control de producción para cada trabajo.
9. La ingeniería relevante, el trabajo de diseño y el soporte se deben dar en forma completa.
10. La inspección y el control de la producción se realizan ahí mismo.
11. Se recomienda establecer el volumen de producción, así como la fuerza de trabajo en coordinación con los operadores de la celda.
12. Es recomendable tener un Líder en la celda, pero debe establecerse en coordinación con los operadores de la celda.
13. Una celda produce una familia de partes similares que requieren preferentemente máquinas y estaciones de trabajo diferentes.
14. Los miembros de una celda deben recibir su pago con base a esquema motivacional de grupo.

En la tabla 6.4 se muestra los métodos para diseñar una celda.



### **6.3.-TIPOS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.**

Aunque pueden existir otros criterios, es evidente que la forma de organización del proceso productivo, resulta determinante para la elección del tipo de distribución en planta.

Suelen identificarse tres formas básicas de distribución de planta: las orientadas al producto y asociadas a configuraciones continuas o repetitivas, las orientadas al proceso y asociadas a configuraciones por lotes, y las distribuciones por posición fija, correspondiente a las configuraciones por proyecto. Sin embargo, a menudo, las características del proceso hacen conveniente la utilización de distribuciones combinadas, llamadas distribuciones híbridas, siendo la más común aquella que mezcla las características de las distribuciones por producto y por proceso, llamada distribución de planta por células de fabricación.

#### **Distribución En Planta Por Producto (Producción En Línea o En Cadena)**

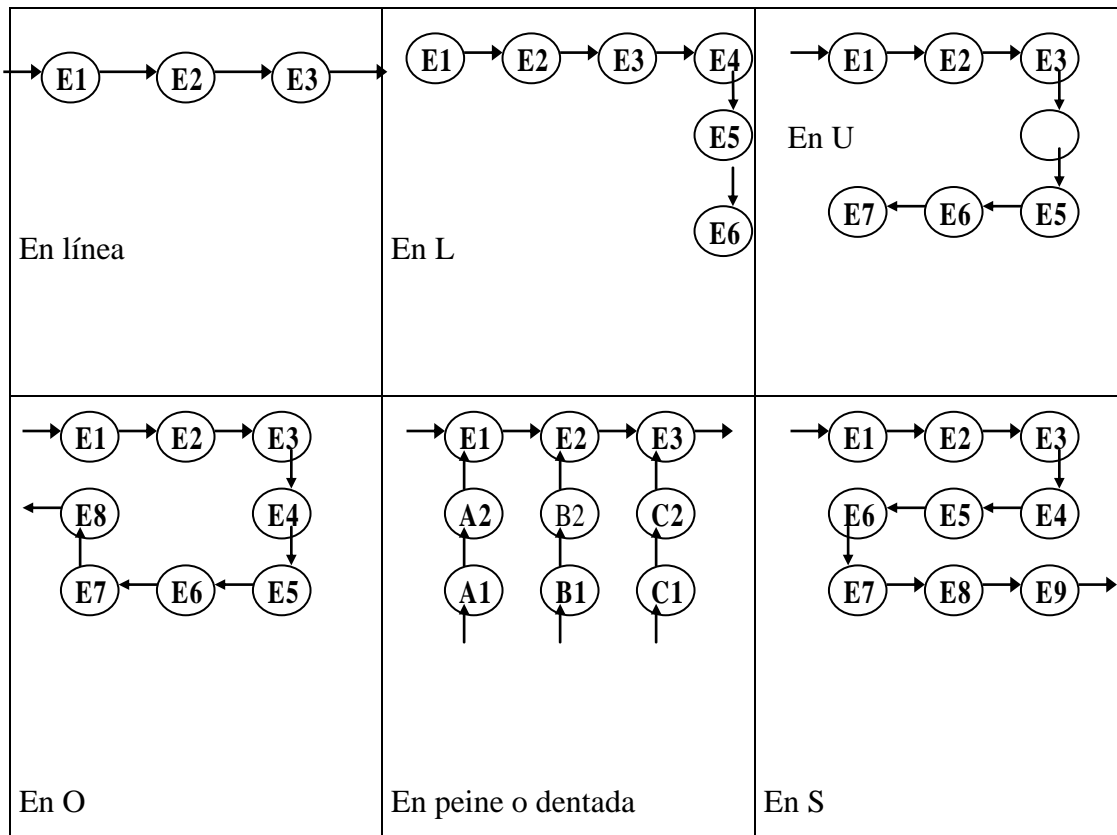
La distribución de Planta por producto es la adoptada cuando la producción está organizada, bien de forma continua (refinerías, centrales eléctricas, etc.), bien repetitiva (electrodomésticos, cadenas de lavado de vehículos, etc.).

Si se considera en exclusiva la secuencia de operaciones, la distribución es relativamente sencilla, pues se trata de colocar cada operación tan cerca como sea posible de su predecesora. Las máquinas se sitúan unas junto a otras a lo largo de una línea en la secuencia en que cada una de ellas ha de ser utilizada; el producto sobre el que se trabaja recorre la línea de producción de una estación a otra a medida que sufre las operaciones necesarias.

Tabla 6.7.- Características de distribución de planta.

	P.D. POR PRODUCTO
Producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estandarizado.</li> <li>• Alto volumen de producción.</li> <li>• Tasa de producción constante.</li> </ul>
Flujo de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Línea continua o cadena de producción.</li> <li>• Se sigue la misma secuencia de operaciones.</li> </ul>
Mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altamente especializada y poco cualificada.</li> <li>• Capaz de realizar tareas rutinarias y repetitivas.</li> </ul>
Personal Staff	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numeroso personal auxiliar en supervisión, control y mantenimiento.</li> </ul>
Manejo de materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Previsible, sistematizado y, a menudo, automatizado.</li> </ul>
Inventarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto inventario de productos terminados.</li> <li>• Alta rotación de inventarios de materias primas.</li> </ul>
Utilización del espacio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiente: Elevada salida por unidad de superficie.</li> </ul>
Necesidades de capital	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada inversión en procesos y equipos altamente especializados.</li> </ul>
Coste del producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costes fijos relativamente altos.</li> <li>• Bajo coste unitario por mano de obra y materiales.</li> </ul>

En la siguiente tabla 6.6 se muestran Formas Más Habituales De Distribución Por Producto



#### Ventajas De La Distribución de Planta por producto

- Manejo de materiales reducido.
- Escasa existencia de trabajos en curso.
- Mínimos tiempos de fabricación.
- Simplificación de sistemas de planificación y control de la producción.
- Simplificación de tareas.

