



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA
DE INGENIERÍA Y CIENCIAS SOCIALES
Y ADMINISTRATIVAS

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE
LEAN MANUFACTURING EN EL
DEPARTAMENTO DE EMBARQUES Y
TALLER 21 DE COMPAÑÍA MEXICANA DE
AVIACIÓN S. A. DE C. V.”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL
P R E S E N T A N
MARÍA DEL ROSARIO ALVAREZ HERNANDEZ
MIGUEL CORONA GONZALEZ
MANUEL ALEJANDRO RODRIGUEZ VALENZUELA
S A A V E D R A M O R E N O I V A N

ÍNDICE

Resumen	i
Introducción	iii
Planteamiento del problema.....	vii
Justificación de la aplicación de <i>Lean Manufacturing</i> en el Departamento de Embarques y Taller 21.....	ix
Capítulo I. Antecedentes de Mexicana de Aviación SA de CV	1
1.1. Orígenes de la empresa.....	1
1.2. Visión y Misión del Grupo Mexicana de Aviación SA de CV	3
1.3. Antecedentes del Departamento de Embarques y Taller 21.....	4
1.4. Funciones principales del Departamento de Embarques y Taller 21.....	5
1.5. Políticas del Departamento de Embarques	6
Capítulo II. Qué es <i>Lean Manufacturing</i>	8
2.1. Antecedentes e historia de <i>Lean Manufacturing</i>	8
2.2. Filosofía <i>Lean Manufacturing</i>	12
2.3. <i>Lean Manufacturing</i> , una nueva filosofía.....	15
2.4. Cómo se ve <i>Lean Manufacturing</i> en México.....	21
Capítulo III. Herramientas de <i>Lean Manufacturing</i>	23
3.1. Flujo.....	23
3.2. Distribución de planta	27
Concepto.....	27
3.3. La Célula.....	44
3.4. Muda (Desperdicio).....	46
3.5. Las 5's en el lugar de trabajo.	53
3.6. TPM (Mantenimiento Total Productivo).....	60
3.7. Seis Sigma (Six Sigma).....	77
3.8. Mejora Continua (Kaizen).....	79
3.9. A prueba de errores (Poka Yoke)	85
3.10. Señales (<i>KANBAN</i>).....	93
3.11. Justo a Tiempo (<i>Just in Time (JIT)</i>).....	99
4.1. Estandarización de operaciones.	105
3.12. Cambio Rápido de herramientas (<i>SMED:Single Minute Exchange of Dies</i>).....	117
Capítulo IV. Identificación de problemas en el Depto. de Embarques y Taller 21	127
4.1 Investigación de campo	127
4.2 Técnicas de calidad	127
Capítulo V. Propuesta de implementación de las técnicas <i>Lean Manufacturing</i> en el Departamento de Embarques y Taller 21	144
5.1 Sistema 5's.....	144
5.2 Distribución de Planta por Células administrativas.....	163
5.3 Célula Administrativa.....	172
5.4 Beneficios de la Distribución de Planta por célula en el Departamento de Embarques y Taller 21.....	174
5.5 Estandarización de operaciones.....	178
5.6 Propuesta de implementación de un Hub Logístico en la costa este de los Estados Unidos con un enfoque Justo a Tiempo.....	186

5.7 Propuesta de implementación de un modelo de importaciones Europeas y Asiáticas con un enfoque Justo a Tiempo.	193
Justificación para el desarrollo de un modelo de importaciones Europeas y Asiáticas.....	193
Conclusiones	202
Bibliografía	209
Anexos.....	210
Glosario de términos.....	240
Glosario de siglas.....	244

Resumen.

El presente trabajo de tesis fue desarrollado en el Departamento de Embarques y Taller 21, en la Base de Mantenimiento de la empresa Mexicana de Aviación SA de CV. El Departamento de Embarques y Taller 21 es el encargado de embalar y enviar los componentes que son retirados de los aviones por encontrarse en estado unserviciable (componente fuera de servicio), a diferentes destinos (talleres externos, con el proveedor, con el fabricante, entre otros) para su reparación.

El propósito del trabajo de tesis fue proponer una metodología de mejora de los procesos que son llevados a cabo en el Departamento de Embarques y Taller 21 a través de algunas herramientas de *Lean Manufacturing*, tales como 5's, Redistribución de Planta, *Just in time* (Justo a tiempo), *Kanban*, Estandarización de operaciones, etc. Para lo cual se propone crear una "Isla de Excelencia" de 5's, además de proponer una Célula Administrativa que considera las áreas que son indispensables para que el Departamento de Embarques y Taller 21 realice el envío de los componentes en el menor tiempo posible. También se propuso un método estandarizado para el embalaje de los componentes, así como el establecimiento de la mejora continua aprovechando la experiencia e ideas de los trabajadores del área.

La propuesta de implementación en el Departamento de embarques y Taller 21, se justifica ya que sus procesos son obesos, lo que ocasiona que el tiempo y costos originados por componentes que se encuentran fuera de servicio sean elevados. Además, uno de los objetivos de la dirección de Abastecimientos de Mexicana de Aviación SA de CV, de la cual el Departamento de Embarques y Taller 21 es subordinada, está el lograr la unificación en la cadena de suministros y asegurar al área de mantenimiento todo el material y/o componentes requerido(s) en tiempo y forma.

Los procesos, técnicas y herramientas están sustentados en la filosofía de *Lean Manufacturing*, y se recurrió a la investigación de campo y documental para recabar la información necesaria y detectar las oportunidades de mejora en el Departamento de Embarques y Taller 21 y de esta manera seleccionar la herramienta de *Lean Manufacturing* que ayude a reducir o eliminar cada uno de los problemas detectados en el área de estudio.

Los principales obstáculos que impiden que el Departamento de Embarques y Taller 21 envíe en tiempo y forma los componentes, son ocasionados por la poca visibilidad de los procesos, además de que algunos de ellos son dependientes de documentación que es generada por otras áreas.

Aunado a lo anterior, existen algunos desperdicios tales como el inventario de contenedores,

de movimientos, de tiempos, entre otros.

Por lo que consideramos que con la implementación de una “Isla de Excelencia” de 5’s, se harán más visibles los procesos y se irán eliminando gradualmente los desperdicios del área. Además, con la implementación de una Célula Administrativa en donde se involucre a los proveedores de información para el envío de los componentes, se agilizará la transportación de éstos. También, aprovechando las ideas de los trabajadores se crea una mejora continua y la cultura de la delgadez de los procesos.

Cabe mencionar que durante la realización del presente trabajo de Tesis, la empresa decidió implementar la primera S del Sistema de 5’s que se desarrolló como propuesta de implementación en este trabajo. La primera S se implementó con éxito y uno de las causas para considerar esta implementación es que el Departamento de Embarques y Taller 21 extenderá su área de trabajo al un almacén contiguo, por lo que sólo se llevarán los objetos y materiales necesarios, desechando aquéllos que no son útiles.

Introducción.

Hoy en día, vivimos en un mundo globalizado, con economías de escala, con mayor apertura de empresas transnacionales debido a los Tratados de Libre Comercio, con mayor exigencia por parte de los consumidores hacia las empresas acerca de la calidad y mejores precios de los productos y/o servicios que se ofertan en los mercados. Como consecuencia de esto, las empresas que deseen seguir en el interés y gusto de sus clientes, deben buscar reducir sus costos de operación y ofrecer precios competitivos, pero sin descuidar la calidad de sus productos y/o servicios.

Una de las armas más poderosas que nos han legado los japoneses para lograr lo anterior es la filosofía *Lean Manufacturing*, que como su nombre lo indica, es la cultura por la delgadez de los procesos. Ella nace de una necesidad de la empresa Toyota por aumentar su producción de automóviles con los recursos que tenía disponibles, por lo que Taiichi Ohno junto con otros de sus colegas de aquella época, crean el Sistema de Producción Toyota. Aunque él mismo reconoce que se basaron en sistema de producción de Ford, pero no lo copiaron tal cual, sino que lo adaptaron a sus procesos y para nuestra fortuna lo mejoraron, y por ello ahora tenemos las herramientas que nos guían para adelgazar los procesos y ser más eficientes.

Lean Manufacturing es una filosofía que involucra varias técnicas y herramientas que en conjunto hacen que la Cadena de suministros sea más delgada ya que le quita todo aquello que la hace “obesa” y poco flexible.

Nuestro interés como ingenieros industriales es optimizar los recursos de la empresa, de allí que hayamos elegido a *Lean Manufacturing* para mejorar los procesos en el Departamento de Embarques y Taller 21 que se encuentra en la Base de Mantenimiento de la empresa Mexicana de Aviación SA de CV. El giro de la empresa es de servicios por ser una aerolínea, sin embargo, para que puedan efectuarse los vuelos en tiempo y forma, seguros y sin percance alguno, e impactar de manera positiva en los clientes de Mexicana de Aviación SA de CV, es necesario que todos los aviones se encuentren en condiciones óptimas de operación, por lo que el Departamento de Embarques y Taller 21 juega un papel importante al proveer al área de mantenimiento de los aviones, de los componentes en condiciones ideales para poder operar en éstos.

El Departamento de Embarques y Taller 21 tiene algunas oportunidades de mejora en su proceso de embalaje y envío de componentes dañados a los diferentes destinos para su reparación.

A través de diferentes métodos de investigación (encuestas, observación directa, levantamiento de procesos, entre otros), se lograron identificar estas áreas de oportunidad dentro del Departamento de Embarques y Taller 21. Todos estos problemas ocasionan desperdicios de tiempos, movimientos, espacio, e inventarios, además de generar retrabajos, cuellos de botella y disminuir la motivación de los trabajadores del área. Además, también se determinó que el Departamento de Embarques y Taller 21 adolece de procesos estandarizados para su operación de embarque y embalaje, lo que ocasiona que el tiempo de reaprovisionamiento de los componentes sea más largo.

Por otro lado, también se observó que la comunicación entre las áreas que participan en el proceso para el mantenimiento y reparación de los aviones, es deficiente, lo que también es un factor para que el tiempo de reaprovisionamiento sea largo. Aunado a estos problemas, se detectó que el espacio físico con el que cuenta el Departamento de Embarques y Taller 21 no es el adecuado para el desarrollo de las actividades del proceso operativo, ya que mientras algunas áreas se encuentran sobrecargadas de operaciones, otras están siendo desperdiciadas.

También el tiempo que demoran los componentes que fueron retirados de los aviones por estar en estado unserviceable (no utilizable) en regresar a éstos en buen estado, es mayor al indicador del área (dos días), por lo que existe una gran cantidad de inventario en proceso en el Departamento de Embarques y Taller 21. Lo anterior trae como consecuencia que exista menos espacio físico para realizar las actividades y menos visibilidad de los procesos, ocasionando que haya componentes sin identificación con meses de estancia en el Departamento de Embarques y Taller 21.

También se detectó que tienen inventario elevado de contenedores (hasta 3 almacenes físicos distribuidos en el área). Además existe alta dependencia del área de compras que en ocasiones demora bastante tiempo en generar la Orden de Compra para los materiales y/o refacciones requeridas (por lo que aumenta el tiempo de reaprovisionamiento de los componentes).

Por otro lado, los Instrumentos y materiales se encuentran fuera del área en donde se utilizan, por lo que los operarios demoran más tiempo en realizar la operación diaria.

Por ello, el propósito de la tesis consistió en la propuesta metodológica para la implementación de herramientas de *Lean Manufacturing* que generen la reducción de los desperdicios en el Departamento de Embarques y Taller 21 y la mejora de los procesos que permitan que el área sea más eficiente y contribuya a adelgazar la Cadena de suministros de la

Dirección de Abastecimientos de Mexicana de Aviación SA de CV.

Como ya se mencionó anteriormente, *Lean Manufacturing*, es la filosofía que nos ayuda a reducir los desperdicios, mejorar y estandarizar los procesos, así como facilitar la comunicación entre las diferentes áreas y fomentar la cultura de la mejora continua.

Entre estas herramientas se encuentran:

Sistema de 5's. Herramienta que nos ayuda a mantener el área de trabajo libre de agentes dañinos y a mejorar la visibilidad de los procesos, así como a motivar a los trabajadores del área.

Distribución de Planta. Técnica que permite la optimización del espacio físico, así como mejorar la comunicación de las áreas y la toma de decisiones a través de las células administrativas.

Justo a tiempo: Es una técnica que elimina inventarios innecesarios tanto en proceso, como en productos o servicios terminados y permite rápidamente adaptarse a los cambios en la demanda.

Estandarización de operaciones. Técnica que permite identificar y documentar la manera más adecuada para realizar los procesos, aunque claro, siempre es susceptible de mejoras. Esto con la finalidad de que cuando ingrese un nuevo trabajador en el área, de primera instancia sepa cómo realizar el trabajo ya que éste está estandarizado. El trabajador tiene una rutina de operación estándar y mantiene un inventario en constante en proceso.

SMED (*Single Minute Exchange of Die*) Técnica que nos da soporte para reducir al máximo el tiempo invertido en el cambio de herramientas.

Mantenimiento Total Productivo (TPM). Herramienta que ayuda a tener en óptimas condiciones las máquinas y equipo de trabajo, ya que permite dar mantenimiento a los equipos, aun cuando no hayan ocurrido fallas aún.

Tarjetas Kanban. Técnica que nos permite tener el control adecuado de los materiales requeridos en el piso de producción para realizar el proceso productivo, lanzando la señal oportuna cuando es necesario reabastecer de materia prima la línea de producción.

Poka Yoke. Herramienta que facilita la detección de errores antes de llegar a un reproceso.

Si se encuentra bien implementado el *Poka Yoke*, podremos obtener un producto o servicio libre de defectos que si son detectados en el lote de producto terminado o peor aun, por el cliente final, generan altos costos.

Es importante mencionar que para la adecuada implementación de estas técnicas y herramientas, es necesario que se tenga el compromiso y ahínco del cuerpo directivo del área, de gerentes, de supervisores, de directores, dueños, etc., así como la participación y motivación de los trabajadores del área, los que viven día a día el proceso y los que pueden llevar al éxito rotundo o al fracaso la implementación de la filosofía *Lean Manufacturing*.

Para llevar a cabo propuesta de implementación de *Lean Manufacturing* en el Departamento de Embarques y Taller 21, fue necesario realizar varias visitas al área, entrevistas con los trabajadores, revisión de los datos históricos de los embarques realizados, etc., esto con la finalidad de identificar las áreas de oportunidad del Departamento de Embarques y Taller 21. Una vez detectados los problemas, se identificaron las técnicas y herramientas adecuadas de *Lean Manufacturing* para la solución de éstos. Después, se hicieron las propuestas para la implementación de estas técnicas y herramientas y su mejora continúa.

El presente trabajo de Tesis, consta de 5 Capítulos, distribuidos entre la teoría y la propuesta de implementación.

En la primera parte se describe el Objetivo General que se pretende alcanzar al término del trabajo de Tesis. También se presentan los objetivos Específicos en los cuales se plantea como se pretende alcanzar el objetivo General a través de la aplicación de las herramientas de *Lean Manufacturing*.

En el Capítulo 1 Antecedentes de Mexicana de Aviación SA de CV se aborda el origen histórico de la Empresa, así como su filosofía corporativa, misión y visión. Además se desarrollan los antecedentes del Departamento de Embarques y Taller 21 en el cual se aplicarán las técnicas de *Lean Manufacturing*, así como la justificación de la aplicación de éstas en dicho Departamento. También se describen las funciones y políticas del Departamento de Embarques y Taller 21 con el fin de contextualizar el problema.

En el Capítulo 2 Qué es *Lean Manufacturing* se describen los antecedentes de la filosofía de *Lean Manufacturing* y cómo se ha desarrollado en México.

En el Capítulo 3 Herramientas de *Lean Manufacturing*, se desarrollan cada una de las

herramientas de *Lean Manufacturing* consideradas dentro del trabajo de Tesis. Éstas son: Flujo y Distribución de Planta, Muda, Las 5's en el lugar de trabajo, Mantenimiento Total Productivo, Six Sigma, Kaizen, *Poka Yoke*, *Kanban*, Justo a tiempo, Estandarización de Operaciones y SMED.

En el Capítulo 4 Identificación de problemas en el Departamento de Embarques y Taller 21, se analizan las herramientas de *Lean Manufacturing* que ayudarán a disminuir o erradicar los problemas previamente detectados en el Departamento de Embarques y Taller 21. Para ello se utilizan las técnicas del Diagrama de Ishikawa y el Análisis de Pareto.

En el Capítulo 5 Propuesta de implementación de *Lean Manufacturing* en el Departamento de Embarques y Taller 21 se desarrollan las propuestas de implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing* que calificaron para solucionar los problemas del Departamento de Embarques y Taller 21.

Por último se encuentran las conclusiones a las cuales se ha llegado una vez se hayan realizado las propuestas de implementación de *Lean Manufacturing* en el Departamento de Embarques y Taller 21.

Planteamiento del problema

Con el paso de los años, en México se ha incrementado de manera notable el auge de las aerolíneas de bajo costo para el transporte de pasajeros. Debido a esto, es necesario que Mexicana de Aviación se mantenga en el perfeccionamiento de sus procesos operativos para seguir siendo una empresa que compita en el mercado de las aerolíneas de aviación del país. Dentro de estos procesos operativos se encuentran los concernientes al mantenimiento y reparación de sus aeronaves, es decir, los procesos que se llevan a cabo en el Departamento de Embarques y Taller 21.

El Departamento de Embarques y Taller 21 es el responsable de colocar en tiempo y forma todos los componentes necesarios (partes del avión, herramientas, insumos, etc.) para la reparación y mantenimiento de las aeronaves, por lo que es importante que esta área mantenga procesos óptimos de operación, sin embargo, con el paso del tiempo se han ido adoptando formas de trabajo poco óptimas, lo cual tiene una repercusión directa en el trabajo de las áreas que se encargan de dar mantenimiento y reparación a las aeronaves.

Debido a lo anterior, se llevo a cabo un levantamiento de información (a través de visitas al área, encuestas y observación directa del proceso de Embarque y embalaje) en el Departamento

de Embarques y Taller 21 para conocer las áreas de oportunidad que presenta esta área.

De este análisis se desprenden los siguientes problemas detectados:

En el Departamento de Embarques y Taller 21, se ha detectado que el tiempo utilizado para la preparación y embalaje de los componentes que son removidos de los aviones para ser reparados en talleres externos a Mexicana de Aviación es bastante alto, por lo que se originan pérdidas de tiempo. A su vez, surgen cuellos de botella en el proceso de remoción y reparación de los componentes, por lo tanto, éstos al no ser reparados a la brevedad se encuentran sin operar ocasionando costos altos a la Empresa.

También, se observó que en el área de trabajo del Departamento de Embarques y Taller 21, se adolece de espacios específicos para los materiales de trabajo, identificación fácil de los lugares en donde se deben colocar los componentes y por último de espacios bien definidos para el inventario de contenedores en donde se embalan los componentes. Esto además genera inventario en proceso más elevado y como consecuencia directa reduce la visibilidad del estado de los componentes.

Además en el área de embalaje de los componentes, se detectó que no existen procesos estandarizados para la preparación de los componentes, así como tampoco las condiciones que permitan que el trabajo se realice de manera más eficiente, lo que nos lleva a la detección de varios tipos de desperdicios, tales como de tiempo, de insumos, inventarios, entre otros.

Por otro lado, también se observó que existe comunicación deficiente con las demás áreas involucradas en el proceso de mantenimiento y reparación de las aeronaves, que pueden ser áreas que reciben el servicio del Departamento de Embarques, o bien, que entregan su servicio o material al este Departamento. Esta falta de comunicación provoca demoras mayores en el tiempo de ciclo o reaprovisionamiento de los componentes requeridos por el área de mantenimiento.

También se determinó que el espacio físico para el desarrollo de las operaciones diarias del área no cuenta con las dimensiones adecuadas ni tampoco con la distribución lógica de las estaciones de trabajo y de los espacios requeridos para los materiales y/o herramientas de trabajo.

Dentro del proceso de importación de los componentes desde Estados Unidos de América y Europa, se detectó que el proceso contiene un alto índice de demora, lo que provoca costos mayores por dos motivos principales: 1) se tiene que contratar a un servicio de paquetería externa para agilizar el traslado, o bien, 2) el costo por no tener a tiempo el componentes y por lo tanto

tener en tierra a la aeronave.

Justificación de la aplicación de *Lean Manufacturing* en el Departamento de Embarques y Taller 21.

Abastecimientos, que es la Dirección encargada del Departamento de Embarques y Taller 21, tiene como meta lograr la unificación en la cadena de suministros en la cual se asegure al área de mantenimiento todo el material y refacciones de los aviones requeridas en tiempo y forma, además tiene como política que los componentes una vez que son removidos, no pueden tardar más de 2 días en ser enviados a su destino final de reparación.

Uno de los principales indicadores utilizados en la Dirección de Abastecimiento es el tiempo que tardan los componentes en ser reparados, desde el momento en que son removidos de los aviones (y que debido a la capacidad de los talleres internos no pueden ser reparados allí), hasta que son ingresados nuevamente al almacén como componentes en condiciones óptimas para ser instalados nuevamente en el lugar de donde fueron removidos.

El Departamento de Embarques y Taller 21, la cual es subordinada de la Dirección de Abastecimientos, requiere de la generación de una Orden de Compra para llevar a cabo las reparaciones a los componentes que le son enviados. Dicha Orden de Compra proviene del Departamento de Compras Especializadas y Reparaciones, el cual en ocasiones demora en generarlas y por lo tanto existe retraso para enviar los componentes a reparación.

Por otra parte, según la criticidad del componente y el tiempo que se haya demorado el proceso en el Departamento de Embarques y Taller 21, éste debe ser enviado por proveedores externos de paquetería a los *Hubs* (lugar en donde se concentran los componentes provenientes de varios lugares, para ser enviados a su destino final) en Estados Unidos de América, lo cual ocasiona que los costos se eleven.

Además, el área cuenta con un espacio que no es el óptimo para almacenar y llevar a cabo el proceso de empaque y embalaje de los componentes que son enviados a reparación, lo que provoca poca o nula visualización del flujo del proceso.

Aunado a lo anterior, el sistema *Maxi Merlin* que es la plataforma tecnológica utilizada por Mexicana de Aviación para administrar el área, tiene ciertas carencias que obstruyen la operación del Departamento de Embarques y Taller 21, ya que no permite tener un control electrónico y físico del material y/o componentes unserviciables que Mexicana de Aviación no puede reparar dentro de

sus talleres o que dichos componentes y/o materiales tienen algún convenio o garantía con los proveedores.

También existen procesos inflexibles con alta dependencia en la documentación, es decir, no se puede mover un componente hasta que un documento lo permita, lo que le resta agilidad al proceso de remoción/reparación. El problema se presenta cuando las áreas auxiliares al Departamento de Embarques y Taller 21 que deben generar dichos documentos, no los entregan a tiempo, provocando nuevamente, el retraso en el envío de los componentes a reparación.

En la actualidad no se cuenta con un proceso especificado para el empaque y embalaje de los componentes que son enviados a reparación, por lo que el mismo tipo de componente puede ser empacado en diferentes clases de contenedores cada vez que se requiera enviar a reparación, lo que ocasiona costos elevados ya que cuando los componentes son enviados por empresas de mensajería, éstas cobran según el peso o el volumen del componente ya empacado, según sea conveniente, es decir, no se tiene especificado el proceso para que el mismo tipo de componente sea enviado con el menor volumen posible.

Con la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing* se espera lograr la reducción de los desperdicios que se generan en el Departamento de Embarques y Taller 21, optimizar el espacio físico, estandarizar los procesos de Embarque y Embalaje, lograr la eficiencia de comunicación entre las áreas y mejorar el rendimiento de los operarios del área a través de un perfeccionamiento diario de su espacio de trabajo. Como consecuencia se pretende que se reduzcan costos operativos, se aprovechen mejor los recursos del área y se tengan en tiempo y forma los componentes para que las demás áreas de mantenimiento y reparación no vean obstruido su proceso.

Debido a lo anterior, en el presente trabajo de Tesis se genera la propuesta de implementación de *Lean Manufacturing* en el Departamento de Embarques y taller 21, para lo cual se llevará a cabo un trabajo de análisis de problemas con las herramientas de Lean que los erradican o disminuyen.

Capítulo I. Antecedentes de Mexicana de Aviación SA de CV.¹

1.1. Orígenes de la empresa.

1921 - El 12 de julio de 1921 se funda en el Distrito Federal, la Compañía Mexicana de Transportación Aérea (CMTA).

Los señores Lloyd A. Winship, Harry J. Lawson y Elmer C. Hammond, recibieron de manos del Sr. Faustino Roel, entonces Subsecretario Encargado del Despacho de Comunicaciones y Transportes, la primera concesión en la ruta México-Tampico, vía Tuxpan. Iniciaron sus operaciones con cuatro aviones *Lincoln Standard* de cabina abierta, capaces de transportar a un pasajero y 50 kilos de equipaje y correspondencia, a la entonces velocidad de 95 km. por hora. En su segundo año de operaciones habían registrado 1,956 horas de vuelo, con 10 biplanos *Lincoln Standard*

1980 - Empresa Mixta en Expansión.

En 1982, el Gobierno Federal adquiere el 54% de las acciones de la empresa, iniciando una época de operaciones con capital mixto.

En 1984 un suceso trascendental: Mexicana estrena sus Oficinas Centrales, con la construcción de una inmensa torre de control con 30 pisos, helipuerto y un anexo donde se ubica su moderno Centro de Reservaciones, edificio que se convierte en símbolo de la Ciudad de México.

1990 - Tiempo de Transformación e Innovación.

A principios de los 90, con la conformación del Grupo *Falcon*, Mexicana regresa a manos de la iniciativa privada e inicia una dinámica campaña de transformación de imagen y adquisición de equipos. En los siguientes años, entre 1991 y 1993, se introduce nueva tecnología en equipos de aeronavegación con la llegada del avión *Airbus A-320* de fabricación francesa y los *Fokker-100* de manufactura holandesa. Asimismo, estrena su imagen con la aplicación de diseños mexicanos en los empenajes de los aviones.

2000 - 2004- Hacia la Globalización.

¹¹¹ Mexicana de Aviación: 85 años volando por México, Autor Enrique Krause ED. Clío, Fecha 2006, pp 650.

En julio del 2000, Mexicana consolida su participación en el proceso de globalización con su incorporación oficial a la alianza mundial más importante: *Star Alliance*.

El Centro Mexicano para la Filantropía (CEMEFI), entregó a MEXICANA el distintivo de Empresa Socialmente Responsable en 2002, 2003 y 2004.

Mexicana de Aviación se convierte en la primera línea aérea en proporcionar vuelos a Buenos Aires, Argentina sin escalas desde la Ciudad de México, gracias a la adquisición de un equipo Boeing 767 en el año 2003.

En 2004 anunciar la sustitución de los *Fokker 100* por *Airbus A318*, los aviones comerciales de la más reciente producción. Cuentan con una capacidad de 100 pasajeros, 12 de ellos en Clase Ejecutiva.

2005 Compra Venta.

El 20 de diciembre de 2005 se formalizó el contrato definitivo de compra-venta de las acciones representativas del capital social de Grupo Mexicana de Aviación, SA de CV por parte de Grupo Posadas a un precio de 165.5 millones de dólares.

Objetivo empresarial del Grupo de Mexicana.

Que el personal de Mexicana de Aviación conozca e incorpore los comportamientos éticos y profesionales, así como el sistema de implantación.

Objetivos del Grupo Mexicana.

- Gestar una organización humana que permita el desarrollo de sus integrantes, así como la expresión de sus emociones, deseos, modos de ver y sentir, encaminados a la satisfacción plena de sus clientes.
- Aplicar de manera consistente los criterios fundamentales para la realización de los objetivos, valores individuales y organizacionales.

Filosofía Corporativa.

La ética empresarial se enriquece con la filosofía corporativa (visión, misión y valores), es deber de todos los que integran Mexicana de Aviación conocerla y aplicarla en cada una de las

acciones.

Es una empresa capaz de atraer colaboradores comprometidos, con las aptitudes y actitudes excepcionales, con talentos para obsequiar emociones a los pasajeros y clientes.

Las actividades empresariales de Mexicana de Aviación tienen el propósito de generar valor de forma sostenida a través del desarrollo, atención y vocación de servicio orientados hacia la creación de estados de plenitud de los clientes, de acuerdo a estándares de excelencia y clase mundial.

Mexicana de Aviación es una empresa centrada en el servicio a sus clientes responsables de administrar los recursos que se le han confiado para obtener cada vez mejores resultados de operación, en un marco de integridad financiera tomando la eficacia inspirada e innovadora como base de su éxito.

1.2. Visión y Misión del Grupo Mexicana de Aviación SA de CV.

Visión.

En Mexicana de Aviación se enfrentan los retos sobre base sólida y con una clara conciencia de lo que son y lo que aspiran a ser en el futuro.

Su objetivo está orientado a ocupar una posición única en el sector aéreo por la excelencia y diferenciación de los productos y servicios, el impulso de la innovación, previendo y reafirmando la lealtad de sus clientes y colaboradores. Por lo tanto la visión será la guía que dirija las estrategias y acciones hacia un objetivo común:

Ser la empresa mexicana líder en la industria de la transportación aérea desde el norte hasta el sur de América.

Misión.

En Mexicana de Aviación reconocemos que nuestros clientes tienen motivos poderosos para viajar. En nuestra empresa ayudamos a nuestros clientes a alcanzar sus metas que a través del tiempo los lleven a ser lo que quieren ser. Por ello, el propósito fundamental por el cual la organización existe, permanece y se desarrolla es:

Exceder las expectativas de nuestros clientes con un servicio de transportación aérea

de alta calidad, innovador, seguro y rentable, que contribuya al desarrollo económico y social de nuestra comunidad.

1.3. Antecedentes del Departamento de Embarques y Taller 21.

El Departamento de Embarques y Taller 21 es un área estratégica ya que de ella depende que todos los materiales se encuentren en tiempo y forma en el lugar que se requieren. Embarques y Taller 21 es el principal proveedor del área de Mantenimiento por lo que siempre se trata de elevar las expectativas de éste para lograr que el índice de confiabilidad de las aeronaves de Mexicana sea el mejor y éste a su vez repercuta en el cliente.

El Departamento de Embarques y Taller 21 surge en el momento en el que los talleres internos de Mexicana de Aviación ya no tienen la capacidad instalada para reparar los componentes o por no saber efectuarlo, por lo que se ven en la necesidad de contratar a un proveedor externo de mantenimiento. En un principio el proceso de envío de los componentes a talleres externos se efectuaba de forma aérea a la estación más cercana del taller reparador, por lo que personal de Mexicana se encargaba de rescatarlo y enviarlo a su destino final.

A principios de los años 90's surge el *Hub* logístico en el la frontera con Matamoros y *Brownsville*, USA, que se encargaría de recibir todo el material de exportación y reenviarlo a su destino final. Para ello Mexicana de Aviación contaba con su propia flotilla de camiones para lograr la máxima consolidación de componentes 2 veces a la semana (martes y viernes). Debido a políticas con el Sindicato, enviarlos de manera terrestre y con personal de la empresa no fue redituable en tiempo, dinero y esfuerzo, por lo que se decidió cerrar *Brownsville* y trabajar con el sistema de *outsourcing* con una Agencia Aduanal que se encargaría de recibir y despachar todo el material.

El SPT era igual al doble, para lograr esta reducción se buscó la figura que permitiera ahorro en tiempo y dinero, es decir, usar sus propias aeronaves para el traslado de los componentes a ser reparados.

Con forme fueron pasando los años y se incrementaba la flota, Mexicana de Aviación se vio en la forzosa necesidad de implementar un nuevo *Hub* logístico en la Unión Americana, en el estado de Los Ángeles, CA. (LAX), donde éste iba a tener mejores perspectivas en cuanto al servicio requerido ya que una de las rutas más concurridas para Mexicana de Aviación es MEX-LAX-MEX, lo que ofrecía una enorme ventaja en cuanto a la disponibilidad de los componentes dada la cercanía de los talleres reparadores.

El Departamento de Embarques y Taller 21 se encarga de mandar a todos los diferentes FSC toda clase de componentes, además de surtir a todas las estaciones donde opera Mexicana de materiales técnicos y no técnicos tales como *skydrol*, ruedas de avión, baterías, bitácoras de vuelo, botellas de oxígeno, pacas de trapo, material consumible, etc.

1.4. Funciones principales del Departamento de Embarques y Taller 21.

El área Embarques y Taller 21 es la responsable de recibir y embarcar aquellos componentes que por capacidad en talleres internos no pueden ser reparados en las instalaciones de la Base de Mantenimiento de Mexicana de Aviación SA de CV. Las áreas que envían los componentes son:

- Los talleres internos.
- El departamento de terceros.
- Suministro a estaciones.
- Recepción de producción roja por parte del Almacén de Componentes Rotables.

Una vez recibido el material, cumpliendo con los procedimientos de recepción, se asigna el pedido comercial para que el área de Administración de Rotables elabore el pedido y lo entregue devuelta al Departamento de Embarques y Taller 21 para iniciar con la documentación de traslado, que bien puede ser mediante FEDEX, Aeromexpress, Terrestre, entre otros. Así mismo se embala y se entrega al recolector en los casos de FEDEX. Para el caso de Aeromexpress se entrega la papelería de traslado al departamento de Comercio exterior para posteriormente ser entregado al almacén de Aeromexpress dentro del recinto aduanal (Ver Anexo A, B y C).

El taller 21 es el responsable de:

- Recibir los componentes de almacén Rotables o talleres internos.
- Verificar la condición de los materiales recibidos así como los datos en físico contra los indicados en el sistema.
- Elaborar mediante el sistema *Maxi Merlin* un RAR y la asignación de un Pedido para cada unidad recibida.
- Entregar a Administración Rotables un reporte diario de los RAR recibidos con los respectivos pedidos asignados al RAR, antes de las 10:00 a.m.
- Recibir de Administración Rotables los pedidos de reparación.

- Elaborar reportes diarios de los movimientos que se llevan a cabo dentro del área.
- Elaborar el procedimiento de bajas para aquellos componentes que se encuentren asignados al T21 y llevar un registro de cada uno de ellos. Ver Anexo D.
- Elaborar reportes diarios y mensuales de los movimientos de recepción y envíos a los Talleres reparadores.

El Departamento de Embarques es el responsable de:

- Una vez recibidos los pedidos asignar costos para la declaración aduanal.
- Elaborar la documentación necesaria para el envío de los materiales (elaboración de guía, factura comercial, declaración de material peligroso, etc.).
- Embalar, de acuerdo al manual de la IATA, los materiales, de tal forma que se asegure que no sufrirá ningún daño en su traslado.
- Tomar fotos del material antes, durante y después del embalaje para corroborar su estado físico antes de su envío.
- Para el caso de FEDEX debe tener listo el material antes de las 16:50 hrs. para su recolección.
- Para el caso de Aeromexpress, el almacenista debe elaborar y turnar al área de comercio exterior el listado del Express turnado para el pago aduanal y esperar la notificación de dicha área para cargar la flota e ingresar el material al almacén de Aeromexpress.
- Para el caso de envío por trailer el área de embarques debe llevar a carpintería el material así como también cargarlo al trailer y elaborar la documentación necesaria.
- Una vez enviado el material, por cualquier medio, el área de embarques es responsable de llevar un registro de los envíos.
- Cargar las guías de los envíos en el sistema Maxi Merlín.

1.5. Políticas del Departamento de Embarques.

1.-El área de Embarques y Taller 21 decidirá el transportista a contratar para el envío de los materiales. Esta decisión estará sujeta a los convenios establecidos con los talleres reparadores, convenios con los transportistas y/o condición de envío del material.

2.-Todo componente electrónico y/o hidráulico que sea recibido en el área deberá estar

acompañado con su tarjeta roja de seguimiento que indica que se encuentra fuera de servicio. Así mismo para el caso de los componentes hidráulicos serán recibidos debidamente drenados de combustible u otro líquido inflamable, con sus respectivos tapones y placa de identificación. En el caso de los electrónicos serán recibidos con su protección antiestática o en su efecto con sus respectivos tapones.

3.-Está prohibido transportar material que represente riesgos a la seguridad aérea (establecidos en el manual de mercancías peligrosas, IATA). Ver anexo E.

4.-Todo embarque deberá apegarse a las políticas y reglamentos establecidos en el manual de la IATA.

5.-Todo embarque de material que requiera información adicional sobre su tipo de uso, composición u otras especificaciones para su envío deberán ser proporcionadas por el solicitante.

6.-Para el caso de traslado de materiales clasificados como peligrosos se deberá de elaborar la declaración *DG* conforme a lo estipulado por el manual de la IATA (Ver anexo E).

7.-Para el traslado de materiales es necesario formatos especiales, debido a que los embarques internacionales se realizan con diversos transportistas y a diferentes solicitudes se tratará de precisar en los eventos con mayor frecuencia en el área de embarques.

Capítulo II. Qué es *Lean Manufacturing*.

2.1. Antecedentes e historia de *Lean Manufacturing*².

La mayoría de la gente entiende que los conceptos y las prácticas de *Lean Manufacturing* fueron desarrollados para el sistema de producción Toyota. Esto es correcto, sin embargo los conceptos de *Lean Manufacturing* fueron usados por otros sistemas antes de Toyota. Los fabricantes de Ford usaron conceptos similares para fabricar su modelo T. La idea de Henry Ford sobre líneas continuas de ensamblaje y sistemas de flujo son considerados como conceptos importantes de *Lean Manufacturing*.

El *Ford Production System* decayó eventualmente con el tiempo debido a problemas inherentes al sistema. La mala actitud hacia los trabajadores y la inflexibilidad del sistema fueron factores principales en el sistema Ford.

El siguiente paso de esta revolución de la manufactura comenzó en Japón, con la familia Toyoda, cuando cambiaron la maquinaria de fabricación textil por maquinaria de fabricación automotriz. A finales de los años 40's, la industria japonesa colapsó y la economía se vio afectada por la Segunda Guerra Mundial. Además, los fabricantes japoneses tuvieron muchos problemas tales como: fuentes limitadas de materias primas, movimientos obreros, y disponibilidad limitada de capital, entre otros. Mientras tanto, los fabricantes de automóviles tenían otro problema ya que no podían competir con las fuerzas ya existentes (aunque en decadencia) de occidente. Especialmente algunos como Ford, simplemente eran superiores a fabricantes pequeños como Toyota. Así que los empresarios japoneses tuvieron que producir para los mercados locales, los cuales eran diversificados y pequeños.

Enfrentada a estos retos, Toyota asignó la tarea de hacer un sistema que soportara estas condiciones a Taiichi Ohno. Él junto con su colega Shingo crearon un sistema de manufactura para las próximas tres décadas, que es conocido como TPS. Las raíces de este sistema estaban claramente ligadas al sistema de Ford. De hecho todos los gerentes en Toyota afirmaban conocer el sistema Ford.