#### Inconvenientes de la Distribución de Planta. Por producto

- Ausencia de flexibilidad en el proceso.
- Escasa flexibilidad en los tiempos de fabricación.
- Inversión muy elevada.
- El conjunto depende de cada una de las partes.
- Trabajos muy monótonos.



## **Diseño del Layout para la manufactura celular**

La principal diferencia entre una manufactura convencional y una Manufactura Celular está en la forma del arreglo de la Maquinaria y las Estaciones de Trabajo en el piso.

Layout básicos:

Layout de Línea o Producto.

Layout Funcional, de Proceso o tipo Taller.

Layout Celular.

Layout de Línea o de Producto.

Layout Funcional/de Proceso o tipo Taller.

Layout Celular.

### **Necesidad de rediseñar el Layout.**

- La búsqueda de una solución a problemas en el Layout, se justifica cuando el costo del manejo de materiales (actividad de no valor agregado) oscila entre el 30 y 70% de los costos totales de manufactura.
- La causa principal de Layout ineficientes e inseguros es debido al crecimiento de las compañías y a la introducción de nueva Maquinaria y/o Centros de Trabajo que se van realizando año con año.
- Dicho crecimiento se va dando paulatinamente, y en ocasiones no se consideran factores críticos como el manejo de materiales o de seguridad en el piso.
- La vida promedio de un Layout eficiente en una compañía industrial es de no más de 5 años.

Causas principales:

- Relocalización de la Planta.
- Automatización.
- Incremento o disminución en la demanda.
- Cambios de Ingeniería.
- Cambios de proceso.
- Reemplazo de uno o varios equipos.
- Adopción de nuevos estándares, nuevas tecnologías o nuevas estrategias.
- Organizacionales.
- Introducción de Nuevos Productos.

### **Modelo para Diseño del Layout de Maquinaria.**

- Relaciones de Proximidad.- En algunos casos es deseable poseer ciertas máquinas adyacentes o no adyacentes una de otra, esto es debido a condiciones de operación, seguridad, operarios multifuncionales, etc.
- Restricciones de Localización.- En cada facilidad existen espacios que no deben ser usados para colocar la maquinaria, ejemplos: pasillos, oficinas, cuartos de lavado, espacios reservados, etc.
- Preferencias en la Localización.- Es deseable que uno o más máquinas se localicen en áreas específicas, debido a: Áreas de almacenamiento para las máquinas, costos de instalación, instalaciones específicas, etc.
- Restricciones de Orientación.- Por aspectos de seguridad y/u operarios multifuncionales.
- Costo por Manejo de Materiales.- En la mayoría de los casos el traslado de los materiales se realiza a lo largo de pasillos in patrones rectangulares, paralelos a las paredes del edificio.

- Los Objetivos y las Restricciones son prioritizadas de mayor a menor importancia, la violación a las restricciones nos conducirá a una solución no-viable, sin embargo, los objetivos son menos rígidos, y en un momento dado pueden incumplirse y asignárseles una menor prioridad según la preferencia del tomador de decisiones.
- El propósito de este modelo es determinar las coordenadas y las razones de orientación de cada máquina y satisfacer los objetivos y restricciones impuestas, considerando la prioridad asignada.

### **Consideraciones Finales en el Diseño del Layout.**

- Planear el layout considerando futuros crecimientos, cambios en la demanda y cambios en la mezcla de productos.
- Nunca olvidar las áreas de Almacenamiento, de Inspección, Estantería para la guarda de Herramientas. y Datos, que requiere cada celda y cada Estación de Trabajo.
- Considerar en todos los casos el Sistema de Manejo de Materiales.
- Considerar la configuración de los pasillos que conectarán las celdas con las áreas de servicio (tratamientos térmicos, soldadura, inspección, almacén general, etc.).
- No olvidar el mobiliario que requerirá el personal operario, supervisores e inspectores.
- Evitar en la medida de lo posible áreas “buffer” (de espera), ya que no son de valor agregado y normalmente causan descontrol.
- Tomar en cuenta todas las instalaciones neumáticas, eléctricas, hidráulicas, mecánicas, etc., no solo para la maquinaria, sino también para las herramientas y dispositivos requeridos.
- Es importante tener en cuenta donde y como se instalarán las ayudas visuales, las instrucciones de trabajo y la papelería requerida en el piso.

- Es de suma importancia considerar el almacenamiento de los materiales y útiles de limpieza que requieren el personal operario.
- Finalmente, se deberá decidir con anticipación como se controlará y guardará el equipo de trabajo, herramientas de alto valor y equipo de seguridad del personal.