Afortunadamente, ellos no copiaron simplemente el sistema Ford, sino que entendieron las ventajas y desventajas del sistema. Aplicaron las ventajas a su sistema, mientras que eliminaron los problemas. Este método de fabricación recibió influencias de los movimientos de calidad en Estados

² BENJAMIN CORIAT. Pensar al Revés. Trabajo y Organización de la Empresa Japonesa, editorial Sigo XXI, 1992.

Unidos de América especialmente de gente como Juran y Deming.

Desde mediados de los 40's hasta los 70's, el TPS fue mejorado continuamente y estaba funcionando muy bien. Con los problemas económicos que Japón enfrentó en 1974, varias compañías japonesas tuvieron pérdidas económicas, sin embargo Toyota continuó siendo exitosa, lo cual provocó que varios fabricantes japoneses se fijaran en este sistema como una alternativa a sus problemas y el TPS comenzó a ganar popularidad dentro de Japón.

Los fabricantes estadounidenses se preguntaban sobre el crecimiento de la industria japonesa. Norman Bodek es el primero en publicar el trabajo de Ohno y Shingo en inglés. Esto hizo que los empresarios estadounidenses se percataran de *Lean Manufacturing*.

"*Lean*" se convirtió en una palabra de moda en la industria manufacturera. Para mediados de los 90's bastantes fabricantes estadounidenses ya usaban este sistema con buenos resultados.

Hoy, *Lean Manufacturing* ha comenzado el próximo paso en su desarrollo. Los fabricantes esbeltos se están convirtiendo en empresas esbeltas. *Lean Manufacturing* se expande de las premisas de fábrica a todos los pilares, incluyendo a proveedores, clientes y todas las partes que tienen influencia. Los conceptos de empresa esbelta se enfocan a toda la cadena de fabricación para obtener el mejor valor posible del esfuerzo colectivo.

Los conceptos de *Lean Manufacturing* se han desarrollado durante las últimas cinco o seis décadas, principalmente en Japón en especial para el sistema de producción Toyota. Estos conceptos fueron puestos a prueba durante muchos años y han pasado la prueba del tiempo fácilmente.

Lean Manufacturing revolucionó el proceso de manufactura. No fue simplemente un buen enfoque de los procesos de manufactura existentes. Estas técnicas de manufactura son conceptualmente diferentes del proceso tradicional. Por ejemplo, la manufactura tradicional se basa en inventarios, pero *Lean Manufacturing* cuestiona el rol del inventario y lo define como un desperdicio en si mismo y también como el reflejo de las imperfecciones que tiene un sistema. El ejemplo anterior muestra la diferencia conceptual entre el sistema de manufactura tradicional y el sistema de *Lean Manufacturing*.

Para la correcta comprensión del sistema, parece indispensable recordar, los grandes acontecimientos que marcaron su elaboración y terminación. "La creación, la innovación siempre nace de la necesidad. Buscar la "necesidad" o, mejor dicho, el conjunto de limitaciones, pero

también de oportunidades, que determinaron esta acumulación particular de conocimientos prácticos sobre la organización que constituye el método Toyota”

Por lo tanto se debe partir de algunos puntos de referencia cronológicos e históricos, es decir, un panorama cronológico: las cuatro fases y momentos clave de la concepción del sistema Toyota.

Se pueden distinguir las siguientes fases, casi sucesivas en la formación del método *ohni*ano.

Fase 1 (1947-1950): Importación a la industria automotriz de las innovaciones técnico-organizativas heredadas de la experiencia textil.

De 1947 a 1950: se realizan las primeras innovaciones en la organización que tienen por objeto introducir la "autonomatización" en la industria automotriz: al iniciar la producción automotriz, Toyota no hace más que aprovechar el capital de conocimiento práctico adquirido en la rama textil, esfera inicial de actividad de la sociedad. Sin embargo, la innovación introducida (que consiste en confiar a un mismo obrero el manejo y la administración simultáneos de varias máquinas) requiere a la vez una organización y una adaptación del espacio de las plantas totalmente distinta, así como otro modo de consumo de la fuerza de trabajo, esas primeras innovaciones no dejaron de suscitar una intensa actividad de resistencia por parte de los obreros calificados japoneses.

Fase 2: El impacto de los años 1949-1950 y su significación: aumentar la producción sin aumentar los efectivos.

Los años 1949-1950 constituyen por sí mismos un momento fundamental en la historia del sistema así como en la historia de la empresa automotriz en su conjunto. Tres series de acontecimientos clave se suceden en el transcurso de este breve período.

El primer acontecimiento tiene lugar durante 1949: consiste en una crisis financiera muy grave de la sociedad que la lleva al borde de la quiebra. Ésta sólo se evitaría a costa de la instauración de un drástico plan impuesto por un grupo bancario.

Ante todo, estalla una huelga de enorme importancia (en parte vinculada a las reestructuraciones impuestas por el grupo bancario ya mencionado), huelga que terminara con el despido de unos 160 obreros y la dimisión del presidente fundador, Kiichiro Toyodi.

Apenas terminada la huelga que ha desangrado a la fábrica de una parte importante de su personal, se desencadena la guerra de Corea. La consecuencia es que se hacen pedidos masivos a

Toyota, que hasta entonces se restringía, muy a su pesar, a la producción en pequeño volumen.

Esta situación paradójica de solicitud de pedidos en un momento en el que la fábrica acaba de despedir a gran parte de su personal, conducirá a soluciones originales e innovadoras. La empresa se ve forzada a buscar los medios para aumentar vigorosamente su oferta de productos sin tener que recurrir a la contratación, pues acaba de hacer un drástico despido y por ello no puede aumentar su personal sin quedar en ridículo.

Fase 3 (los años cincuenta): La importación a la fabricación automotriz de las técnicas de gestión de las existencias en los supermercados estadounidenses: nacimiento del *Kanban*.

Los años cincuenta y el comienzo de los sesenta son en los que se introduce el método *Kanban*. Éste resultará de la coincidencia de dos acontecimientos. Todo comenzó cuando el presidente fundador formuló esta reflexión con respecto a sus pesquisas sobre los métodos estadounidenses: "Lo ideal sería producir justo lo necesario y hacerlo justo a tiempo". Esta reflexión, la confía a Ohno, a quien le causó una fortísima impresión, encontrará una especie de primera realización en la observación del sistema de reabastecimiento de los supermercados, técnica que se presenta en ese entonces como una innovación en la organización de gran importancia en el sector comercial. La inteligencia histórica de Ohno consistió en imaginar la ventaja que se podía obtener de esta innovación, nacida y desarrollada en el sector comercial, trasplantándola al de la producción.

Según Ohno, y a pesar de numerosas y vivas resistencias tanto de los mandos intermedios como del *rank and file* de la sociedad, el sistema se extenderá progresivamente del departamento de ensamblado de la fábrica principal (uno de los dos grandes departamentos con los que la fábrica cuenta en aquel entonces) a la nueva fábrica de Motomachi (de la que Ohno es director en 1959), antes de abarcar enteramente la fábrica principal (también allí en cuanto Ohno es director en 1962). Al parecer, en 1962 la parte esencial de los establecimientos Toyota funciona según el método *Kanban*.

Fase 4: Extensión del método *Kanban* a los subcontratistas.

De 1962 a después de 1973 el esfuerzo se dirige a los subcontratistas y abastecedores, al tiempo que el sistema sufre numerosos desarrollos y perfeccionamientos internamente. Se debe recordar que tras el impacto petrolero de 1978, Japón enfrenta un período que creía ya caduco: el del crecimiento lento (e incluso crecimiento negativo). Situación, en la que el método Ohno hace maravillas, pues se concibió desde su origen para enfrentar situaciones de búsqueda de ganancias de productividad a falta de incremento de dimensiones y de economías de escala.

2.2. Filosofía *Lean Manufacturing*³.

Frente al implacable ataque de la competencia mundial, la industria no debe decidir si debe cambiar, sino cómo debe ser ese cambio. Dejar las cosas como están es una opción fatal, pudiendo sólo elegir entre controlar el propio cambio o permitir que lo controle la competencia. Naturalmente que el sistema *Lean Manufacturing* no es lo único que necesita una empresa para competir, pero es ya evidente que nadie seguirá siendo competitivo por mucho tiempo sin las posibilidades de avance que dicho sistema ofrece. No importa cuán elevado sea el desempeño actual, cualquier disminución en el esfuerzo dará como resultado pérdida en la posición, por tal motivo la mejora continua es un imperativo presente en los negocios, y debe ser buscado con vigor.

Empresas líderes de todo el mundo han adoptado ésta nueva filosofía de gestión, dando lugar a unos avances extraordinarios en materia de calidad, agilidad en las entregas y costos.

Una excelente forma de comprender las posibilidades del sistema *Lean Manufacturing* es imaginar un oleoducto que recorra toda la fábrica. En uno de los extremos pagamos a nuestros proveedores el material que entra en el oleoducto. En el otro extremo, nuestros clientes nos pagan los productos que les enviamos. Nuestro objetivo es reducir el plazo entre el pago, en un extremo, y el cobro, en el otro. Por tanto, necesitamos mover el material a lo largo del oleoducto con mayor rapidez. Un oleoducto grueso nos permitirá hacer envíos, pero lentamente. Con un oleoducto más delgado podemos conseguir la misma tasa de envíos si aceleramos la velocidad de flujo en su interior. Si nuestro plazo de producción es menor, podremos además responder mejor a los cambios que se originen en el mercado.

Lean Manufacturing es una extensión del concepto original de la administración del flujo de materiales para reducir los niveles de inventario. Sin embargo, existen muchas más cosas involucradas en una empresa de manufactura, además de reducir los inventarios para obtener el control de los costos. La manufactura tiene que ver con otros asuntos, como la regulación del proceso, el nivel de automatización, la manufactura flexible, el establecimiento de tiempos de arranque para maquinaria, la productividad de la mano de obra directa, los gastos de administración, la administración de los proveedores, el soporte de ingeniería y la calidad del producto que debe ser entregado a los clientes.

La empresa moderna de manufactura debe manejar eficientemente estas cuestiones con el

³ BENJAMIN CORIAT. Pensar al Revés. Trabajo y Organización de la Empresa Japonesa, editorial Sigo XXI, 1992

objeto de operar los departamentos de una manera ligera, productiva y con orientación hacia la calidad.

La manufactura ya no es una cuestión de carácter local. Los adelantos en la comunicación y el transporte han disminuido enormemente las distancias de nuestro mundo, y la manufactura debe considerarse ahora como un asunto de índole mundial. Así pues, para mantener su ventaja competitiva, las empresas comprometidas deben hacer frente a la dificultad de abatir los costos y mejorar sus niveles de calidad. Una manera de hacer ello factible es reduciendo los desembolsos en cuanto a los materiales y la mano de obra requeridos para generar el producto. Estos son los factores evidentes que, en general, se consideran, pero no reflejan la totalidad de la situación. Incluidos en la ecuación de los costos deberían estar los de administración asociados con el proceso de integración de un producto, ya que inclinan la balanza hacia un lado particular de la implantación.

Es sumamente importante utilizar en la manufactura la estrategia adecuada. La mayoría de las empresas cuentan con una estrategia de producto y con varias estrategias de ventas y mercadotecnia, pero son demasiado pobres en lo que respecta a la estrategia de manufactura. Fracasan cuando desarrollan un producto, lo introducen al mercado y enfrentan a la competencia, porque su costo es muy elevado, porque no pueden producir el volumen requerido o porque sus niveles de calidad no son aceptables.

Los productos elaborados en una empresa de manufactura llevan implícitas tres variables de costos: materiales, mano de obra y costos administrativos. La de materiales está integrada por los costos de los materiales utilizados en la elaboración del producto. La mano de obra son las horas invertidas en el ensamble y prueba del producto. La de administración incluye el costo de la elaboración, los pagos a los bancos por concepto de intereses por los equipos adquiridos para elaborar el producto, y los costos del dinero invertido en el inventario. Con unas cuantas excepciones, el contenido de materiales en el producto es la parte más importante del costo del mismo. El siguiente es el administrativo, y el menor de los tres, el de la mano de obra. En la manufactura, las tres variables deben ser administradas con objeto de obtener el costo más bajo sin comprometer la calidad de los productos entregados a los consumidores. *Lean Manufacturing* da un enfoque semejante a las tres variables: las entiende y disminuye los costos al utilizar el sentido común, y procedimientos sencillos; de esta manera, corta de tajo todo aquello que no es necesario.

Lean manufacturing es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los 7 tipos de desperdicios (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario,

movimiento y defectos) en productos manufacturados y de servicio. Eliminando el despilfarro, la calidad mejora y el tiempo de producción y el costo se reducen. Las herramientas "*lean*" (en inglés, "sin grasa") incluyen procesos continuos de análisis (*kaizen*), "*pull production*" (en el sentido de *Kanban*), y elementos y procesos *Poka Yoke*.

Los principios clave del *Lean manufacturing* son:

- Calidad perfecta a la primera: búsqueda de cero defectos, y detección y solución de los problemas en su origen.
- Minimización del despilfarro: eliminación de todas las actividades que no son de valor agregado, optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).
- Mejora continua: reducción de costos, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.
- Procesos "*pull*"(jalar): los productos son jalados (en el sentido de solicitados) por el cliente final, no empujados por el final de la producción.
- Flexibilidad: producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costos y la información.

Lean es básicamente todo lo concerniente a obtener las cosas correctas en el lugar correcto, en el momento correcto, en la cantidad correcta, minimizando el despilfarro, siendo flexible y estando abierto al cambio.

Ventaja competitiva.

La elaboración de una estrategia competitiva a nivel de negocio supone definir aquella o aquellas variables en que se quiere ser superior a la competencia y que hacen que los clientes compren nuestros productos y/o servicios y no los de aquella. Podemos enumerar cinco variables que servirán de base para conseguir esa ventaja competitiva: coste, calidad, servicio, flexibilidad e innovación.

- **Costo:** consiguiendo colocar en el mercado productos de bajo costo unitario fabricándolos, por ejemplo, con sistemas de producción y distribución altamente productivos, invirtiendo en equipos especializados que permitan la producción en masa.

- **Calidad:** mediante el diseño de productos fiables y fabricando artículos sin defectos. Llegando a conseguir el binomio marca-calidad. (Toyota en automóviles, Minolta en máquinas fotográficas, Seiko en relojes).
- **Servicio:** asegurando los compromisos de entrega de los productos tanto en cantidad como en fecha y precio. Dando unos niveles de asistencia post-venta adecuados.
- **Flexibilidad:** siendo capaces de adaptarse a las variaciones de la demanda, a los cambios en el mercado, en la tecnología, modificando los productos o los volúmenes de producción.
- **Innovación:** desarrollando nuevos productos, nuevas tecnologías de producción, nuevos sistemas de gestión.

Cada empresa debe decidir con qué variable quiere competir en el mercado, en qué quiere ser superior a la competencia. En base a esta decisión se deberán articular las demás decisiones que se tomen en el área de producción, y que constituirán la estrategia de producción de la empresa.

Se debe tener en cuenta además, que las variables elegidas para conseguir la ventaja competitiva van ligadas al ciclo de vida del producto, es decir, la forma de competir dependerá de cual sea la fase en que se encuentre el producto en su evolución. Así, mientras que en la fase de crecimiento son claves para adquirir ventaja competitiva la calidad y el servicio, en la fase de declive es clave el precio del producto.

Una vez establecidas las variables con las que una empresa puede competir en el mercado para conseguir que sus productos sean los preferidos por los consumidores, todas las decisiones que se tomen en producción, deberán estar de acuerdo con ellas. Este conjunto de decisiones constituye lo que se denomina **estrategia de producción**.

2.3. *Lean Manufacturing*, una nueva filosofía.

El Espíritu Toyota

En la descripción que Ohno da de sus propias innovaciones y por lo tanto de su contribución, insiste siempre en dos puntos. El método Toyota es, la combinación de dos principios (que él mismo designa como los dos "pilares" sobre los que descansa el edificio). Estos pilares son, según los propios términos del maestro japonés:

1. La producción Justo a Tiempo (JIT).
2. La automatización de la producción con un toque humano.

El funcionamiento de esta filosofía se explica a través de La Casa de Producción Esbelta de la Figura 2.1.



Figura 2.1. La casa de la producción esbelta
(Fuente: The Toyota Way, Jeffrey K. Liker)

En japonés, Jidoka (autonomatización) tiene dos significados y se escribe con dos ideogramas diferentes (Figura 2.2.). Uno de ellos significa automatización en el sentido usual: el cambio de un proceso manual a uno mecanizado. Mediante este tipo de automatización, la máquina opera por sí misma desde que se pulsa un interruptor, pero no tiene un mecanismo de retroalimentación que detecte errores ni posee mecanismos para detener el proceso si sucede algún tipo de funcionamiento defectuoso. Este tipo de automatización que podría conducir a un gran número de piezas defectuosas en caso de mal funcionamiento de la máquina, se considera insatisfactorio.

$$\text{Jidoka} = \left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ 自動化} = \text{automatización} \\ 2. \text{ 自働化} = \text{control autónomo} \end{array} \right.$$

Figura 2.2. Dos significados de Jidoka
(Fuente: The Toyota Way, Jeffrey K. Liker)

El segundo significado de Jidoka es "control automático de defectos", significado elegido por Toyota. Para distinguir entre ambos significados de Jidoka, Toyota suele referirse al segundo tipo

como *Ninbennoaru Jidoka* o, traducido literalmente, "automatización con mente humana" (autonomatización).

Aunque a menudo el autocontrol se refiere a ambos tipos, no se limita a los procesos mecanizados, sino que puede utilizarse también en relación con las operaciones manuales. En todo caso, es predominantemente una técnica para detectar y corregir defectos de la producción e incorpora siempre los elementos siguientes: un mecanismo que detecta las anomalías o defectos; y un mecanismo que detiene la línea o la máquina cuando suceden anomalías o defectos. En resumen, el autocontrol comprende siempre en Toyota el control de calidad, puesto que hace imposible que las piezas defectuosas pasen inadvertidas en la línea. Al ocurrir un defecto, la línea se detiene, forzando a una atención inmediata al problema, una investigación sobre sus causas y el inicio de acciones correctivas para prevenir una nueva aparición de defectos similares. El autocontrol tiene por lo demás otros componentes y efectos importantes: reducción de costos, producción adaptable, y aumento del respeto a la dimensión humana.

El fundamento del Sistema *Lean* es estabilidad y estandarización. Las paredes son entrega de partes o productos Justo a Tiempo y Jidoka o autonomatización con una mente humana. El objetivo o meta (el tejado) del Sistema *Lean* es el enfoque al cliente: para entregar la más alta calidad, al menor costo, con el menor tiempo de entrega. El corazón de *Lean* es integridad: miembros de equipos flexibles, motivados, que buscan continuamente una mejor manera de hacer las cosas. Para observar las actividades y herramientas involucradas en cada elemento de la casa se muestra la Figura 2.3.



Figura 2.3. Actividades de *Lean*.
(Fuente: The Toyota Way, Jeffrey K. Liker)

El sistema Toyota tuvo su origen en la necesidad particular en que se encontró Japón de producir pequeñas cantidades de muchos modelos de productos; más tarde, aquél evolucionó para convertirse en un verdadero sistema de producción. A causa de su origen, este sistema es fundamentalmente competitivo en la diversificación. Mientras el sistema clásico de producción planificada en serie es relativamente refractario al cambio, el sistema Toyota, por el contrario, resulta ser muy elástico; se adapta bien a las condiciones de diversificación más difíciles. Y así es porque fue concebido para ello.⁴

Para Ohno, la esencia del sistema consiste en concebir un sistema adaptado a la producción de volúmenes limitados de productos diferenciados y variados.