# CAPÍTULO 7

## HIPÓTESIS

### 7.1.-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

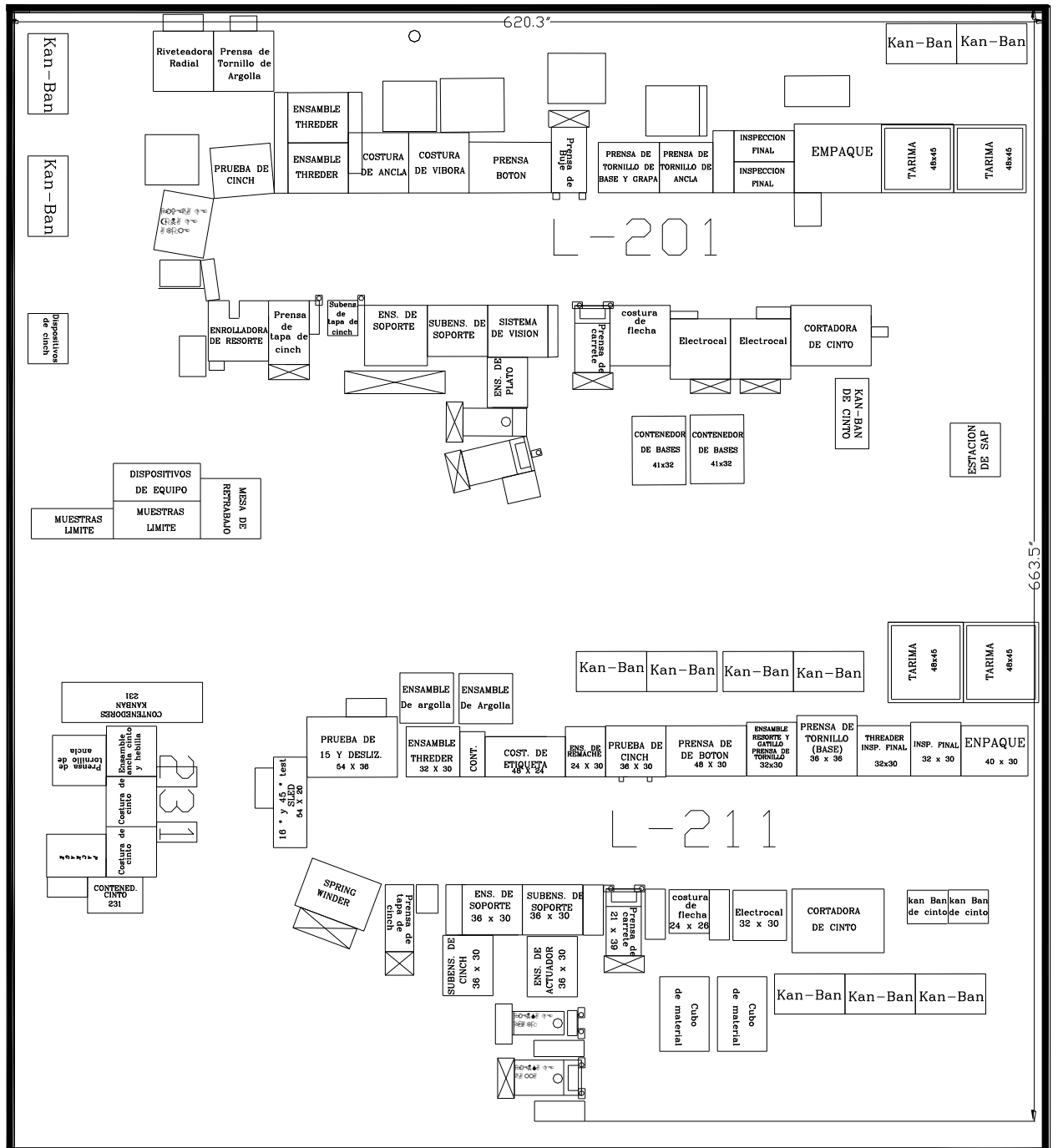
En la planta de TRW del Norte, se encuentran las líneas de producción 201 y 211, la línea 201 fabrica cinturones de seguridad para la compañía automotriz FORD, los modelos que se fabrican en esta línea son U-137 y VX-149, con sus respectivos números de parte, que varían de acuerdo al color de cinto y posición del pasajero que ocupan en el asiento del automóvil.

La línea 211 fabrica cinturones de seguridad para las compañías automotrices FORD y Mercedes Benz, los modelos que se fabrican para FORD son CT-120 y D-186 con sus diferentes números de parte, para Mercedes Benz se fabrica un solo modelo con el mismo nombre, también con sus diferentes numero de parte según el color y posición del asiento en el automóvil.

Las dos líneas de producción tenían su propios operadores cada una, pero como una estrategia del departamento de producción, solo se dejo un grupo de operadores, es decir solo el personal de una de las líneas, ya que por los bajos volúmenes de producción no se utilizaban los operadores al 100%, debido a este cambio los operadores se tenían que cambiar de una línea a otra según se los requerimientos de cada línea, perdiéndose mucho tiempo en los cambios de línea y cambios de modelo.

Para facilitar el movimiento de personal de una línea a otra, el manejo de materiales, los cambios de dispositivos para cada cambio de modelo, ahorrar espacio y eficientizar equipo que no es productivo al 100%, se quiere aplicar algunas técnicas como: celdas de manufactura, poka yoke, kan ban y smed, de esta manera mejorar la eficiencia del proceso, ganar espacio para usarlo en proyectos de nuevos programas y tener un mejor control de calidad, por lo que esto daría más rentabilidad a la planta siendo mas productiva.

En la siguiente tabla 7.1, se muestra la distribución inicial de las líneas de producción 201 y 211 con un área de 2,856.9 ft<sup>2</sup> (265.4 m<sup>2</sup>).

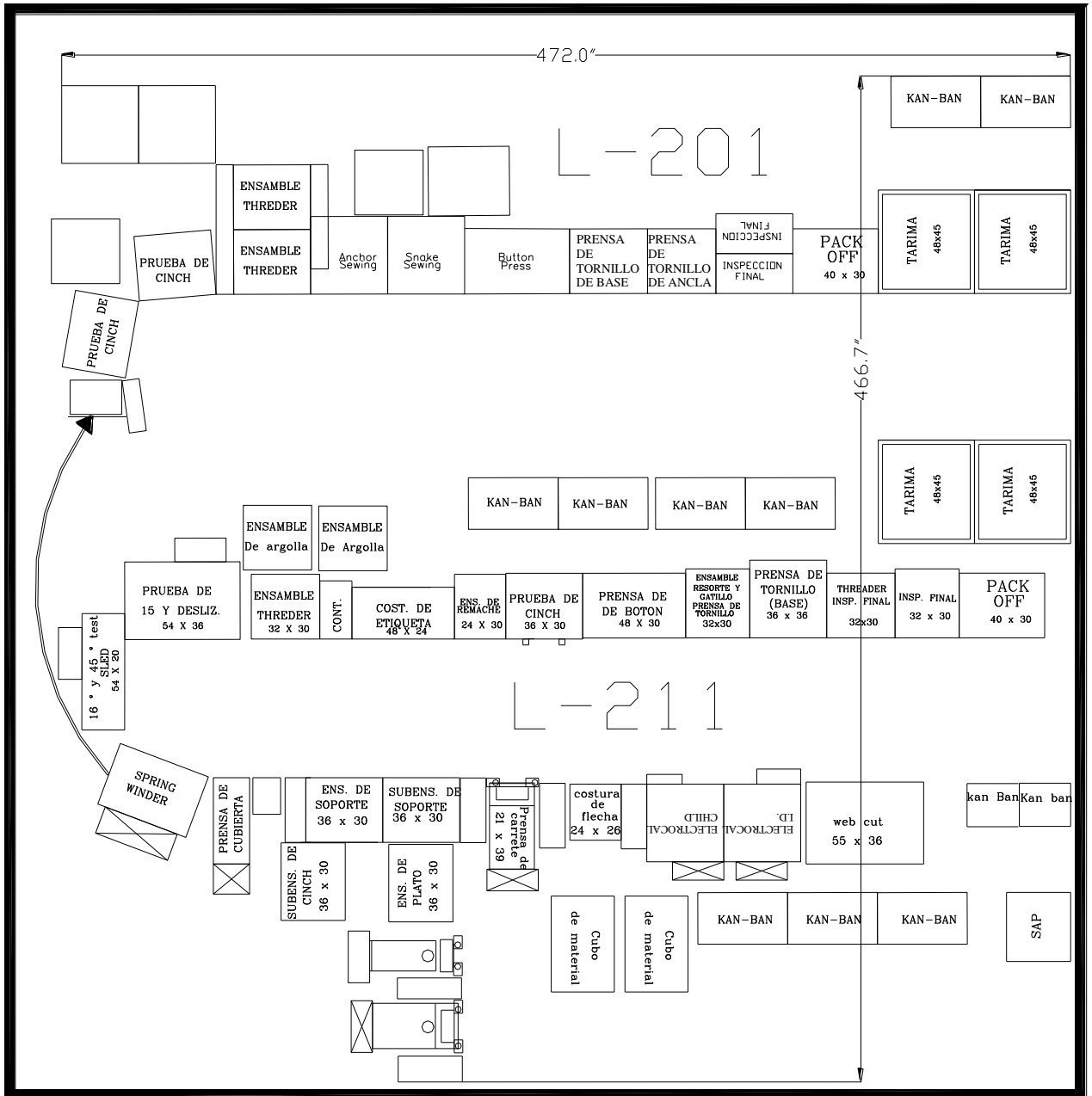


## **7.2.-PROPUESTAS Y RECONFIGURACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE LÍNEA.**

La propuesta inicial que se tenía fue eliminar una de las líneas completamente, en este caso la línea 201, ya que era la línea que solo producía dos modelos (U-137 y VX-149) y el modelo VX-149 se eliminaría de la línea debido a que se termino su producción y se pasaría al área de servicios, el área de servicios esta designada para fabricar modelos de las diferentes líneas que ha terminado sus requerimientos normales de producción, y pasan a ser solo requerimientos esporádicos cuando el cliente lo requiere y se le llama servicio. De esta manera la línea 201 solo se quedaría con un solo modelo (U-137), y seria mas fácil modificar el equipo de la línea 211 para que pudiera procesar sus modelos existentes agregando el modelo U-137 de L-201, de lo contrario se tendría que modificar el equipo de la línea 201 para poder procesar los tres modelos que se corren en la línea 211 que son CT-120, Mercedes Benz y D-186 con sus diferentes variantes de materiales y tipos de ensambles.

Para eliminar totalmente una de las dos líneas y solo dejar la otra con capacidad de fabricar los modelos de las dos líneas, se requeriría un presupuesto para la implementación de cambio rápido de modelo que se implementarían en la línea 211, pero para la compañía en las condiciones financieras actuales no seria costeable, aunque de acuerdo a las expectativas esta seria la opción que ahorraría mas espacio, se eliminaría por completo el traslado de operadores de una línea a otra, se tendría menos estantes de Kankan, se reduciría al máximo el mantenimiento de equipo, se eliminaría equipo que no se utiliza al 100% de su capacidad y se tendría un manejo de material mínimo y un flujo de proceso controlado, aplicando de esta manera la eliminación de desperdicios (valor no agregado al producto) como lo son: desperdicio de espacio con materia prima y equipo no utilizado al 100%, desperdicio de sobreproducción, desperdicio de tiempo en cambios de modelo tanto en equipo, materiales y movimiento de personal de una línea a otra.

**Tabla 7.2.-** Muestra la propuesta #1 para la reconfiguración de las dos líneas.





Debido a que la gerencia no estaba dispuesta a gastar en este proyecto, pero sin embargo de acuerdo a los planes a futuro de la planta se requeriría espacio para la instalación y el lanzamiento de nuevas líneas de producción, se requirió al departamento de ingeniería que se estudiara otras opciones que involucraran el mínimo o ningún gasto y poder obtener los objetivos tanto de espacio como de eficientizar las dos líneas de producción involucradas en el proyecto.

En la tabla 7.2 se muestra la propuesta #1 de distribución de las dos líneas para reducir y ahorrar espacio, la distribución de líneas original cuenta con un área de 2,856.9 ft<sup>2</sup> (265.4m<sup>2</sup>), con la propuesta #1 se obtendría una reducción de espacio quedando un área de 1,545.8 ft<sup>2</sup> (143.6m<sup>2</sup>), el área de espacio ahorrado sería de 1,311.1ft<sup>2</sup> (121.8m<sup>2</sup>).