Así pues, desde el principio se trata de lo contrario, del "revés" del sistema concebido pocas décadas antes en el noreste de Estados Unidos por predecesores de Ohno: Taylor y Ford. Ohno piensa explícitamente tanto en la continuidad como en la diferencia con respecto a los predecesores estadounidenses cuando caracteriza, por ejemplo, el método estadounidense:

“ . . . como un método de reducción de costos por medio de la producción de automóviles en cantidades constantemente crecientes y en una variedad cada vez, más restringida de modelos. . . ”

Para contraponer palabra por palabra el método desarrollado en Toyota y que consiste en:

“ . . . fabricar a buen precio pequeños volúmenes de muchos modelos diferentes. . . ”

Grandes volúmenes de productos rigurosamente idénticos contra volúmenes limitados de productos diferenciados es, en pocas palabras, el núcleo de la oposición central, fundadora, entre los dos métodos, y por tanto, también la especificidad y la singularidad de la intención que presidió la formación del método Toyota.

Se debe pensar, no en la producción de gran volumen sino de pequeño; no en la estandarización y la uniformidad del producto, sino en su diferencia, su variedad, este es el "espíritu Toyota"

A partir de la que se analiza, de la producción nacerán dos descubrimientos:

⁴ BENJAMIN CORIAT. Pensar al Revés. Trabajo y Organización de la Empresa Japonesa, editorial Sigo XXI, 1992

A) La "fábrica mínima".

Ohno sostiene que detrás de las existencias está el "sobre efectivo", el exceso de hombres empleados en relación con el nivel de la demanda solvente.

Así mismo, y necesariamente si las existencias son permanentes, detrás de las existencias está el sobre equipo. Así pues, primer descubrimiento de principio: partir de las existencias y de los insumos generados por la producción, se indican las vías y los puntos de aplicación en los que se puede obtener ganancias de productividad: eliminando las existencias también se elimina el exceso de personal y de equipo.

De esta manera se define a "la fábrica mínima", como la fábrica reducida a las funciones, los equipos y el personal estrictamente requeridos para satisfacer la demanda diaria o semanal. Con la precisión también de que, en el espíritu de Ohno, la fábrica mínima es primero y ante la fábrica con "efectivo mínimo"

Ohno es perfectamente claro al respecto, dice:

"En Toyota, el concepto de economía es indisociable de la búsqueda de "reducción de los efectivos" y de la "reducción de costos". En efecto, se considera que la reducción de personal es un medio para realizar la reducción de costos, que sin duda es una condición esencial para la supervivencia y el crecimiento de un negocio".

Ohno contrasta con las recomendaciones de la escuela estadounidense, cuando asegura:

Hay dos maneras de incrementar la productividad: Una es incrementar las cantidades producidas, la otra es reducir el personal de producción. La primera es evidentemente la más popular. También es la más fácil. La otra, en efecto, es repensar la organización del trabajo en todos sus detalles.

Además es importante resaltar que esta "fábrica mínima" deberá también ser necesariamente una fábrica "flexible", capaz de absorber con un efectivo reducido las fluctuaciones cuantitativas o cualitativas de la demanda.

Así pues, Ohno va a buscar la productividad ya no en la gran serie sino en la flexibilidad del trabajo, en la asignación de las operaciones de fabricación, oponiéndose así a las facilidades de la producción en serie con existencias en cada intervalo.

El segundo descubrimiento de Ohno está directamente relacionado con el anterior y se obtiene por generalización del método de "gestión de existencias": se trata del método *visual Management*.

B) *Visual Management.*

En efecto, a partir de que lo que se impulsa en la fábrica mínima, hay que estar en condiciones de deshacerse de todo lo superfluo. Según esta perspectiva, surge el imperativo de concebir una organización general de la producción que permita sacar a la superficie, hacer "visibles" en sentido estricto, todas las clases posibles de "grasa", todo aquello de lo que se puede aligerar a la fábrica, todo lo que no es imperativamente necesario para la entrega de los productos vendidos. "Dirigir con los ojos", dice Ohno, es uno de los fundamentos del método Toyota.

En cada puesto de trabajo se ponen de manifiesto los estándares operativos. Basta con alzar la mirada para ver el tablero indicador, denominado *Andón*, en el que se informa sobre el estado de la línea y los problemas que eventualmente surgen. Además hay tableros luminosos colocados sobre cada sección de línea de producción, que se encienden si alguno de los operadores de la línea tropieza con cualquier dificultad que perturbe el desarrollo común y programado de la producción.

-  Luz naranja si se solicita ayuda.
-  Luz roja si hay que detener la línea.

De esta manera, los supervisores disponen en cada momento de las informaciones clave que necesitan para garantizar que el flujo de producción se desarrolle sin tropiezos mayores.

En suma, mediante la adición y combinación del método de "La Fábrica mínima" y del de la "Dirección a ojo", termina por formarse un nuevo tipo de fábrica: la fábrica "delgada", transparente y flexible, en la que la "delgadez" está garantizada y mantenida por la transparencia, y la flexibilidad garantiza el mantenimiento de la delgadez. Aquí se abre una vía particular de racionalización: las economías y las ganancias de productividad se buscan constantemente "en el interior" más que en extensión, como sucede en la fábrica fordiana. En la que se sigue haciendo esfuerzos por movilizar los efectos de producción en serie y las economías de escala, aceptando como una fatalidad los problemas de funcionamiento y los sobre costos que ésta también genera.

La fábrica ohniana se opone así a la fábrica fordiana, que en contraste puede calificarse como una fábrica "gorda", y cuya flexibilidad relativa se debe precisamente a esa "grasa"

permanentemente acumulada a lo largo de las líneas de producción, en los almacenes y los depósitos, y que realimenta permanentemente la producción en serie y el gastado paradigma de productividad según el cual la velocidad de operación del obrero individual en su puesto es la que rige la eficacia de conjunto del sistema.

2.4. Cómo se ve *Lean Manufacturing* en México⁵.

La amplia competencia manufacturera en México, el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos, los estándares de calidad y la competencia Asiática son sólo algunos de los factores que demandan un mayor desempeño en el mercado industrial manufacturero en nuestro país, sin pasar por alto que en la actualidad los clientes establecen sus requerimientos por contratos, incluyendo cláusulas de penalización con cargos monetarios por incumplimiento en tiempo de entregas, variedades de mercancías, calidad y confiabilidad.

En la actualidad los clientes demandan un servicio a tiempo en la entrega de componentes o materias primas, es decir los clientes ya no cuentan con el tiempo de inspeccionar sus mercancías, además de que no pretenden hacerlo ya que lo consideran como responsabilidad de los proveedores, no olvidando que las inspecciones de los productos generan altísimos costos.

Por esta situación es que los clientes en la actualidad buscan respaldos de sus proveedores que puedan garantizar que los productos que entregan se apegan completamente a sus necesidades, lo que se ha transformado en la adopción de estándares de calidad tales como ISO 9000, mismo que en primera instancia les permite estandarizar sus operaciones y proporcionar productos y servicios en forma consistente, poniendo como primer instancia la satisfacción del cliente con mejora continua y su implantación tendrá el objetivo de mejorar su posición competitiva.

Algunos de los problemas a que se puede enfrentar una empresa es fundamentalmente a la poca flexibilidad para realizar cambios operativos, a la burocracia organizacional que origina una lentitud en la toma de decisiones, a la conservación de grandes inventarios que incrementan considerablemente los costos de operación, o bien se cuenta con actividades que no agregan valor al producto; es decir para lograr una flexibilidad en el área operacional, es necesario rediseñar las operaciones de manera que la empresa pueda ser flexible.

Una de las opciones que en la actualidad se ha comprobado que se obtienen buenos resultados a mediano plazo es la adopción de *Lean Manufacturing* por algunas empresas mexicanas, siendo las empresas transnacionales las que han puesto a prueba este sistema de

⁵ *Lean* En México. Texto tomado de Sistema de Información Empresarial Mexicano www.canacina.com.mx

trabajo debido a su “simplicidad”, ya que utiliza el sentido común y trabajo en equipo.

En la actualidad existen alrededor de 576 218 microempresas, 36,395 pequeñas empresas, 10,956 medianas y por último 5,807 grandes empresas, todas divididas por los sectores manufactureros, comercial y de servicio. Es importante mencionar que en México el 97.33% del total de las empresas corresponden a la micro y pequeña empresa, quedando de esta manera el 2.66% para la mediana y grande empresa⁶. Este indicador nos da una radiografía del como se comporta el mercado empresarial en México, es decir el desarrollo industrial, comercial y de servicios está marcado por el desarrollo de las micro y pequeñas empresas, por eso es importante implantar sistemas de trabajo que permitan tener un óptimo desarrollo para el fortalecimiento del sector empresarial en México, la finalidad es encontrar el punto exacto en el cual la empresa crezca, no en tamaño, sino más bien con un enfoque de crecimiento dirigido al cliente, lo cual implicará una optimización de los recursos, flexibilidad en sus líneas de trabajo, así como una respuesta efectiva en la entrega de sus bienes.

⁶ <http://www.contactopyme.gob.mx>

Capítulo III. Herramientas de Lean Manufacturing.

3.1. Flujo.

Concepto e importancia del Flujo.

Algunas organizaciones han experimentado sus mejores ahorros como resultado del cambio de un proceso de lote a un proceso de Flujo de una Pieza. Un sistema donde los productos/los materiales o las transacciones/los servicios se realizan una a la vez, a través de una serie de operaciones, esto se conoce como Flujo de una Pieza y es una técnica de *Lean Manufacturing* basada en los principios de entregas Justo a tiempo. Sin embargo en ocasiones no es económicamente práctico o físicamente posible producir de esta manera. Cuando se tienen estas limitantes, el tamaño de lote se debe reducir lo más posible.

Cuando se utilizan procesos de lote, grandes sumas de dinero están retenidas en el trabajo en proceso y el inventario almacenado. Por lo que el Flujo de una Pieza reduce el tiempo de respuesta y el costo del producto al manejar inventarios mínimos de material en un proceso de producción con cargas balanceadas entre cada una de las estaciones de trabajo las cuales manufacturan cantidades menores de producto por ciclo e incluso en el mejor de los casos se producen de una unidad en una dependiendo mayormente de cantidades que sean múltiplos del tamaño de empaque o del requerimiento del cliente.

Cuando ocurren errores o defectos en el proceso de lote, la reparación o el reemplazo pueden ser muy costosos, sin embargo con el proceso de Flujo de una Pieza, solamente una o pocas piezas necesitarán ser reparadas o reemplazadas cuando se descubre el defecto. A veces se desechan o se venden como chatarra lotes enteros porque alguien no detectó el defecto a tiempo o solamente se inspeccionó al principio o al final de la corrida.

El Flujo de una Pieza se presta para el uso de dispositivos de inspección en proceso o inspección de origen para cada artículo que pasa por el proceso (véase Poka-Yoke). El establecimiento de un sistema "jalar" requiere que el proceso anterior no suministre material o productos al proceso siguiente hasta que se necesite. Los trabajadores tienen que estar capacitados para saber que no hay problema si tienen que esperar con la producción de una parte hasta que se necesite. Esta metodología expone cuellos de botella potenciales en todo el proceso, los cuales son blancos excelentes para la mejora continua o para Procesos de Mejora Rápida.

En muchas ocasiones productos en buen estado se vuelven defectuosos cuando se mueven

en lotes o se dañan mientras están en espera de que se complete el lote. Las prácticas del Flujo de una Pieza liberan el flujo de efectivo crítico mientras que incrementan la rotación del inventario.

En los procesos de producción que utilizan sistemas de flujo de una sola pieza, el material fluye en base a disparos de señales de reabastecimiento la cual indica que una unidad terminada e inspeccionada como aceptable de la estación anterior debe ser entregada; esa misma dinámica se ejecuta desde la demanda del cliente hasta el ordenamiento de la materia prima, pasando por cada una de las diferentes etapas del proceso.

Las reglas principales para el establecimiento de un sistema de producción con flujo de una sola pieza son las siguientes⁷:

1. El ritmo *Takt time* es definido con base a la demanda del cliente.
2. Sólo se produce la cantidad requerida por el cliente.
3. Cada etapa del proceso debe ser capaz de realizar las siguientes tres actividades como parte de su ciclo normal de trabajo:
 - Inspección de entrada del producto.
 - Manufactura del material, de acuerdo a las especificaciones del cliente.
 - Inspección de salida o entrega.

Cada etapa del proceso debe ser capaz de entregar material, sólo cuando la etapa subsecuente lo requiera (jalón) a través de sistemas de reabastecimiento tipo *Kanban*.

Jalar.

En un proceso de producción en línea sencilla, el cual consiste en que un producto en proceso no sea pasado a la operación siguiente hasta que ésta se libere, es decir, cada operación estira el material que necesita de la operación anterior, de esta manera sólo se produce lo que se demanda, evitando los cuellos de botella. El sistema de Jalar la producción equilibra las actividades de una línea de producción y no genera inventarios en procesos. La orientación Jalar es acompañada por un sistema simple como el *Kanban*.

Es importante mencionar que en el sistema Jalar las referencias de producción provienen del

⁷ <http://sigmaingenieria.com/1pieza.htm> (Julio 2009)

precedente centro de trabajo. Entonces la estación de trabajo precedente dispone de la cantidad exacta para sacar las partes disponibles a ensamblar o agregar al producto. Esta orientación significa comenzar desde el final de la cadena de ensamble e ir hacia atrás, es decir, a todos los componentes de la cadena productiva, incluyendo proveedores y vendedores. De acuerdo a esta orientación una orden es disparada por la necesidad de la siguiente estación de trabajo y no es un artículo innecesariamente producido.

La necesidad de un inventario para el trabajo en proceso se ve reducida por el empalme ajustado de la etapa de fabricación. Esta reducción ayuda a sacar a la luz cualquier pérdida de tiempo o de material, el uso de refacciones defectuosas y la operación indebida del equipo.

El sistema de jalar permite:

- Reducir inventario, y por lo tanto, poner al descubierto los problemas.
- Hacer sólo lo necesario facilitando el control del proceso.
- Minimiza el inventario en proceso.
- Maximiza la velocidad de retroalimentación de información.
- Minimiza el tiempo de entrega del producto terminado.

Empujar.

Para cumplir con su producción programada, en flujos ininterrumpidos, el sistema de empuje hace hincapié en equilibrar las líneas de ensamble prediseñadas y relativamente fijas que utilizan máquinas especializadas, con altas capacidades de producción. Basándose en el uso del sistema tipo Empujar, asegura que la producción no exceda de las necesidades inmediatas, reduciendo así el producto en curso y los niveles de existencias, al mismo tiempo que disminuye los plazos de fabricación. Aprovechando existencias considerables de productos en proceso, las que entre las etapas facilitan la producción ininterrumpida, una vez que ésta se ha iniciado en los departamentos. El equipo de manejo de materiales debe movilizar partes y componentes hacia las áreas de trabajo desde los departamentos de aprovisionamiento o almacenamiento, cuando han sido programados por el personal que controla los materiales. Los trabajadores en las estaciones de recepción constantemente deben llevar a cabo sus actividades especializadas en todas las unidades del lote de producción. La gerencia del centro de trabajo debe garantizar que la estación siempre esté ocupada, que disponga de materiales y motivar a los trabajadores para que cumplan con los compromisos de producción programados. Largas "corridas de producción" evitan

preparaciones costosas y los costos debido a cambios.

Jalar versus Empujar.⁸

Los procesos de manufactura repetitiva son aquellos en donde se producen bastantes unidades de un producto o distintos modelos de un producto básico. Esto es más frecuente en los sectores industriales, tales como el de los electrodomésticos, el de los juguetes y el de los automóviles. Unidades de un modelo determinado se pueden visualizar como una progresión en un proceso orientado hacia el flujo en las etapas de integración del producto. Puede iniciarse con la fabricación de los componentes básicos, que después son integrados en subensambles, los cuales, a su vez, son combinados en el ensamble final. Las decisiones de cuándo o cuántas unidades se deben producir en cada etapa del proceso varían considerablemente, dependiendo de la selección de un sistema de Jalar o de Empujar para realizar la planeación y el control.

La perspectiva occidental tradicional resalta una orientación de "empujar" el paso de la producción por el sistema de manufactura. Esto destaca la adhesión sin fin a un programa predeterminado de producción, que se deriva de demandas anticipadas para los productos. Previamente se planea cuándo se debe hacer el ensamblado final y, trabajando en sentido inverso hacia las etapas anteriores, se puede identificar la etapa en que los subensambles, las partes que se fabrican y las materias primas adquiridas deben concurrir para proporcionar la cantidad programada de la producción ya terminada. Así, una vez que se inicia el programa, el trabajo en cada etapa prosigue en grandes lotes o cargas y, cuando se completan, los subcomponentes son enviados al siguiente departamento, o bien hacia un área de almacenamiento, en donde deben esperar su salida cuando los requieran los usuarios, en la etapa siguiente del proceso. Después de que un centro de trabajo ha llevado a cabo su programa, su obligación con las etapas subsecuentes ha sido cumplida. Sus actividades subsecuentes son relativamente independientes de los demás centros de trabajo a causa de la holgura en que quedan los inventarios que han proporcionado. Entonces las unidades avanzan dentro de lotes que son llevados a través de etapas sucesivas de integración de la unidad, finalmente, se satisface la cantidad requerida de unidades terminadas del producto.

El sistema de planeación y control de "jalar", que es popular en la industria manufacturera japonesa, es muy diferente. Hace hincapié en la simplicidad, flexibilidad y coordinación estrecha entre los centros de trabajo en la manufactura repetitiva. Aun cuando se lleve a cabo el programa final de ensamble, el responsable de la manufactura reconoce que la demanda real variará con respecto a la que se calculó, y, por consiguiente, está preparado para adaptar la producción a

⁸ ADMINISTRACIÓN DE PRODUCCIÓN. Ebert, Ronald, Adam, Everett. Prentice Hall & IBD. 1992

medida que ocurren estas variaciones. La orientación japonesa se enfoca hacia el ensamble para el pedido y no hacia el ensamble para la programación. La cadena de actividades (subensamble, fabricación, compra de materiales) integra un mecanismo que cumple con las necesidades finales del ensamble para una línea limitada de productos. Por consiguiente, el qué y el cuándo de la producción en la secuencia de producción departamental es altamente variable y está gobernada por los requerimientos de los departamentos que lo están necesitando más adelante. Los subensambles y las partes componentes son entonces "jaladas" a lo largo del sistema por las demandas reales del producto terminado en los modelos, tamaño o combinaciones de colores específicos de aquellos productos que se consumen. La idea es que si las unidades no se requieren, no hay que hacerlas antes de tiempo, cuando se necesiten, es necesario estar preparado para producirlas de una manera rápida en la cantidad requerida.

3.2. Distribución de planta

Concepto.⁹

La Distribución de planta consiste en la disposición o configuración de los departamentos, estaciones de trabajo y equipos que conforman el proceso de producción. Es la distribución espacial de los recursos físicos prevista para fabricar el producto.

Para determinar cómo afecta la planeación de la distribución de planta a los costos de operación y a la eficacia, es preciso considerar cómo pueden aplicarse los distintos tipos de diseño de distribución de planta en diversas situaciones.

Debido a lo anterior tenemos tipos de operaciones y de servicios. La función operacional tanto en la manufactura como en los servicios puede dividirse en dos tipos fundamentales: intermitente y continua, dependiendo del grado de estandarización de los productos y del volumen de producción.

Operaciones intermitentes. La manufactura intermitente es la conversión con características de producción de bajo volumen de productos, con equipo de uso general, operaciones de mano de obra intensiva, flujo de productos interrumpido, cambios frecuentes en el programa, una gran mezcla de productos así como productos hechos a la medida. Los servicios con características similares (por ejemplo, los talleres de reparación de automóviles) también se clasifican como operaciones de conversión intermitentes.

⁹ ADMINISTRACIÓN DE PRODUCCIÓN. Ebert, Adam. Prentice Hall & IBD. 1992

Operaciones continuas. Las operaciones de producción continuas se caracterizan por un alto volumen de producción, por equipos de uso especializado, por operaciones de capital intensivo, por una mezcla de productos restringida, y por productos estandarizados para la formación de inventarios.

Diseños básicos de Distribución de Planta.¹⁰

Consideramos sólo tres diseños fundamentales de la distribución de planta, debido a su importancia: el orientado al proceso, el orientado al producto y el de componente fijo. Estos diseños se diferencian entre sí por los tipos de flujos de trabajo que implican; el flujo de trabajo, a su vez, se determina por la naturaleza del producto.

Distribución de Planta orientada al Proceso.

Las distribuciones de planta orientadas al proceso son adecuadas para operaciones intermitentes cuando los flujos de trabajo no están normalizados para todas las unidades de producción. Los flujos de trabajo no normalizados se presentan ya sea cuando se fabrica una gama de productos diferenciados, o cuando se elabora un tipo de producto básico con muchas posibles variantes de proceso. En una distribución de planta orientada al proceso, los centros o departamentos de trabajo involucrados en el proceso de planta se agrupan por el tipo de función que realizan. Almacenes de distribución, hospitales y clínicas médicas, universidades, edificios de oficinas e instalaciones de talleres artesanales, a menudo se diseñan siguiendo este esquema. De manera semejante, la distribución de planta de una fábrica podría tener departamentos de proceso o agrupamientos de equipo, tales como soldadura, tratamiento térmico, pintura y así sucesivamente.

Distribución de Planta orientada al Producto.

Las distribuciones de planta orientadas al producto se adoptan cuando se fabrica un producto estandarizado, por lo común en gran volumen. Cada una de las unidades en producción requiere de la misma secuencia de operaciones de principio a fin. En la distribución de planta orientada al producto, los centros de trabajo y los equipos respectivos quedan, por tanto, alineados idealmente para ofrecer una secuencia de operaciones especializada que habrá de originar la fabricación progresiva del producto. Cada centro de trabajo puede proporcionar una parte sumamente especializada de la secuencia total de elaboración. Los servicios de lavado automático

¹⁰ADMINISTRACIÓN DE PRODUCCIÓN. Ebert, Ronald, Adam, Everett. Prentice Hall & IBD. 1992

de automóviles, las líneas de servicio en las cafeterías, los exámenes médicos masivos para los reclutas del servicio militar, el ensamblaje de automóviles y las plantas embotelladoras de bebidas, emplean distribuciones de planta orientadas al producto.

La Figura 3.1. ilustra una distribución de planta orientada al producto organizada para proporcionar una secuencia fija para integrar, desde el principio hasta el final, un producto manufacturado. La Figura 3.2. muestra una distribución de planta orientada al producto bastante familiar: un lavado automático de automóviles.

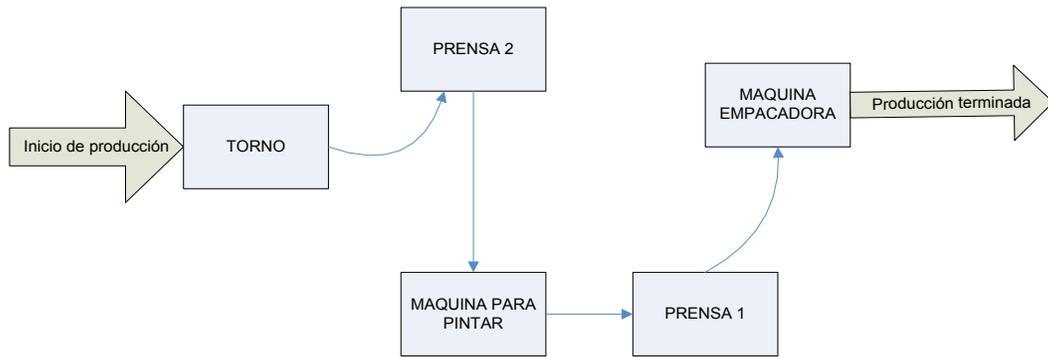


Figura 3.1. Distribución física orientada al producto en la industria de la manufactura.
(Fuente: Toyota Production System. Ohno Taiichi)

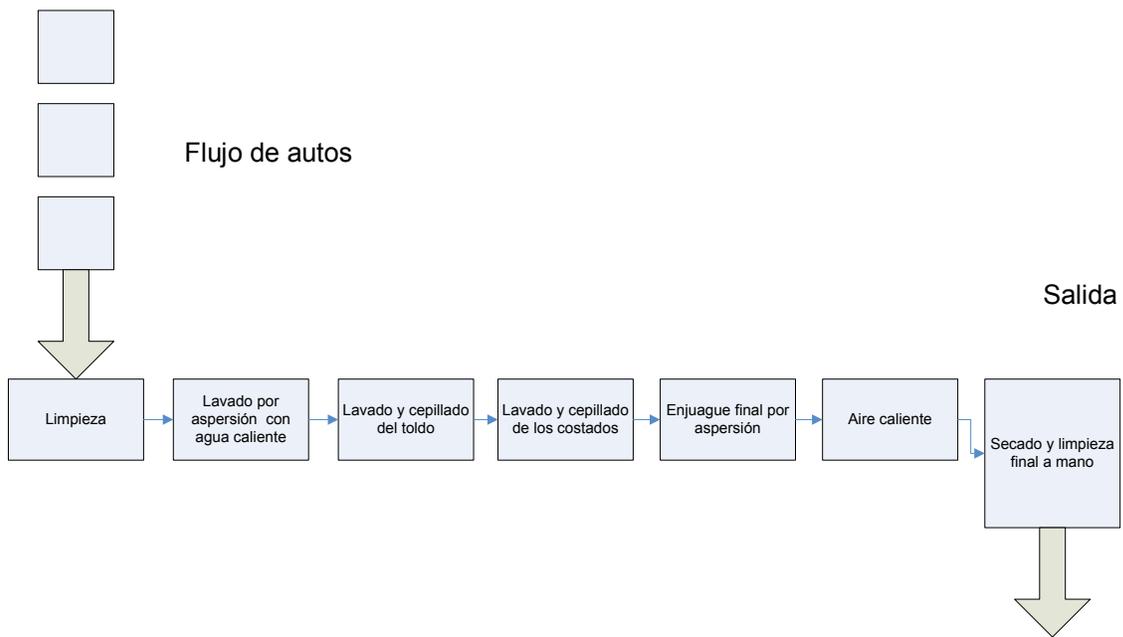


Figura 3.2. Distribución física orientada al producto en un lavado de automóviles.
(Fuente: Toyota Production System. Ohno Taiichi)

Distribución de Planta por Componente.

Las distribuciones de planta por componente fijo se requieren cuando a causa del tamaño, la forma o cualquier otra característica, no es posible desplazar el producto. En una distribución de planta por componente el producto no cambia de lugar; herramientas, equipo y fuerza de trabajo se llevan hasta él según se requiere, a fin de ejecutar etapas apropiadas de elaboración progresiva. Una reparación casera de plomería, en la que los recursos se llevan hasta el sitio de servicio, es un buen ejemplo de esta distribución. Las distribuciones de planta para la construcción de barcos, locomotoras y aviones a menudo son de este tipo.

Diferencias entre los diseños básicos.

En la tabla 3.1. se muestran las principales diferencias entre los diseños de Distribución de Planta.

Tabla 3.1. Características de los diseños de distribución física. ADMINISTRACIÓN DE PRODUCCIÓN. Ebert, Adam. Prentice Hall & IBD. 1992

ASPECTOS DEL PROCESO DE CONVERSIÓN	ORIENTACIÓN AL PRODUCTO	ORIENTACIÓN AL PROCESO	POSICIÓN FIJA
Patrón del flujo de productos	Línea recta de productos; la misma secuencia de operaciones estandarizadas en cada unidad.	Patrón de flujo diversificado; cada orden (producto) puede requerir de una secuencia de operaciones única.	Muy poco o ningún flujo de productos; los equipos y los recursos humanos se llevan al punto a medida que se requieren.
Requerimiento de habilidades humanas	Tolerancia para llevar a cabo actividades rutinarias y repetitivas a un ritmo impuesto, capacidad de trabajo altamente especializada.	Artesanos altamente especializados; pueden desempeñar trabajos sin supervisión meticulosa y con cierto grado de adaptabilidad.	Alto grado de flexibilidad en los trabajos cuando esto se requiere; las asignaciones específicas trabajo y las ubicación varían.

ASPECTOS DEL PROCESO DE CONVERSIÓN Continuación	ORIENTACIÓN AL PRODUCTO	ORIENTACIÓN AL PROCESO	POSICIÓN FIJA
Personal de ayuda	Personal de ayuda numeroso e indirecto para programar los materiales y las personas, análisis y mtto. del trabajo.	Hay que tener habilidad para programar, para el manejo de materiales y la producción y control de inventarios.	Se requiere un alto nivel de habilidades de programación y de coordinación.
Manejo de materiales	Flujos de materiales previsibles, sistematizados y a menudo automatizados.	El tipo y el volumen de lo que se maneja y se requiere son variables, y a menudo hay duplicación.	El tipo y volumen de lo que se maneja y se requiere es variable, a menudo en poca cantidad; se puede necesitar equipo de manejo para trabajo pesado con múltiples propósitos.
Requerimientos de capital	Inversión fuerte de capital en equipos y procesos que llevan a cabo funciones muy especializadas.	Equipos y procesos con varias finalidades y de uso flexible.	Equipos de propósito general y procesos que son móviles.
Componentes del costo en el producto	Costos fijos relativamente elevados; pocas unidades de mano de obra directa y bajos costos de materiales	Costos fijos relativamente bajos; altos costos unitarios para mano de obra directa, para los materiales (inventarios) y manejo de materiales.	Elevados costos de mano de obra y de materiales, costos fijos relativamente bajos.

Polivalencia de los trabajadores.

Toyota fabrica una variedad de automóviles con numerosas especificaciones diferentes.

Cada tipo de coche se encuentra siempre sujeto a las fluctuaciones de la demanda. Por ejemplo, la demanda del coche A puede disminuir mientras, al mismo tiempo, aumenta la demanda del coche B. Por ello, la carga de trabajo de cada sección de la fábrica debe ser evaluada frecuentemente y cambiada periódicamente. Continuando con el ejemplo, cierto número de trabajadores de la sección del coche A habrán de ser transferidos a la del coche B, para que cada sección pueda adaptarse a los cambios de la demanda con el mínimo número necesario de trabajadores.

Además, cuando se reduce la demanda de todos los tipos de productos por una depresión generalizada de la economía o alguna restricción exterior a la exportación, la compañía habrá de ser capaz de reducir el número de trabajadores de cualquier sección a base de trabajadores a tiempo parcial o personal extraordinario procedente de empresas del mismo grupo.

Adaptación a la demanda mediante la flexibilidad (Shojinka)¹¹.

El logro de la flexibilidad en el número de trabajadores de una sección para adaptarse a las modificaciones de la demanda, se denomina Shojinka lo cual implica modificar el número de trabajadores de una sección según la demanda basándose fundamentalmente en la versatilidad de los trabajadores, acompañado por un *layout* adecuado y una gran facilidad de adaptación de las máquinas a diferentes tipos de producciones. En otras palabras, Shojinka significa, en el sistema Toyota de producción, la alteración (disminución o aumento) del número de trabajadores en una sección cuando cambia a su vez la demanda de producción (por disminución o por incremento).

Shojinka tiene un sentido especial, cuando el número de trabajadores debe reducirse por una disminución de la demanda, Por ejemplo, en una línea, cinco operarios ejecutan tareas que producen cierto número de unidades. Si la cantidad de producción de esa línea se reduce al 80%, el número de trabajadores deberá reducirse a 4 ($= 5 \times 0,80$); si la demanda disminuyera hasta el 20%, el número de trabajadores se reduciría a uno.

Obviamente, por tanto, Shojinka equivale a incrementar la productividad mediante ajuste y reprogramación de los recursos humanos. Por lo que taller flexible es, esencialmente, una unidad de fabricación en que se ha conseguido la efectividad del Shojinka. Y para ello aparecen, como requisitos previos, los tres factores siguientes:

- 1.-Diseño apropiado de la distribución en planta de las máquinas.
- 2.-Personal versátil y bien entrenado, es decir, trabajadores polivalentes.

¹¹ Yasuhiro Monden. Toyota Production System. Institute of Industrial Engineers. 1998

3.-Evaluación continua y revisión periódica de la ruta estándar de operaciones.

La distribución en planta de la maquinaria, propia del Shojinka aplicado en Toyota, es la combinación de líneas en forma de U. Con esta disposición, el tipo de las tareas a realizar por cada trabajador puede aumentarse o reducirse muy fácilmente. Sin embargo, dicha distribución supone la existencia de personal polivalente.

La polivalencia de los operarios se fomenta en Toyota mediante el sistema de rotación de tareas. Y la revisión de la ruta estándar de operaciones se realiza mediante continuas mejoras en los trabajadores manuales y de máquina. El propósito de estas mejoras es la reducción del número de trabajadores necesario incluso en un período de incremento de demanda.

Las relaciones entre estos requisitos previos se muestran en la Figura 3.3.

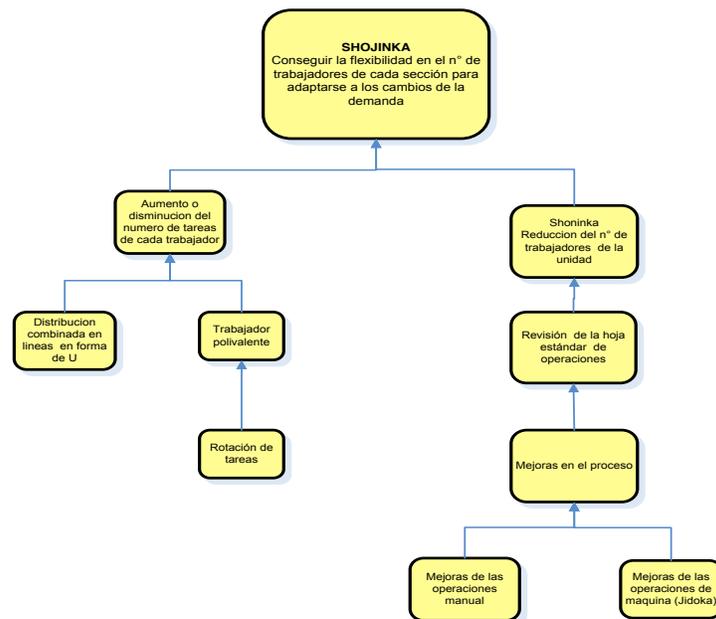


Figura 3.3. Factores casuales para la realización de Shojinka
(Fuente: Yasuhiro Monden. Toyota Production System. Institute of Industrial Engineers. 1998.)

Lograr el Shojinka mediante trabajadores polivalentes.

La capacidad para aumentar o disminuir el número de tareas llevadas a cabo por cada trabajador es un factor clave para la realización del Shojinka.

El verdadero sentido de Shojinka es la capacidad para modificar rápidamente el número de trabajadores de cada sección, respondiendo así a los cambios de la demanda.

Desde la situación de un trabajador individual, Shojinka requiere que dicho trabajador sea capaz de responder a las variaciones del ciclo de fabricación, de las rutas de operaciones y, en muchos casos de los contenidos de las tareas individuales. Para responder con rapidez, el trabajador debe ser polivalente, es decir, haber sido formado como un trabajador capacitado para cualquier tipo de trabajo y para cualquier proceso.

Toyota utiliza para la formación del trabajador individual a trabajador polivalente un sistema denominado **rotación de tareas**, según el cual cada trabajador desempeña de modo rotativo cada tarea de su sección. Después de un período, el trabajador individual logra pericia suficiente en cada tarea y se convierte con ello en un trabajador polivalente.

Ventajas adicionales en la rotación de tareas.

Entre las ventajas de la rotación de tareas comprobadas por Toyota, se incluyen:

- Las actitudes de los trabajadores se hacen más favorables y puede prevenirse la fatiga muscular, con lo que los operarios prestan más atención y cuidado para evitar accidentes laborales.
- El sentimiento de injusticia de que los veteranos deben desempeñar los trabajos pesados, desaparecerá. Además, al comienzo de cada rotación, los operarios conversan entre ellos y, mediante estas conversaciones, se incrementan las relaciones humanas entre los trabajadores y se promueve el movimiento de ayuda mutua.
- Dado que los trabajadores veteranos y los supervisores enseñan sus propias habilidades y conocimientos a los más jóvenes y a sus subordinados, estas habilidades y conocimientos se extienden por la sección, manteniéndose el estándar de operaciones.
- Como cada trabajador participa en cada uno de los procesos de la sección, se siente responsable de todos los objetivos de la misma, tales como seguridad, calidad, coste y cantidad de producción.
- En las nuevas secciones y procesos, todo el mundo (sea supervisor o subordinado) encuentra perspectivas renovadas y, mediante estos nuevos puntos de vista, puede identificar problemas o aspectos a mejorar. De este modo, crecen de modo considerable las ideas y sugerencias para mejorar los procesos.

Los diversos beneficios pueden resumirse en una simple expresión: “Respeto por la dimensión humana”. Se trata de una actitud considerablemente diferente de los esquemas tradicionales en que la producción masiva lleva a una división del trabajo y, a su vez, a la

especialización, simplificación de tareas y, finalmente, a la alineación de la persona.

Importancia del Jefe de línea.

Uno de los principales elementos que afectan al éxito del sistema de rotación de tareas, es el papel del capataz o jefe de línea. Además de guía, el jefe de línea proporciona a los trabajadores la posibilidad de disponer de tiempo libre mientras pueda desarrollarse la rotación de tareas. El jefe de línea o el contraamaestre pueden siempre reemplazar a un trabajador de la línea cuando éste se toma un descanso o intercambia tareas con otro operario.

Distribución de Planta en forma de U¹².

Lo esencial de la distribución en U es que la entrada y la salida de una línea se encuentran en la misma posición y presenta algunas variaciones, tales como las formas cóncava (□) y circular (Figura 3.4.). La principal ventaja de esta disposición es la flexibilidad para aumentar o disminuir el número necesario de trabajadores, adaptándose a los cambios en las cantidades a producir (modificaciones de la demanda). Lo cual puede efectuarse incrementando o disminuyendo el número de operarios en el área interior de la línea dispuesta en forma de U.

La producción de arrastre *Just in time* puede también conseguirse en cada proceso. Una unidad de material entrará al proceso mientras una unidad de producto se dirige a la salida. Puesto que ambas operaciones se llevan a cabo por el mismo trabajador, la cantidad de trabajo en curso en la maquinaria permanece siempre constante. Al mismo tiempo, como se mantiene una cantidad estándar de existencias en cada máquina, cualquier desequilibrio de operaciones entre los operarios se haría visible, lo que ayuda a llevar a cabo acciones para mejorar el proceso.