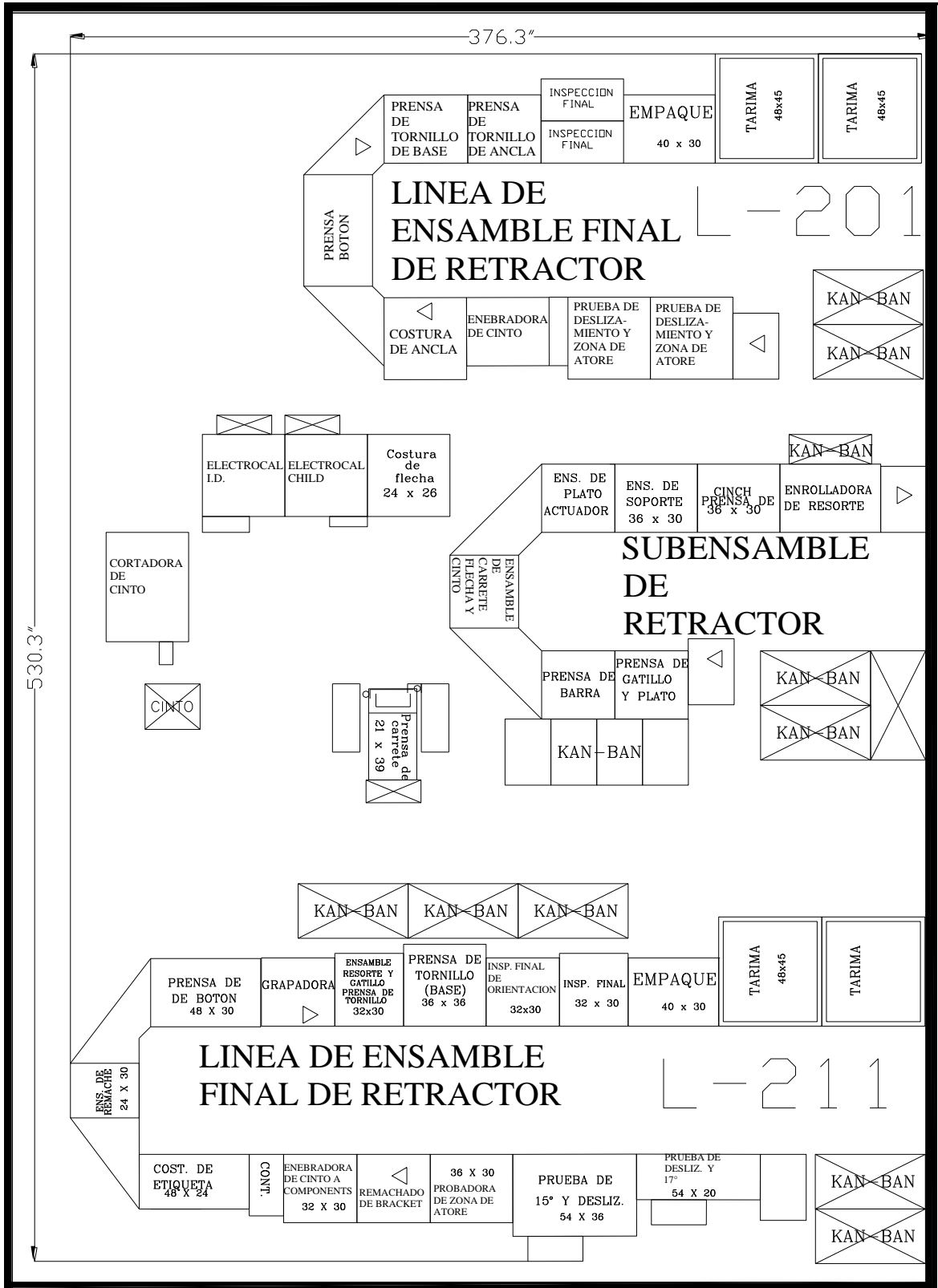
El concepto de esta reconfiguración es eliminar la parte de la línea 201 desde el inicio hasta la operación de spring winder (enrolladora de resorte), ya que las maquinas desde el inicio del proceso hasta la estación de spring winder es prácticamente igual en las dos líneas, requiriéndose mínimos cambios de herramientas y programación de sensores para poder detectar los diferentes componentes de los modelos de las dos líneas y evitar errores de ensamble.

Esto significa que los productos de L-201 y L-211 se correrían en la L-211 desde el inicio del proceso hasta la maquina de spring winder (enrolladora de resorte), después de esta estación los productos de L-211 seguirían el flujo normal hasta el ensamble final y empaque.

En los productos de L-201, se realizaría un empaque después de la maquina spring winder (enrolladora de resorte), para transportarse a la segunda mitad del proceso que quedaría de L-201, desde la estación prueba de cinch hasta el ensamble final y empaque.

Para llevar a cabo esta reconfiguración de distribución de las dos líneas, prácticamente se eliminaría la mitad del equipo de la L-201 desde el inicio del proceso hasta la maquina de spring winder (enrolladora de resorte) y el resto de la línea se movería para colocarla mas cerca a la línea 211 y de esta manera reducir al máximo el desperdicio de transporte de L-211 a L-201.

**Tabla. 7.3.-** Muestra la propuesta #2 para la reconfiguración de las dos líneas.



En la Tabla 7.3. Se muestra la propuesta #2 de la distribución de las dos líneas para reducir y ahorrar espacio, la distribución de líneas original cuenta con un área de 2,856.9 ft<sup>2</sup> (265.4m<sup>2</sup>), con la propuesta #2 se obtendría una reducción de espacio quedando un área de 1,385.3 ft<sup>2</sup> (128.7m<sup>2</sup>), el área de espacio ahorrado sería de 1,471.6 ft<sup>2</sup> (136.7m<sup>2</sup>).

La propuesta #2 consiste en hacer una reconfiguración o redistribución total de las dos líneas, el flujo del proceso y secuencia de operaciones seguiría siendo el mismo, en este caso lo que cambiaría sería la distribución de las dos líneas.

Como ya se menciono anteriormente las dos líneas tienen prácticamente el mismo tipo de maquinas para la primera parte del proceso, ya que los productos son muy similares, desde el inicio hasta la estación de spring winder (enrolladota de resorte), por lo que esa primera parte del proceso se usaría como una celda o bahía de subensamble, llamada línea de subensamble de retractor, que procesaría todos los productos de las dos líneas (Mercedes Benz, CT-120, D-186 de L-211 y U-137 de L-201), para esto se implementaría sistemas de poka-yoke en cada estación para asegurar que las estaciones puedan diferenciar y detectar ensambles y componentes equivocados cuando se este corriendo cualquiera de los productos de las dos líneas como son: U-137, Mercedes Benz, CT-120 y D-186.

Para poder procesar los diferentes productos en la línea de subensamble será necesario implementar cambios rápidos de modelo implementando el sistema SMED, para poder cambiar de modelo con herramientas, dispositivos o selectores electrónicos en el mínimo tiempo posible para evitar el desperdicio de tiempo perdido por cambio de modelo.