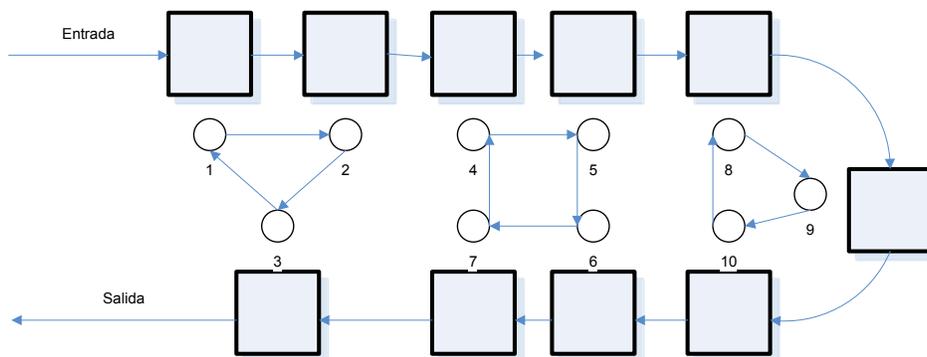


Figura 3.4. Distribución en planta en forma de U. (Fuente: Yasuhiro Monden. Toyota Production System. Institute of Industrial Engineers. 1998.)

¹² Yasuhiro Monden. Toyota Production System. Institute of Industrial Engineers. 1998.

Finalmente, la disposición en U permite desarrollar áreas o regiones para operaciones específicas. Los sistemas que utilizan máquinas ampliamente automatizadas sitúan a menudo a los trabajadores únicamente a la entrada y a la salida. Puede tomarse como ejemplo una cadena suspendida. Si las posiciones para carga y descarga de material están distantes, se necesitarán dos personas y cada operario tendrá tiempo, ocioso o tiempo de espera. Sin embargo, si las posiciones de carga y descarga se encuentran situadas en el mismo punto de la línea, un solo operario puede manejar tanto las tareas de entrada como las de salida.

Combinación de líneas en forma de U.

Para evitar el problema de un número fraccionario de trabajadores, Toyota decidió combinar en su caso varias líneas en forma de U dentro de una línea integrada. Utilizando esta distribución combinada, puede llevarse a cabo la asignación de operaciones entre trabajadores para responder a las variaciones de la demanda, siguiéndose para ello los procedimientos de la ruta estándar de operaciones.

El siguiente ejemplo mostrará cómo puede lograrse Shojinka mediante este concepto. Supongamos que tenemos un proceso combinado consistente en seis líneas diferentes (A-F) y cada línea fabrica un equipo distinto (Figura 3.5.). De acuerdo con la demanda mensual de productos en enero, el ciclo de fabricación de este proceso combinado fue de un minuto por unidad. Con este ciclo, trabajaban en el proceso ocho personas (Figura 3.6.) y la ruta de desplazamiento de cada operario se representa mediante una flecha.

En febrero, sin embargo, la demanda mensual del producto ha decrecido, incrementándose el ciclo de tiempo del proceso hasta 1,2 minutos por unidad. En consecuencia, todas las operaciones de la línea combinada fueron reasignadas entre los trabajadores, teniendo ahora cada trabajador que ejecutar más operaciones que en enero.

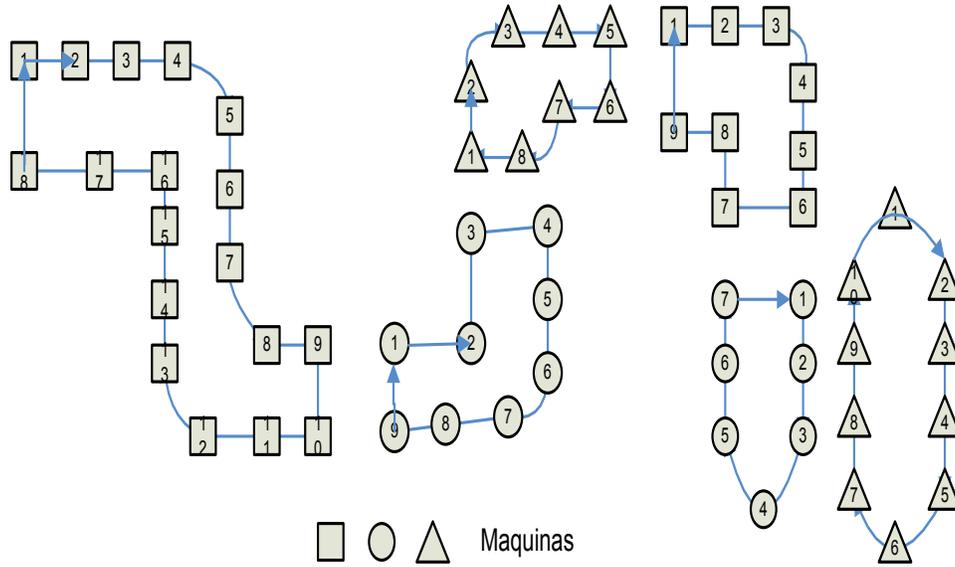
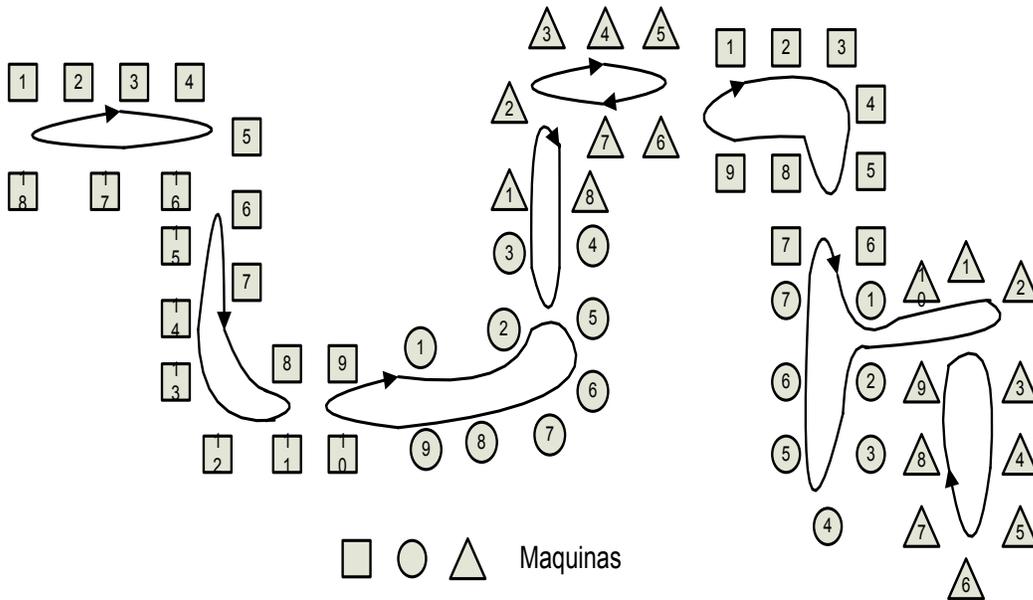


Figura 3.5. Línea combinada de fabricación de seis tipos de piezas (A-F).
 (Fuente: Yasuhiro Monden. Toyota Production System. Institute of Industrial Engineers. 1998.)



Enero

Ciclo de fabricación: 1 min. por unidad

N° de trabajadores: 8 personas

Figura 3.6. Asignación de operaciones entre trabajadores en Enero.
 (Fuente: Yasuhiro Monden. Toyota Production System. Institute of Industrial Engineers. 1998.)

La Figura 3.7. muestra cómo la ruta de desplazamiento de cada operario se ha extendido de acuerdo con la nueva reasignación de operaciones. En este caso, el operario realiza, como trabajo adicional, algunas de las operaciones que hacía en enero el operario 2; éste, por su parte, lleva también a cabo algunas tareas adicionales que en enero desempeñaba el operario 3. El resultado de la expansión de la ruta de desplazamiento de cada trabajador, es que los operarios 7 y 8 pueden ser eliminados de la línea combinada. De este modo, la fracción de trabajador que aparecía en la distribución lineal, se ha absorbido en varias líneas individuales con esta distribución combinada.

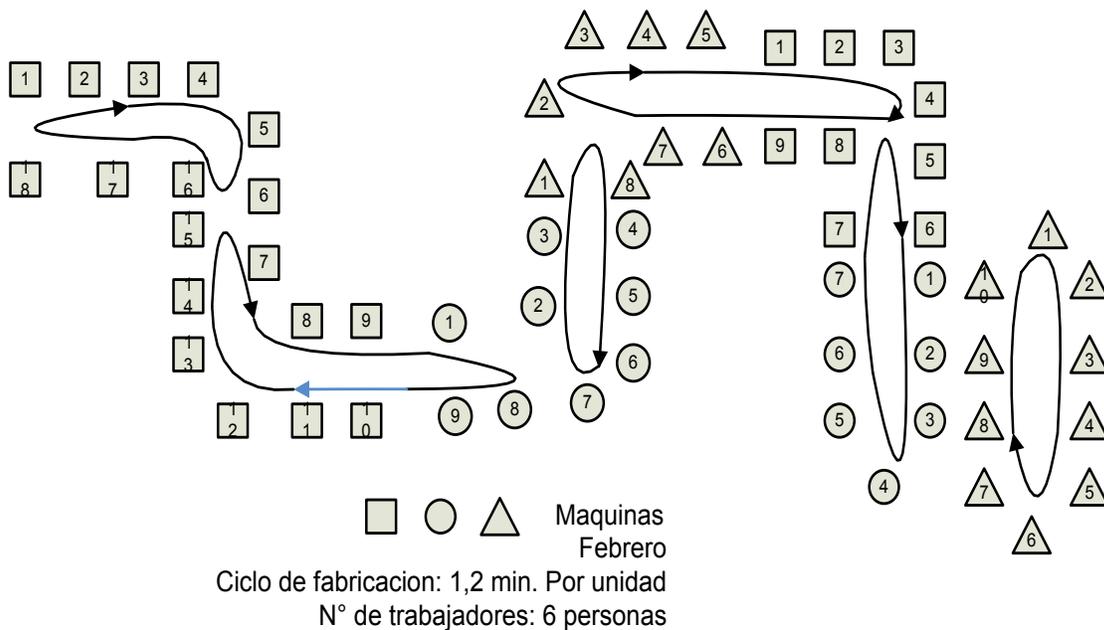


Figura 3.7. Asignación de operaciones entre trabajadores en Febrero.
 (Fuente: Yasuhiro Monden. Toyota Production System. Institute of Industrial Engineers. 1998.)

Distribuciones inapropiadas: Jaulas de Pájaro, Islotes y Distribuciones lineales¹³.

Las distribuciones inapropiadas, evitadas por Toyota, pueden clasificarse en tres categorías principales: jaulas de pájaro, islotes y disposiciones lineales.

Distribución en jaula de pájaro. La forma más sencilla de distribución de la maquinaria supone un trabajador asignado a cada tipo de máquina. Esta forma de disposición tiene una

desventaja fundamental: el trabajador queda esperando desde que carga en la máquina la pieza a trabajar y ésta se encuentra en proceso. Para evitar este tiempo de espera, pueden disponerse alrededor del operario dos o más puestos del mismo tipo de máquina (Figura 3.8.). Este tipo de distribución se denomina distribución en jaula de pájaro. Son generalmente de forma triangular, rectangular o romboidal.

Al hacer que cada trabajador maneje varias máquinas del mismo tipo, puede incrementarse la cantidad de producción por operario. Aunque este método supone una gran mejora sobre la disposición de máquina única, al aumentar la cantidad de producción por trabajador se incrementa también la cantidad de existencias de productos semielaborados o intermedios en cada posición. Como resultado, se dificulta el equilibrado de las líneas además que los productos semiterminados, no pueden fluir de modo continuo entre los diversos procesos productivos. Resulta difícil la sincronización entre puestos de trabajo como contrapartida, el plazo de fabricación de los productos terminados se incrementa.

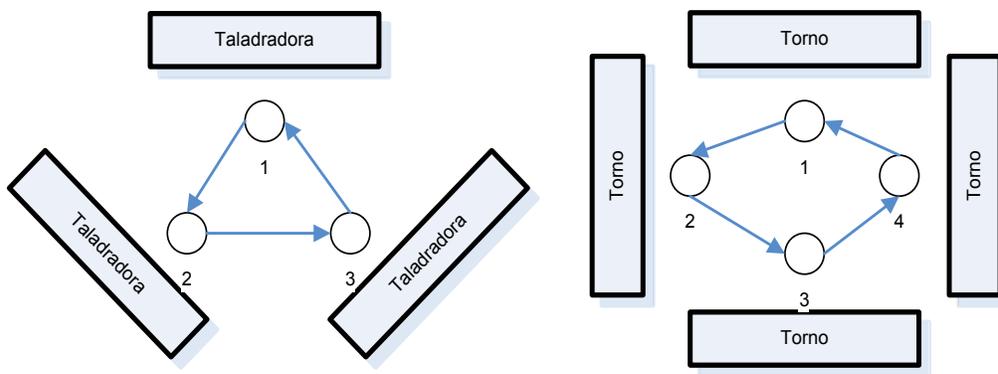


Figura 3.8. Tipos de distribución en jaula de pájaro.
(Fuente: Yasuhiro Monden. Toyota Production System. Institute of Industrial Engineers. 1998.)

Distribución en islotes. Para evitar el exceso de inventarios intermedios de cada puesto y disminuir el tiempo de transporte, puede mejorarse la disposición en planta de las máquinas incrementando la velocidad de producción de un producto terminado. Para ello, la disposición de las máquinas deberá tener el mismo orden que la secuencia de procesos de una pieza (Véase Figura 3.9.). Esta disposición supone la existencia de un operario polivalente y posibilita un flujo continuo y equilibrado de productos entre los diferentes tipos de máquinas, asegurando asimismo una ruta continua de desplazamiento mínimo para cada trabajador. Este tipo de disposición es la disposición en islote.

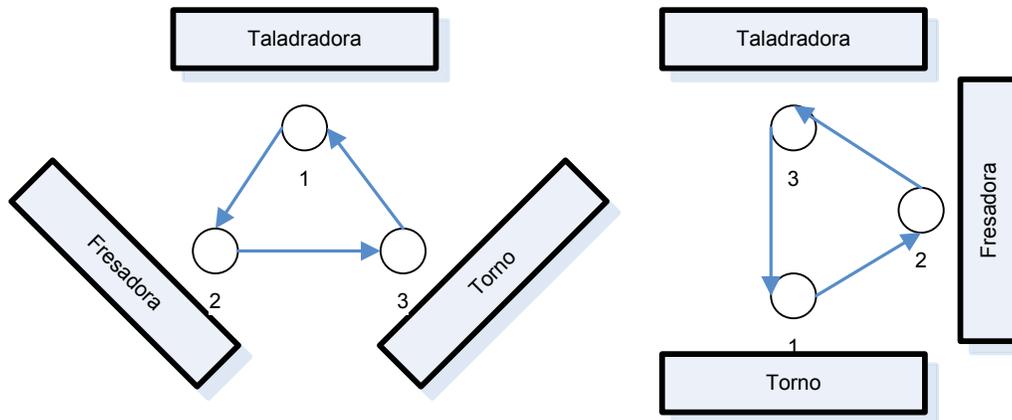


Figura 3.9. Distribución en islotos.

(Fuente: Yasuhiro Monden. Toyota Production System. Institute of Industrial Engineers. 1998.)

Toyota rechaza todos los tipos de distribución en islote, por presentar las siguientes desventajas:

- Si toda la fábrica se encuentra organizada de esta forma, los trabajadores se encuentran separados entre sí y, por consiguiente, no pueden prestarse ayuda, lo que dificulta el logro del equilibrio total de la producción entre diversos procesos, ocasionando existencias innecesarias entre ellos e impidiendo los movimientos de ayuda mutua debido al aislamiento de los islotos.
- Debido a que entre los islotos se pueden acumular existencias innecesarias, el tiempo de espera del trabajador se verá absorbido en la producción de dichos *stocks*, lo que dificulta la reasignación de operaciones entre los operarios para responder a los cambios de la demanda.

La distribución en islotos se basa en la teoría de la ingeniería de métodos según la cual ningún trabajador debe desplazarse mientras se encuentra trabajando en cierta posición, idea desarrollada por Henry Ford. Esta idea es correcta si la productividad se contempla como eficiencia individual de los trabajadores, pero es incorrecta cuando se ve desde el punto de vista del equilibrio de las líneas para el conjunto de la fábrica y de la minimización del número total de operarios. Por lo que respecta a los islotos, es asimismo importante la forma de utilizar cintas transportadoras. Estas se utilizan, generalmente, sólo para transportar productos del puesto A al B. En este caso, el operario del puesto A se encuentra separado del B y no pueden, por tanto, ayudarse uno a otro en el trabajo. Toyota eliminaría la cinta transportadora en dichos casos.

Distribución lineal. Para hacer frente a las desventajas de la disposición en islotos, pueden colocarse diferentes tipos de máquinas de forma lineal (Figura 3.10.). Con esta organización, los operarios pueden moverse entre máquinas. Se trata de una de las características típicas de la

disposición en planta de Toyota.

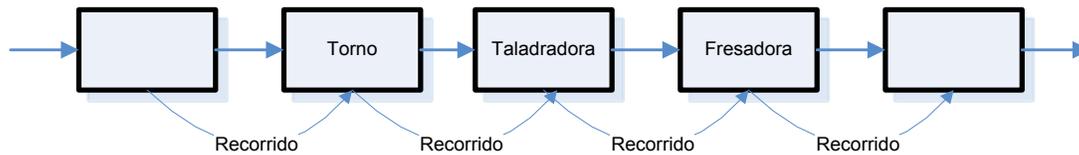


Figura 3.10. Distribución lineal.

(Fuente: Yasuhiro Monden. Toyota Production System. Institute of Industrial Engineers. 1998.)

Al utilizar esta distribución lineal puede eliminarse uno de los principales inconvenientes de los islotes (existencias innecesarias de productos entre procesos), lográndose de este modo que los productos circulen entre las máquinas de modo equilibrado y con rapidez. No puede, sin embargo, eliminarse el problema de la dificultad de reasignación de las operaciones entre los trabajadores para adaptarse a los cambios de la demanda.

Otro problema asociado con este sistema aparece cuando en las máquinas dispuestas en forma lineal cada línea es independiente de las demás. En tal situación, el replanteamiento de operaciones entre los trabajadores según la demanda de los productos, requiere a menudo un número fraccionario de trabajadores, como, por ejemplo, 8,5, pero como no resulta posible tener 0,5 de trabajador, habrá que redondear hasta una persona y, como resultado, aparecerá cierta cantidad de tiempo de espera del operario o se efectuará una producción excesiva.

Pongamos por ejemplo una unidad que se ha producido, en un ciclo de dos minutos, por un solo trabajador. Supongamos que la demanda de coches se ha incrementado y el ciclo de fabricación se ha reducido a 1,5 minutos por unidad. En tal caso, si un operario puede normalmente terminar la mitad del total de sus tareas para ejecutar una unidad de producto en un minuto, habrá que introducir en el proceso un operario adicional para completar la mitad restante de las tareas. Como resultado, cada uno de los dos trabajadores del proceso debe tener un tiempo de espera de 0,5 minutos en cada ciclo de tiempo. O bien, si el primer operario realiza más tareas en 1,5 minutos, sin permanecer por tanto ocioso tiempo alguno, el segundo operario dispondrá de un minuto completo de tiempo ocioso.

Grupos Funcionales.

La Figura 3.11. muestra un ejemplo simplificado de una fábrica organizada en grupos funcionales, donde las máquinas se agrupan por tipos. Por ejemplo todas las sierras, sea cual sea su tamaño y por tanto su capacidad, se juntan en un grupo, todos los tornos en otro, etc. En este

ejemplo, el número de máquinas y empleados es suficientemente grande para justificar el nombre de "grupo" para cada conjunto de máquinas. Normalmente el grupo tiene un jefe, supervisor o encargado.

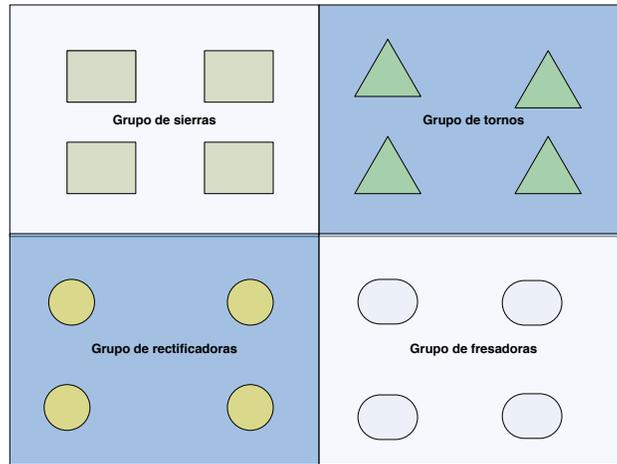


Figura 3.11. Ejemplo de Grupos funcionales.
(Fuente: Yasuhiro Monden. Toyota Production System. Institute of Industrial Engineers. 1998.)

Cuando hay pocas máquinas en cada grupo, se suelen agrupar varios de ellos, llamados centros de trabajo, bajo un jefe de departamento, supervisor o encargado.

Ventajas de lo grupos funcionales:

1. Las máquinas son muy complejas y requiere meses o años el conocerlas. La agrupación de máquinas da la posibilidad de minimizar la complejidad de los trabajos realizados por los especialistas al asignarles a un único tipo de máquina.
2. Los tamaños y formas similares de máquinas parecidas facilitan su agrupación en un espacio físico reducido.
3. Algunos tipos de máquinas producen directamente componentes y artículos acabados. Dado que dichas máquinas no necesitan estar agrupadas con otras, las células no son aplicables.

Las máquinas, sus herramientas y accesorios no deberían ser sofisticadas, sino fáciles de operar, mantener y cambiar. El equipo encargado de la mejora de productividad debe responsabilizarse de cambiar los aditamentos, las herramientas y los métodos de trabajo para simplificar las operaciones. Si se diseñan correctamente, las operaciones de las máquinas deben ser sencillas, exigiendo que el operario solamente cargue las piezas que vayan a mecanizarse y las descargue cuando termine el proceso. La organización funcional, frente a la de células, tiene

costos adicionales y desventajas.

Desventajas de los grupos funcionales:

1. Cada máquina requiere una cola de espera, acumulación de trabajo esperando ser mecanizado, que da lugar a un exceso de trabajo en curso y a un plazo de fabricación más largo que el necesario. Los trabajos suelen avanzar de máquina en máquina en grandes contenedores, a razón de una orden o lote de producción cada vez. Las siguientes operaciones no se realizan en la primera pieza del lote hasta que todas las operaciones anteriores se han realizado sobre la última pieza del lote. Por tanto, aunque el trabajo efectuado en una pieza durase segundos o minutos, se podría tardar días o semanas en procesar todo el lote.
2. Otras órdenes que podrían usar preparaciones similares o idénticas, raras veces se pueden agrupar para reducir el tiempo de preparación, debido a lo complejo que resulta programar su llegada a una máquina al mismo tiempo.
3. Algunas máquinas no ocupan totalmente el tiempo del trabajador durante la ejecución de sus operaciones.
4. Cada pieza se desplaza cientos de metros, incurriendo en costos de manipulación mayores de lo necesario.
5. La especialización en el manejo de un sólo tipo de máquina restringe la capacidad de movimiento del trabajador a otros puesto; y su satisfacción en el trabajo.

En general, los grupos funcionales de máquinas similares son poco necesarios; sin embargo, siguen siendo aplicables para las máquinas de "una sola operación", y cuando prácticamente no existen familias de producto con operaciones realizadas por un conjunto común de máquinas. A veces es conveniente mover algunas máquinas a células de alta producción y organizar las demás, de poca capacidad, en disposiciones funcionales más pequeñas y más fáciles de controlar. Esta disposición se podría considerar como recurso provisional, para centrarse en las células con mayor potencial de beneficios, pero el objetivo sería analizar a continuación las posibilidades de construir células con el resto de las máquinas.

3.3. La Célula.

En la Figura 3.12. se ha agrupado en una célula en forma de U y de acuerdo con la secuencia de las operaciones, una máquina de cada tipo necesario para procesar totalmente un grupo de piezas. Las piezas mecanizadas en esta célula fluyen continuamente de una operación a otra, de una en una o en pequeños lotes. De este modo, el tiempo transcurrido entre el comienzo de la primera y la última operación es aproximadamente igual al tiempo total de mecanizado y manipulación para una pieza. Esta diferencia entre el flujo de operaciones y el desplazamiento de un lote completo entre operaciones es la razón por la cual el tiempo de fabricación suele ser un 90 por ciento más bajo en una célula que en una fábrica organizada de forma funcional.

En este tipo de organización, las existencias de reserva de piezas ya mecanizadas y las colas de entrada en cada proceso, pueden mantenerse al nivel mínimo. Por tanto, el área de almacenamiento de entrada/salida de la célula es mínima. En la agrupación funcional de máquinas existe un operario por máquina; esto da lugar a una alta utilización de la máquina y a un pobre aprovechamiento del tiempo del operario, puesto que no puede trabajar al máximo mientras la máquina está desarrollando su ciclo. Las células suelen estar atendidas por un número de operarios entre un 50 y 70 por ciento menor al de máquinas. Además, las máquinas están situadas juntas para que el operario pueda atender a varias a la vez sin desplazarse.

El concepto de célula tiene sentido tanto en las plantas pequeñas, de menor volumen, como en las grandes plantas de mucho volumen.

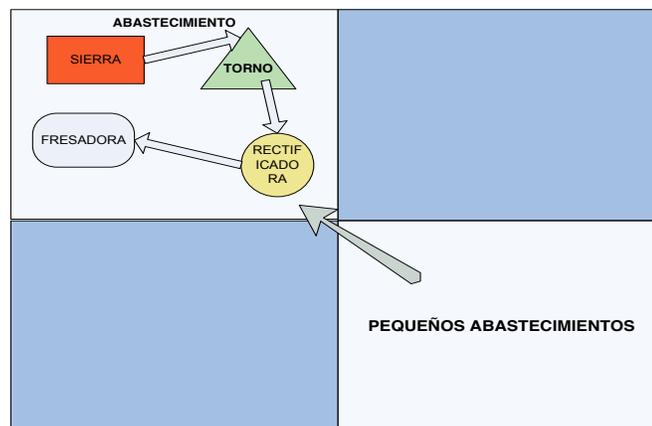


Figura 3.12. Ejemplo de distribución celular. (Fuente: Yasuhiro Monden. Toyota Production System. Institute of Industrial Engineers. 1998.)

Muchos de los primeros esfuerzos para crear células fracasaron porque no se redujeron los tiempos de preparación y cambio de modelo de las máquinas. Por consiguiente se pasaban

grandes lotes a través de la célula, dando lugar a intervalos excesivos y plazos de maduración largos. Otro motivo del fracaso fue el tiempo desmesurado de parada de la célula por avería de máquinas. Cuando una máquina se averiaba, todas se paraban. Para que la célula trabaje de forma óptima es decisivo disminuir tanto el tiempo de preparación como el de parada por avería de las máquinas.

Ventajas de las células

1. Una reducción drástica del tiempo de maduración.
2. La formación de los operarios para realizar operaciones en procesos distintos dentro de la célula. Esto aumenta la satisfacción del operario en su trabajo y su formación técnica, facilitando su paso a otra célula con procesos similares.
3. Las células pueden ser atendidas por un número variable de operarios en turnos diferentes. Por tanto, la capacidad de la célula es flexible para acomodar el nivel de producción a los cambios en la demanda.
4. El inventario se reduce en la misma proporción que el tiempo de maduración. Dado que éste es más corto, el *stock* de producto acabado puede reducirse drásticamente manteniendo el nivel de servicio al cliente.
5. Los tiempos, y los costos asociados de preparación de máquinas disminuyen al fabricar artículos con las mismas preparaciones en la célula.
6. El número de contenedores y los costos de manipulación de materiales se reducen drásticamente.

La semicélula.

La semicélula, se compone normalmente de un conjunto de máquinas que ejecutan todas las operaciones para producir un grupo de componentes. A veces la semicélula tiene una máquina de cada tipo y es muy parecida a la célula, pero tiene diferencias. Primero, las distintas piezas producidas en la semicélula se mecanizan en secuencias distintas, al contrario de la célula en la que todas las piezas siguen la misma secuencia. En segundo lugar, dado que las piezas de la semicélula no fluyen continuamente, el área de almacenamiento descentralizado de entrada es mayor que en el caso de la célula. Algunas piezas avanzan y retroceden entre las máquinas y el almacén descentralizado. Esto ocurre cuando una operación ha terminado y la siguiente máquina en el flujo de esa pieza está ocupada con otra. Cuando es evidente que un grupo de piezas necesita un conjunto común de máquinas, cuya capacidad queda ocupada con su demanda, la semicélula es la agrupación lógica. La semicélula es útil cuando la secuencia de mecanizado varía

mucho entre una pieza y otra, o cuando hay una variación grande entre los ciclos de las máquinas.

3.4. Muda (Desperdicio)¹⁴.

Concepto de MUDA.

En un sistema *Lean Manufacturing*, la Muda se define como cualquier actividad que no aporta valor añadido para el cliente. Es el uso de recursos por encima del mínimo teórico necesario (mano de obra, equipos, tiempo, espacio, energía, etc.), en esencia, cualquier recurso que no intervenga activamente en un proceso que añada valor se encuentra en estado de desperdicio (muda en japonés).

Muda es una término de origen japonés que se refiere al desperdicio, lo cual se define como cualquier cosa distinta a la mínima cantidad de equipo, materiales, partes, espacio y tiempo de los trabajadores que sean absolutamente esencial para agregar valor al producto final o servicio, es decir, la muda no agrega valor.

Se pueden tener varias causas por las cuales se origina la muda, entre algunas de ellas están: la Distribución (distancia) entre las máquinas, tiempo de preparación de éstas, procesos inadecuados, mantenimiento insuficiente, métodos de trabajo inadecuados, falta de capacitación, planeación de la producción no efectiva, el exceso de existencias, los plazos de preparación, la inspección, el movimiento de materiales, las transacciones o los rechazos.

En *Lean Manufacturing* existen 7 tipos de desperdicios:

1. Sobreproducción.
2. Espera.
3. Transporte innecesario.
4. Sobre proceso.
5. Exceso de inventarios.
6. Movimientos innecesarios.
7. Defectos.

¹⁴ BENJAMIN CORIAT. *Pensar al Revés. Trabajo y Organización de la Empresa Japonesa*, editorial Sigo XXI, 1992.

Sobreproducción.

Las pérdidas por Sobreproducción ocurren cuando se manufactura, ensambla o construye más de lo que se requiere. La programación no precisa, largos tiempos de entrega, largos tiempos para cambios y el hecho de no encontrarse lo suficientemente cerca de los clientes para entender sus necesidades cambiantes, lleva a tiempos prolongados de producción. Además de los costos correspondientes al almacenamiento, lo cual conlleva tanto el espacio físico, como las tareas de manipulación, controles y seguros.

Para reducir este tipo de desperdicio se deben buscar los procesos que no producen más de lo que el cliente necesita. Además de reducir mejorando los tiempos de cambio y de preparación, y balancear las líneas de producción.

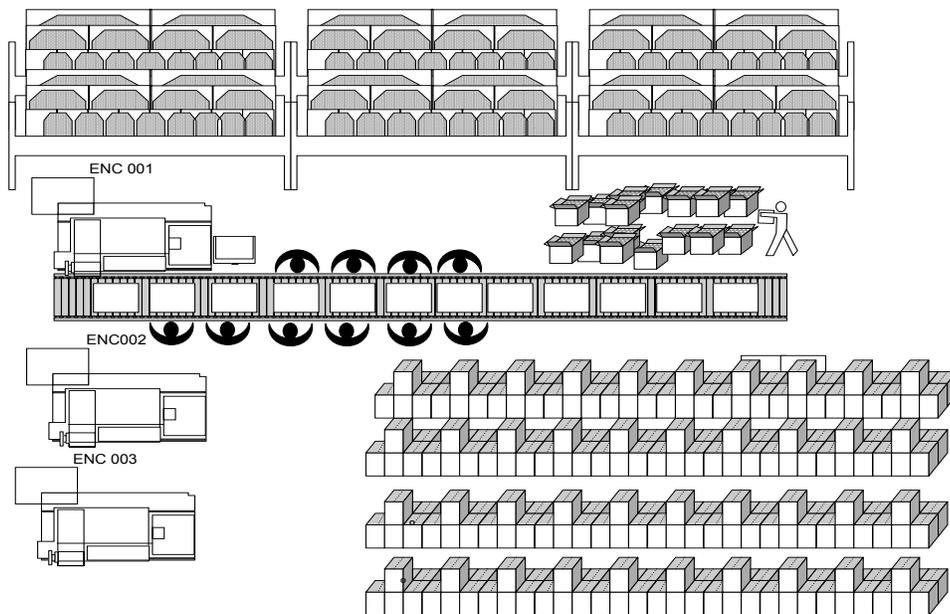


Figura 3.13. Sobreproducción: En la figura se puede apreciar que hay un exceso de producción.
(Fuente: Propia)

Espera.

Las Pérdidas por Tiempo de Espera se deben a personas, procesos o productos parcialmente terminados que están parados mientras esperan instrucciones, información o materias primas. La mala planificación, el poco apoyo de los proveedores, la mala comunicación o inventarios no precisos provocan que los procesos y las personas se encuentren parados y

cuesten tiempo valioso y ganancias.

Para minimizar este desperdicio se deben identificar las máquinas detenidas que se encuentren esperando a la operación anterior o la que sigue, materiales, instrucciones, programas o información.

Se puede reducir equilibrando las cargas de trabajo y utilizando una Gráfica de Barras de Tiempos de Ciclo/*Tack time* para la sincronización de procesos, además de una adecuada distribución de planta.

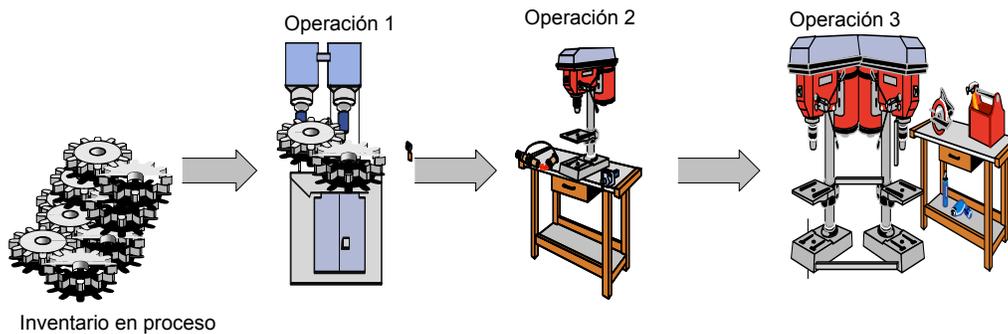


Figura 3.14. Espera: las máquinas se encuentran detenidas esperando que el proceso anterior termine de maquinarse el inventario que tiene en proceso (WIP: *Work In Process*).
(Fuente: Propia)

Transporte innecesario.

La pérdida por transporte ocurre cuando el producto, el equipo o la información son movidos más seguido o más lejos de lo necesario. Durante procesos de pasos múltiples, los materiales y el personal se mueven de un proceso a otro, los cuales están separados por distancia y/o tiempo. En lugar de que los procesos sean secuenciales o se encuentren uno al lado del otro, están muy separados y se necesitan montacargas, bandas transportadoras u otros dispositivos para reposicionar a los materiales para el siguiente paso en el proceso. Todos estos movimientos no agregan valor.

Se puede reducir este desperdicio minimizando la distancia física entre materiales y de transportación, con nueva Distribución (células de trabajo).

En la figura de abajo se observa como un operario tiene que realizar varios movimientos para obtener el producto final.

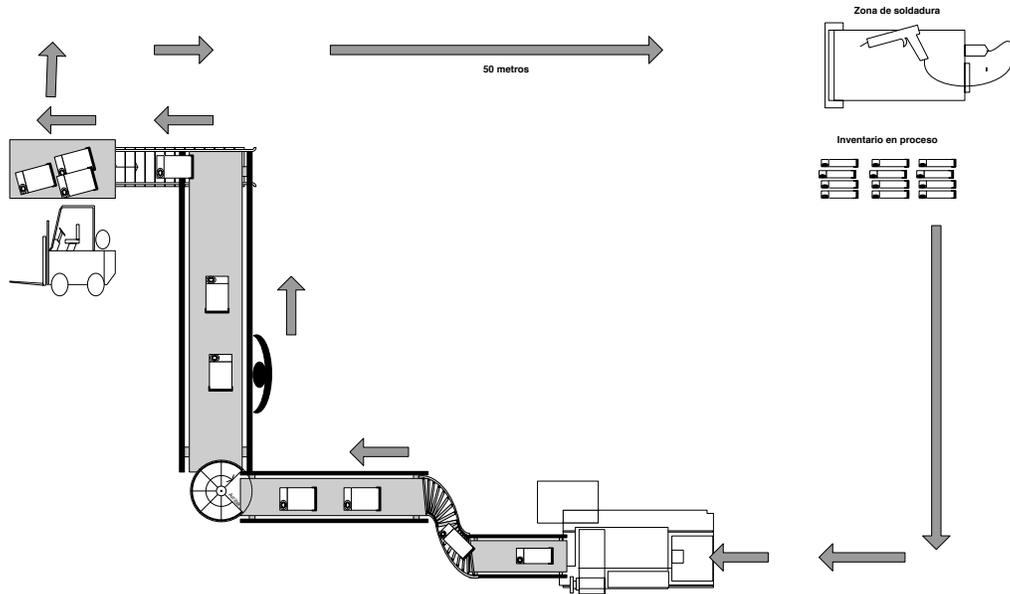


Figura 3.15. Transporte innecesario. En esta figura se observa como el operario tendrá que ir al área de soldadura que se encuentra a 50 metros del lugar en donde realiza las operaciones y posteriormente tendrá que regresar con las piezas soldadas al área de inspección.
(Fuente Propia)

Sobre procesamiento.

Las pérdidas por Sobre procesamiento son originadas por producir un mejor producto o prestar un mejor servicio de lo que necesita el cliente o está dispuesto a pagar. Agregar características sin que agreguen valor para el cliente no constituye ninguna mejora del producto o proceso. La falta de monitoreo de cómo los clientes usan los productos o servicios conduce a integrar o proporcionar características que se piensa que buscan o necesitan, sin que se esté seguros de ello.

Además se debe al diseño inadecuado de partes, mantenimiento insuficiente del equipo, etc.

Se puede reducir determinando si la característica, el servicio o el producto se requieren o si cuestan más de lo que los clientes están dispuestos a pagar, basado en el entendimiento extenso de cómo los clientes usan el servicio o producto, por un lado, y por otro, modificar el diseño de las partes, aplicar la limpieza en las áreas, etc.