Después del proceso de la línea de subensamble de retractor, se implementaría un empaque para mandarse el producto a la línea 211 para los modelos Mercedes Benz, CT-120 y D-186 o 201 para el modelo U-137 según sea el caso, usando tarjetas de Kan-ban para identificar los subensambles y tener un mejor control según los requerimientos de producción, después de la spring winder (enrolladora de resorte), el proceso continuaría en el equipo de su línea respectiva (L-201 o L-211) hasta el final del proceso de ensamble y empaque, dependiendo del modelo que se este procesando.

# CAPÍTULO 8

## RESULTADOS

### 8.1.-SELECCIÓN DE PROPUESTA PARA DISTRIBUCION DE LINEA.

De acuerdo a los datos obtenidos en las propuestas establecidas en el capitulo anterior tenemos que en la propuesta #1 se podría obtener un ahorro de espacio de 1,311.1 ft<sup>2</sup> (121.8 m<sup>2</sup>), por otra parte en la propuesta #2 que se podría obtener un ahorro de espacio de 1,471.6 ft<sup>2</sup> (136.7m<sup>2</sup>).

Como podremos recordar desde un principio el planteamiento del problema es obtener el mayor espacio posible para poder dar cabida a las nuevas líneas de producción y de esta manera cumplir con las expectativas de la gerencia.

En base a estas propuestas y de acuerdo a las expectativas de la gerencia la opción mas viable seria la propuesta #2 con un ahorro en espacio de 1,471.6 ft<sup>2</sup> (136.7m<sup>2</sup>), reduciendo de un área inicial de 2,856.9 ft<sup>2</sup> (265.4m<sup>2</sup>) a un área de 1,385.3 ft<sup>2</sup> (128.7m<sup>2</sup>), según el calculo de área obtenido tomando como referencia lo que se muestra en la figura 3.1 y en la figura 3.3.

Se debe mencionar que aunque la diferencia de espacio que se puede ahorrar en las dos propuestas no es muy considerable, también se debe tomar en cuenta otros beneficios que mejoraría el proceso inicial en diferentes aspectos como:

1. Eliminar desperdicio de tiempo en cambios de modelo implementando el sistema **SMED**.
2. Eliminar desperdicio de espacio eliminando desperdicio de transporte, y mejorar el flujo de proceso aplicando la mejor **distribución de línea**, conceptos **de celdas de manufactura** y **kan-ban**.

3. Eliminar desperdicio de retrabajos por problemas de calidad, implementando sistemas **poka-yoke**.
4. Minimizar el tiempo perdido por mantenimiento aplicando la metodología **TPM**.

En los apéndices A y B se muestran los diagramas de flujo inicial de la línea 201 y 211 respectivamente, en el apéndice C y D se muestran los nuevos diagramas de flujo de las líneas 201 y 211 respectivamente después de realizar la modificación a la distribución de las dos líneas de producción.

Al comparar los diagramas de flujo iniciales con los nuevos diagramas de flujo, realmente no hay gran diferencia, excepto por las estaciones que anteriormente se utilizaban por el modelo VX-149 que se corría en línea 201 y que al realizar la consolidación de las dos líneas se eliminó y se mandó al área de servicios.

Lo mayor diferencia en los nuevos diagramas de flujo y los iniciales es las estaciones de empaque después de la spring winder (enrolladora de resorte) y el desempaque para continuar el proceso en sus respectivas líneas una vez realizada la consolidación y nueva distribución de las líneas.

## **8.2- MODIFICACIONES A ESTACIONES DE TRABAJO.**

Para realizar la consolidación de las dos líneas de producción, fue necesario implementar mayormente poka-yoke también llamados mistake Proof (Dispositivos a prueba de error) y dispositivos SMED para hacer cambios de modelo rápidos, específicamente en el inicio del proceso hasta la estación de spring winder (enrolladota de resorte) a esta primera parte del proceso se le llamo línea de subensamble de retractor.

Al resto del proceso se siguió llamando línea 201 para el modelo U-137 y línea 211 para los modelos Mercedes Benz, CT-120 y D-186.

La segunda mitad del proceso después del desempaque para iniciar el proceso en línea 201 o 211 no sufrió muchos cambios, uno de los cambios que sufrió fue que anteriormente era un proceso en línea recta y después de la consolidación quedo una distribución de línea en forma de “U”, las líneas también se movieron de lugar para implementar una distribución de líneas que pudiera ser mas funcional y flexible para el proceso además de ahorrar el mayor espacio posible de acuerdo a los requerimientos de la gerencia.

Los sistemas de poka-yoke mayormente usados fueron:

- Medidores de Contacto: Interruptores límite y micro interruptores.
- Medidores Sin Contacto: Sensores de proximidad, interruptores fotoeléctricos, sensores de fibras, sensores de posición, sensores de metales, sensores de colores.

En la mayoría de los nidos donde se colocan los materiales para ensamblarse también se utilizaron poka-yokes mecánicos, estos se implementaron de acuerdo a las diferencias geométricas de los componentes de diferentes modelos, al tratar de colocar un componente equivocado en un nido, mecánicamente o físicamente no permite que el componente se coloque adecuadamente para que el sensor de proximidad no lo detecte como pieza correcta.

Los sistemas de cambio de modelo usados fueron mayormente como los mostrados en las figuras de dispositivos de sujeción y mecanismos de cambio rápido de modelo en el subcapítulo 3.2.

# CAPÍTULO 9

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1.-RESUMEN.

El desarrollo de este proyecto esta enfocado de acuerdo a los requerimientos de la gerencia, además se trabajo con los recursos humanos y económicos disponibles en el momento de tomar la decisión mas adecuada.

Esta decisión fue tomada por las diferentes gerencias del la planta, desde la gerencia de ingeniería de manufactura donde se desarrollo las propuestas hasta la gerencia del departamento de calidad, gerencia de producción y también gerencia de mantenimiento incluso los clientes finales como lo son las compañías FORD, GM y Mercedes Benz en este caso.

Todos los departamentos deben ser involucrados para cubrir los diferentes aspectos que pueden afectar un cambio de esta naturaleza en un proceso de producción.

El departamento de ingeniería de manufactura como ya se menciona fue el encargado de analizar y generar las propuestas mas adecuadas de acuerdo a las necesidades y expectativas de la planta. Además también es el encargado de coordinar junto con el departamento de mantenimiento de ejecutar los cambios propuestos en el lay-out (Distribución de Planta).

El departamento de ingeniería de manufactura también es responsable de coordinar con el departamento de calidad la certificación de los poka-yokes, primero genera la documentación necesaria para cada estación, recolecta las firmas de aprobación de los diferentes departamentos y junto con calidad evalúan el equipo y certifican el funcionamiento adecuado de cada estación de trabajo.



El departamento de ingeniería de calidad fue quien aprobó la nueva documentación del proceso, evaluando y buscando evitar cualquier riesgo de calidad que pudiera afectar el producto en lo que se refiere a PPM para mantener el estándar de calidad esperado por los clientes, para posteriormente ser revisada con el cliente y obtener la aprobación del proyecto.

El departamento de ingeniería de calidad también es responsable de revisar y certificar los equipos en lo que a control de calidad se refiere como lo son los sistemas poka-yoke. Estos sistemas o dispositivos de detección a prueba de errores deben ser evaluados y probados cierto número de ciclos según sea lo establecido por el departamento de calidad, esto es para asegurar el buen funcionamiento y verificar que el equipo sea capaz de detectar las fallas requeridas en cada equipo o estación.

El departamento de producción fue involucrado para obtener la mayor información posible de los detalles del proceso, ya que producción es el departamento que más tiempo trabaja con el proceso y puede visualizar muchas situaciones que los demás departamentos pudieran omitir, se podría decir que producción es el experto en esta área.

El departamento de mantenimiento fue el encargado de ejecutar físicamente el proyecto de acuerdo a la dirección dada por el departamento de ingeniería para obtener la nueva distribución de línea, localización e instalación de los equipos.

Otro de los departamentos involucrados es el de seguridad, el departamento de seguridad certifica que cada estación cumple con las normas de seguridad establecida por los organismos reguladores de seguridad y medio ambiente, como dispositivos y programas de PLC seguros para evitar cualquier riesgo o condición insegura que pudiera provocar un accidente.

El sistema Poka-Yoke ha sido usado por mucho tiempo en el proceso de producción de la empresa TRW, al momento de modificar las dos líneas de producción y consolidar estaciones de trabajo, fue necesario implementar sistemas Poka-Yoke para poder discriminar o detectar errores de ensamble o partes equivocadas usadas en los diferentes productos que se tienen que procesar para los diferentes clientes que ya se han mencionado.

Un Poka-Yoke se compone de sensores que instalados en los nidos y mecanismos de las maquinas son conectados a un PLC (controlador lógico programable), para por medio del programa de la maquina detectar los componentes o partes deseadas de acuerdo al selector de modelos, es decir al seleccionar un modelo especifico será capaz de detectar cualquier parte equivocada de un modelo diferente y por medio de un mecanismo de atrape no permitirá iniciar o terminar el ciclo de la maquina mandando una señal de alarma o de pieza rechazada.

El sistema de manufactura o metodología SMED se aplico a este proyecto para mejorar los cambios de modelo en las estaciones que se consolidaron, es decir cuando de dos maquinas se elimina una y el herramental de las los maquinas se usa en la maquina que se decidió dejar en el proceso. Para poder utilizar los herramentales necesarios para procesar los diferentes modelos en una sola máquina, es necesario implementar las técnicas mencionadas en el capítulo 2, usando dispositivos mecánicos, eléctricos y electrónicos disponibles en el mercado para hacer un cambio rápido de modelo, en teoría un cambio de modelo rápido debe hacerse en un tiempo de ciclo del proceso de producción que en este caso seria alrededor de 20 segundos o en el menor tiempo posible de acuerdo a las posibilidades y alcances del sistema o dispositivos.

El sistema de Kan-Ban también ya era utilizado en este proceso de producción, pero se menciona por que actualmente en la industria y mas siendo automotriz, es un sistema muy importante para el control de producción e inventarios, también ayudan en el control de la calidad ya que al tener solo el material necesario en la línea de producción se evitan mezcla de componentes y se tiene un mejor control, además que se reduce al máximo el espacio ocupado por los Kan-Ban.

El sistema TPM también era utilizado anteriormente en estas dos líneas de producción, es uno de los puntos que se trataron en este proyecto debido a la importancia que tiene su aplicación, para el buen funcionamiento de cada una de las maquinas que forman una línea de producción, ya que el usar este sistema previene paros inesperados del la línea por problemas de mantenimiento, además que también ayuda a mantener la calidad del producto evitando que las maquinas dañen los materiales usados para ensamblar el producto final y de esta manera hacer mas productiva una línea de producción.

El sistema de Celdas de Manufactura aplicado a este proyecto fue muy importante para poder dar una mejor distribución de las dos líneas y mejorar el flujo del proceso, por medio de esta nueva distribución de líneas se le dio mayor flexibilidad a las líneas para facilitar los cambios de modelos tanto de personal como el abastecimiento de los materiales usados en los diferentes productos. Al diseñar la nueva distribución de líneas, también se obtuvo el espacio necesario para usarlo en las nuevas líneas de producción que tenía proyectadas la gerencia siendo este el principal objetivo del proyecto.

## **9.2.-APLICACIÓN A SISTEMAS DE MANUFACTURA.**

Todas las técnicas o sistemas de manufactura aplicados en este proyecto: **SMED, Poka-Yoke, Kan-Ban, TPM Y Celdas de Manufactura**, son aplicables a cualquier proceso de producción existente en la industria, solo se debe tomar en cuenta los alcances que se desean y recursos con los que se cuentan para poder implementar de la mejor manera las mejoras a los procesos de producción.

Deben ser involucrados también todos los departamentos de soporte que interactúan directa e indirectamente en el proceso de producción como ya los mencionamos: ingeniería de manufactura, ingeniería de calidad, mantenimiento, seguridad y producción. Al involucrar los departamentos adecuados se tendrán mejores propuestas y soluciones para los problemas que pueda tener un sistema de producción.

Toda mejora que se haga al proceso no tiene un periodo de vida establecido, ya que la mejora debe ser continua dependiendo de las nuevas necesidades del proceso y problemas de producción que surjan cada día. En la industria automotriz, esta mejora continua debe mantenerse constantemente para poder seguir siendo competitivo y mantener los clientes satisfechos de acuerdo a sus expectativas.

Cualquier empresa dedicada a la manufactura de productos industriales, debe mantener a sus empleados en constante capacitación, ya que todos los días se genera nuevas tecnologías y sistemas de manufacturas que pueden ser aplicados para eficientizar los procesos, esta manera mantenerse competitivos y poder ofrecer a sus clientes productos de calidad con costos que cumplan con sus expectativas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Kenichi Sekine and Keisuke Arai  
-Kaizen for Quick Changeover: Going Beyond SMED
2. Navarro Hernández Gilberto L.  
-Apuntes de maestría en ciencias de la ingeniería de manufactura con especialidad en automatización. (U.A.N.L.)
3. Roldan Rivas Juvencio.  
-Revista Manufactura ([www.manufactura.com](http://www.manufactura.com)).
4. Shigeo Shingo  
-A Revolution in Manufacturing the SMED System.
5. Shigeo Shingo 2da. Edición.  
-El Sistema de Producción Toyota desde el punto de vista de la Ingeniería.
6. TRW Manual de entrenamiento.  
-Change Over Reduction.



















## **GLOSARIO**

DOWN TIME.- Su traducción al español es tiempo caído o tiempo perdido.

KAN-BAN.- La palabra en japonés significa etiqueta de instrucción.

HOUSE KEEPING.- Su traducción al español sería limpieza o mantenimiento.

JIT.- Estas siglas en inglés significan just in time y traducido al español significa justo a tiempo.

LAY-OUT.- Su traducción al español es distribución de línea o de proceso.

MISTAKE PROOF.- Su traducción al español es a prueba de error.

PALLET.- Tarima o plataforma.

PFMEA.- Sus siglas en inglés significan process failure and mode effect análisis, su traducción al español sería AMFE que significa análisis de modos de fallas y sus efectos.

PLC.- Sus siglas en inglés significan Program logic controler, su traducción al español sería controlador lógico programable.

POKA-YOKE.- Esta palabra proviene de la palabra Poka: significa evitar y Yokeru: significa error inadvertido.

RATE.- Este término aplicado a producción significa tamaño o cantidad de producción.

SCRAP.- Desperdicio o basura.

SET-UP.-Este término se traduciría al español como preparación, hablando de un proceso seria, preparación de cambio de modelo.

SMED.- Estas siglas en inglés significan: single minute Exchange die y su traducción al español es cambio de dado de un solo minuto.

STOCK.- Inventario de material productivo o materia prima en almacén.

TAKT-TIME.- Es el tiempo transcurrido en una estación de trabajo para procesar una pieza, incluyendo el tiempo automático de la maquina para procesar la pieza, mas el tiempo manual del operador para cargar y descargar la pieza.

THROUGHPUT.- Es una palabra compuesta en Inglés, su significado en español aplicado a un proceso seria el tiempo de utilizado para procesar una pieza desde el inicio del proceso hasta terminar el proceso final.

TPM.- Sus siglas en inglés significan Total Productive Maintenance, traducido al español significa Mantenimiento Productivo Total.

WIP.- Sus siglas en inglés significan work in process y su traducción al español es trabajo en proceso.

## **RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO**

Por medio de la sustentación de esta tesis ante el comité de tesis de posgrado de la universidad autónoma de nuevo león, deseo obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería de Manufactura con Especialidad en Automatización, el tema que sustentó en esta tesis es el de “Consolidación de Dos Líneas de Producción”.

El área en la que he desarrollado mi carrera profesional y lo sigo haciendo hasta este momento, es en el área de Ingeniería de Manufactura en la industria maquiladora, principalmente el área automotriz.

Nací en la ciudad de Fresnillo Zacatecas el día 10 de Abril de 1971 siendo el segundo de tres hijos, mis padres son María De La Luz Hernández Domínguez y Gilberto Navarro Salado, viví en esa ciudad donde inicié mi educación primaria en el colegio María Del Refugio Álvarez, a la edad de 8 años emigré a la ciudad de Reynosa Tamaulipas junto con mis padres y hermanos donde terminé la educación primaria en la escuela Artículo 123 Melchor Ocampo, continúe con mis estudios de secundaria en la Escuela Técnica # 44 y preparatoria en el Centro Bachillerato Técnico y de Servicios # 7.

Inicié mis estudios de licenciatura en ingeniería mecánica en el Instituto Tecnológico de Reynosa en la ciudad de Reynosa Tamaulipas, cursando mis estudios durante el periodo de Septiembre de 1988 hasta junio de 1992, el día 9 de mayo de 1994 sustenté mi examen profesional obteniendo el Título como Ingeniero Mecánico.

En el año de 1993 inicié mi experiencia profesional en la compañía maquiladora Delnosa S.A de C.V., compañía automotriz subsidiaria de General Motors. Mi puesto desempeñado en esta empresa fue como Ingeniero de Procesos en el área de Soldadura por Ola de tableros electrónicos para automóviles. En el año de 1996 decidí renunciar a esta compañía para aceptar otra oferta de trabajo en la compañía TRW.



Del año de 1997 al 2006 labore en la compañía maquiladora TRW de Reynosa Tamaulipas, asumiendo el puesto de Ingeniero de Manufactura en el departamento de ingeniería de soporte a producción, esta compañía también dedicada al ramo automotriz en la fabricación de cinturones de seguridad para automóviles.

Durante mi desempeño en la compañía TRW inicié mis estudios de maestría de ingeniería de manufactura con especialidad en automatización en la Universidad Autónoma de Nuevo León con sede en la Universidad Tamaulipeca de la ciudad de Reynosa Tamaulipas, iniciando mis estudios de maestría en el año 2001.

Actualmente laboro en la compañía Emerson Climate Technologies, dedicada a la fabricación de compresores de aire acondicionado para el área residencial, el puesto que desempeño es el de Ingeniero Senior de Manufactura Avanzada, actuando como enlace entre el corporativo de la compañía en Sydney Ohio en Estados Unidos y la planta ubicada en Reynosa Tamaulipas para el inicio de operaciones de esta planta.

El trabajar todos estos años en el área de Ingeniería de Manufactura, me motivó a iniciar mis estudios de Maestría en Ciencias de la Ingeniería de Manufactura con Especialidad en Automatización, esto me ha ayudado a la innovación y aplicación de técnicas de manufactura y automatización en los procesos de producción así como también al desempeño de mi carrera profesional en el ramo de la industria maquiladora.