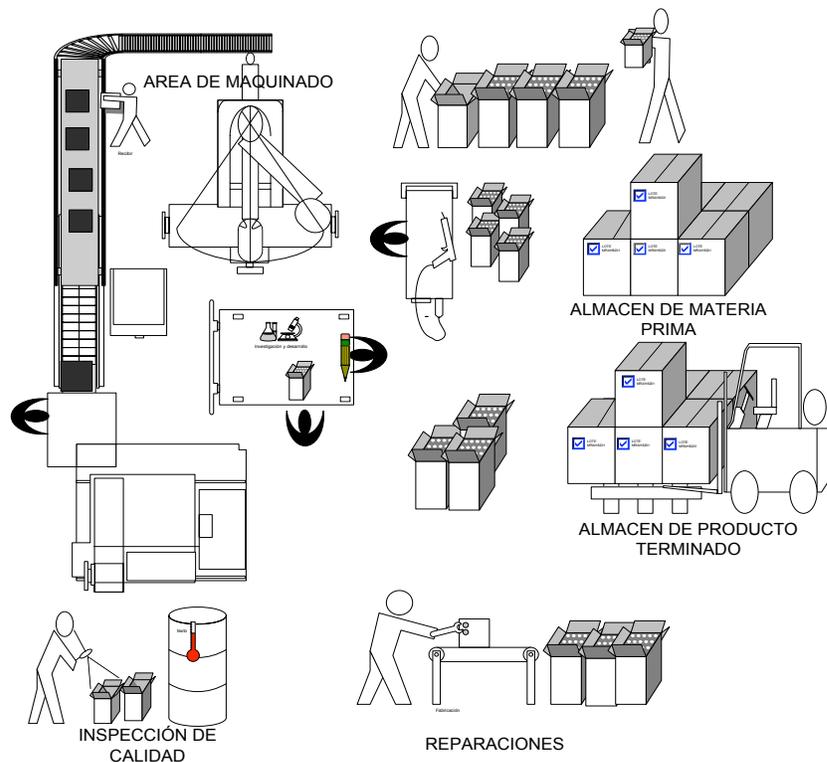


Figura 3.16. Sobre procesamiento. En esta figura se muestra una Distribución de Planta deficiente en una planta productora de lápices de madera. Se observa que las áreas para los distintos procesos no están bien definidas, por lo que ocasiona que se tenga que inspeccionar cada lote de lápices que se producen por no tener controlados los procesos.
(Fuente: Propia)

Exceso de inventario.

Para que los inventarios puedan disminuir es necesario que su papel sea menos indispensable. Tienen esencialmente una función de seguridad: existen porque los plazos necesarios para fabricar una nueva pieza o un nuevo producto son demasiados largos para hacer frente a un pedido urgente o a un defecto de fabricación o a una avería de las máquinas. Los almacenes no pueden por tanto reducirse sin una fuerte disminución de los plazos. Recíprocamente, para que los plazos puedan disminuirse será necesario encadenar con mayor rapidez las operaciones de producción y, por tanto, dejar de constituir inventarios intermedios.

Las pérdidas por inventario ocultan muchas condiciones no deseadas. Inventarios excesivos podrían cubrir problemas de calidad como retrabajo y defectos, problemas con la fuerza laboral y/o problemas en la programación de la producción, tiempos de entrega excesivos y problemas con los proveedores. Es muy costoso mantener un inventario excesivo que requiere capital que paga interés. Inventarios excesivos reducen el Retorno de Inversión de la fuerza laboral y materias primas.

Se puede reducir a través de la implementación de movimientos Justo A Tiempo de materiales y *Kanbans*, desechando el material obsoleto, reduciendo la compra de materia prima en grandes lotes, lotes de producción pequeños.

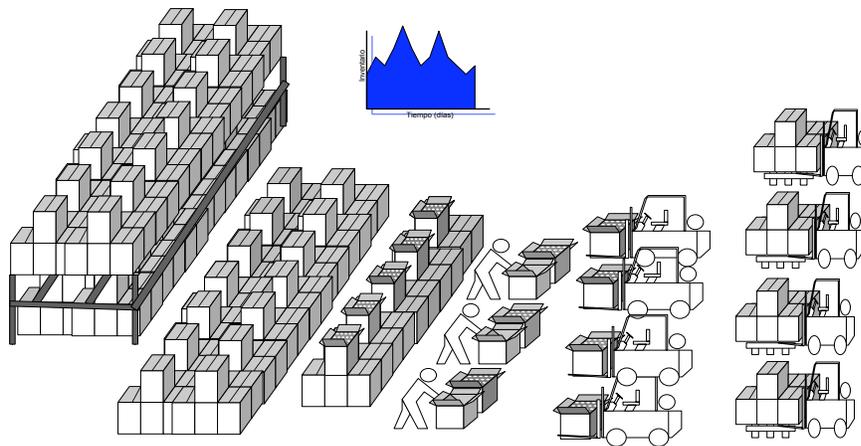


Figura 3.17. Exceso de inventario. En esta figura se observa un exceso de inventario de producto terminado, el cual debe ser inspeccionado antes de colocarse en los racks.
(Fuente: Propia)

Movimientos innecesarios.

La pérdida por Movimientos se refiere a los movimientos innecesarios de personas, productos o equipo. Los trabajadores dan muchas vueltas entre su lugar de trabajo y el área de suministros y alrededor de equipos, y efectúan movimientos innecesarios que pueden ser eliminados para acelerar el proceso. Ésta puede ser una de las pérdidas más frustrantes para los trabajadores y la gerencia. La pérdida de tiempo y de producción le resta a muchos procesos la oportunidad de funcionar eficientemente y hacer que los empleados trabajen con mayor eficiencia.

Para reducir al máximo el desperdicio por movimientos innecesarios se puede utilizar un desarrollo y análisis de un Mapa de Cadena de Valor y/o Mapa de Flujo Físico de cada proceso y a través de la reducción de movimientos de los operadores, del equipo o del material.

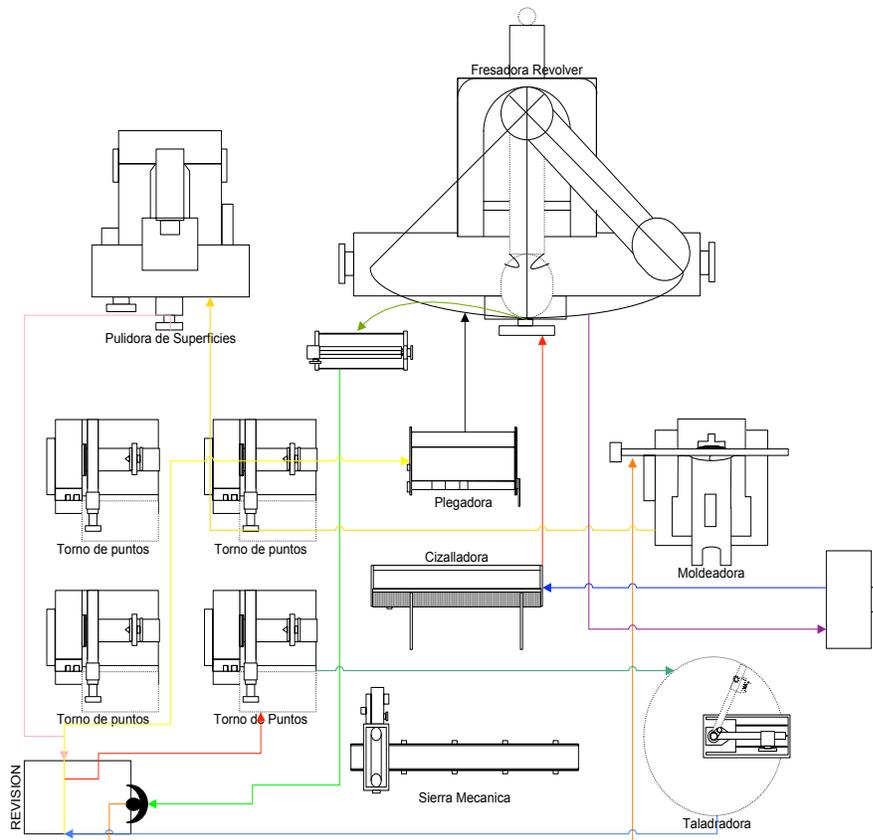


Figura 3.18. Transporte innecesario. Las líneas de colores indican todos los recorridos que realiza el operario. (Fuente: Propia)

Defectos.

Las pérdidas por Defectos ocurren cuando no se cuenta con sistemas eficaces de prevención de defectos, incluyendo las técnicas de Poka-Yoke (A Prueba de Errores). Cuando ocurre algún error o defecto y se transmite a la siguiente operación, o aún peor, cuando se transmite al cliente, se incurre al retrabajo como parte del proceso. Se pierde dinero cuando se produce, se ensambla o se da servicio doblemente, mientras que el cliente solamente paga una vez por los productos y servicios.

Se pueden reducir estos desperdicios mejorando los Controles Visuales e iniciando Procedimientos de Operaciones Estándar más completos. También implementando Poka-Yoke en el origen del error o en el lugar donde ocurre.

3.5. Las 5's en el lugar de trabajo.

Concepto¹⁵.

Hay varias áreas de oportunidad en una planta que muchas veces son dejadas tal y como están, por miedo a la repercusión que puedan tener en las ganancias. Estas áreas de oportunidad son desperdicios de recursos humanos, dinero, espacio, tiempo, información, entre otros.

En tiempos de bonanza, se les deja como son, pero, al entrar en temporadas de recesión, las compañías rápidamente concentran sus esfuerzos en abordar esas áreas de oportunidad. Sin embargo, lo ideal es minimizar los desperdicios que se generan de una manera continua, sin importar el estado de la compañía.

5's es una herramienta que permite mantener la organización y limpieza del lugar de trabajo, logrando con esto disminuir los desperdicios de una planta, que están escondidos tras el desorden y la falta de limpieza.

Los objetivos que se alcanzan al implementar esta herramienta son:

- Un incremento en calidad.
- Un incremento en productividad.
- Un lugar de trabajo más limpio que provoca un lugar de trabajo más seguro.
- Una reducción en el espacio requerido.

Para poder alcanzar los objetivos arriba mencionados, 5's se enfoca en atacar los siguientes problemas:

1. Tiempo de preparación excesivo. Es el tiempo usado en buscar las herramientas necesarias para realizar una operación.
2. Productos/materiales defectuosos. Los defectos se volverán aparentes en una planta limpia.
3. Áreas de trabajo desordenadas. La limpieza y el orden en el lugar de trabajo incrementan la eficiencia de las operaciones.
4. Retardos en el tiempo de entrega. Para entregar los productos justo a tiempo, las entradas del

¹⁵ *Toyota production system. An integrated approach to Just-In-Time.* 3a. Edición. Yasuhiro Monden. Engineering & Management Press. 1998

proceso de realización del producto deben fluir suavemente.

5. Condiciones inseguras. Cargas mal apiladas, aceite en el piso, etc. Pueden causar accidentes a los trabajadores y pueden llegar a dañar el inventario, lo que incrementará los costos y demorará la entrega.

El Sistema 5's, se originó en Japón bajo el mando de W.E. Deming y se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras.

5's es un método para mejorar el lugar de trabajo y contribuye a la gestión de un área operativa, y al mismo tiempo mejora la moral de los trabajadores y ahorra tiempo, además de crear un ambiente seguro y agradable, productivo, disciplinado, entre otros.

Además, en palabras de Hiroyuki Hirano, al promover 5's, una planta puede proveer los productos que los clientes quieren, con buena calidad, a un bajo costo, rápidamente y de manera segura, incrementando así los beneficios de la compañía.

En varias ocasiones 5's es el primer paso de la aplicación de las herramientas de *Lean Manufacturing* ya que ayuda a eliminar todos los materiales que no son necesarios para desarrollar el trabajo productivo, de esta manera se puede justificar la prioridad de implementación que se le da a 5's.

Al pensar en integrar 5's en la vida laboral mexicana, se tropieza siempre con un mismo obstáculo: la mentalidad del trabajador mexicano. Si bien este obstáculo es real en muchas organizaciones de este país, se ha vuelto el pretexto favorito de muchos para no hacer un esfuerzo por llegar a la esbeltez como empresas. Es en realidad ahí donde se debe probar el interés de los altos mandos por ser una empresa competitiva y rentable a nivel mundial, al mismo tiempo que el ingenio y la habilidad de los mandos medios para vender la idea a los trabajadores, siendo el enlace el nivel estratégico y el nivel operativo de la organización, pero también funcionando como un intérprete, un traductor que ponga los objetivos planteados en la visión de la empresa en términos de ambos niveles, de manera que los dos entiendan los beneficios que una implementación de este tipo de herramientas les remunerará y el esfuerzo demandado para cada uno de ellos.

Si los objetivos de la organización coinciden con los objetivos laborales del trabajador, éste no dudará en ponerse en sintonía con las prácticas de 5's. Muchas veces, esta situación es común en las empresas. El problema surge cuando el trabajador no entiende la visión de su empresa o del área a la que pertenece, y aunque los objetivos tanto de la empresa como del trabajador son

compatibles, esta relación nunca será percibida por el trabajador, mostrando éste una renuencia al cambio al no ver un beneficio en modificar los hábitos que ha practicado durante toda su estancia en la empresa.

El otro obstáculo encontrado en muchos casos de implementación es el sindicato. A nivel mundial, los sindicatos están, hoy en día, en condiciones de saber y aceptar la necesidad de que sus miembros estén al corriente en cuanto a nuevas técnicas de producción y en la importancia de la implementación de *Lean Manufacturing* en empresas involucradas con sus agremiados¹⁶. El caso de México es, desafortunadamente, diferente en la mayor parte de los casos al resto de los países con industrias altamente competitivas.

Si bien el sindicato puede funcionar como un obstáculo en el camino de la implementación de 5's y del resto de la herramientas de *Lean Manufacturing*, ya sea por la inconformidad de la institución misma, ya por la actitud del propio trabajador de escudarse en su sindicato para no intentar cambiar sus hábitos de trabajo, éste no puede ser el factor que detenga toda aspiración de la organización por adaptarse a nuevas formas de trabajo. Es un reto bastante interesante para todo aquel que quiera introducir *Lean Manufacturing* en una organización.

Las 5's son:

1. Organizar (Seiri): clasificar, ordenar, es decir "Lo que no sirve, que no estorbe"
2. Orden (Seiton): "Un lugar para cada cosa, cada cosa en su lugar"
3. Limpieza (Seiso): "Poner la basura en su lugar"
4. Estandarizar (Seiketsu): "Sacar, Ordenar y limpiar"
5. Disciplina (Shitsuke): "Automatización de la conducta"

Primera S: Organizar (Seiri)¹⁷.

Se refiere a "organizar una cantidad de objetos cualquiera por clases, tipos, tamaños, categorías o frecuencia de uso". Además lucha contra el hábito de guardar cosas porque "pudieran ser necesarios algún día". Ayuda a mantener el área de trabajo limpia y ordenada. También es una excelente manera de ganar terreno útil y eliminar herramientas viejas o estropeadas.

¹⁶ *Implementing World Class Manufacturing: A Bridge To Your Manufacturing Survival - Shop Floor Manual*. 1ª edición. Larry Rubrich & Madelyn Watson. *Wcm Associates*. 1998.

¹⁷ <http://impreso.elnuevodiario.com.ni/2008/01/29/emprendedores/68364> (Julio 2009)

Sus criterios de selección son:

- ✓ Deteriorado.
- ✓ Poco funcional.
- ✓ Innecesario.
- ✓ Caduco.
- ✓ Descompuesto.
- ✓ Peligroso.
- ✓ Delicado.
- ✓ Otros.

Segunda S: Ordenar (Seiton).

Abarca el orden del lugar una vez que se haya realizado la Organización (Seiri), es decir, ayuda a encontrar fácilmente objetos, o documentos de trabajo, herramientas, materiales, información, utensilios, entre otros, economizando tiempos y movimientos¹⁸. Una vez eliminados los elementos innecesarios, se define el lugar donde se deben ubicar aquellos que se necesitan con frecuencia, identificándolos para eliminar el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados (es el caso de la herramienta).

Además de facilitar el regresar a su lugar los objetos que se han utilizado, también ayuda a identificar cuando un elemento no se encuentra en su lugar.

Algunos de los métodos utilizados para implementar Orden (Seiton) consisten en:

1. Controles visuales. Un control visual se utiliza para informar de manera ágil el sitio en donde se encuentran los elementos, frecuencia de lubricación de un equipo, tipo de lubricante y sitio donde aplicarlo, estándares sugeridos para cada una de las actividades que se deben realizar en un equipo o proceso de trabajo, dónde ubicar el material en proceso, producto final y si existe, productos defectuosos, sitio donde deben ubicarse los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados, sentido de giro de motores, conexiones eléctricas, etc. Para lograr lo anterior se puede utilizar tanto el marcaje de la ubicación así como el contorno de las herramientas en el lugar en el que deben almacenarse.

Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver.

¹⁸ <http://impreso.elnuevodiario.com.ni/2008/01/29/emprendedores/68364> (Julio 2009)

2. Mapa 5's. Es un gráfico que muestra la ubicación de los elementos que se pretenden ordenar en un área de la planta. El Mapa 5's permite mostrar donde ubicar el almacén de herramientas, elementos de seguridad, extintores de fuego, duchas para los ojos, pasillos de emergencia y vías rápidas de escape, armarios con documentos o elementos de la máquina, etc.

Tercera S: Limpiar (Seiso).

Significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos del lugar de trabajo. Implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Exige realizar trabajo creativo de identificación de las fuentes de suciedad y contaminación para tomar acciones de raíz para su eliminación, de lo contrario, sería imposible mantener limpio y en buen estado el área de trabajo. Se trata de evitar la suciedad, el polvo y todo agente que dañe los materiales, equipo, etc.

Algunos de sus beneficios son el alargamiento de la vida útil de los equipos e instalaciones, menor riesgo de contraer enfermedades profesionales, disminución de los accidentes, entre otros.

Limpiar (Seiso) implica retirar y eliminar profundamente la suciedad, desechos, polvo, óxido, limaduras de corte, arena, pintura y otras materias extrañas de todas las superficies.

Durante la limpieza es necesario tomar información sobre las áreas de acceso difícil, ya que en un futuro será necesario realizar acciones kaizen o de mejora continua para su eliminación, facilitando las futuras limpiezas de rutina.

Debemos insistir que la limpieza es un evento importante para aprender del equipo e identificar a través de la inspección las posibles mejoras que requiere el mismo. La información debe guardarse en fichas o listas para su posterior análisis y planificación de las acciones correctivas.

Estandarizar (Seiketsu).

Es la metodología que nos permite que una vez que se han implementado las primeras 3 eses, debería convertirse en una norma mantener estas buenas prácticas en el área de trabajo. Se debe tener normas fáciles de seguir y de desarrollar y permitir a los empleados participar en su desarrollo.

En esta etapa o fase de aplicación (que debe ser permanente), son los trabajadores quienes diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a sí mismos. Para generar esta cultura se

pueden utilizar diferentes herramientas como son: fotografías para así recordar el estado que debería permanecer, otra es el desarrollo de normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo.

Algunos de los beneficios de Estandarizar (Seiketsu) es que se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo, se mejoran los hábitos de los trabajadores al conservar su lugar de trabajo limpio, se incrementa la productividad, entre otros.

Disciplina (Shitsuke).

Esta "ese" consiste en la disciplina, es decir, convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza del lugar de trabajo. Implica un desarrollo de la cultura del autocontrol dentro de la empresa. Si la dirección de la empresa estimula que cada uno de los integrantes aplique el Ciclo Deming en cada una de las actividades diarias, es muy seguro que la práctica de la Disciplina (Shitsuke) no tendría ninguna dificultad. Es esta "ese" el puente entre las 5's y el concepto Kaizen o de mejora continua.

Por lo tanto, esta "ese" debe permitir el respeto a las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo limpio y libre de cualquier agente extraño; promover el hábito de autocontrolar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas; comprender la importancia del respeto por los demás, etc.

Para que la Disciplina (Shitsuke) sea implementado de manera eficaz es necesaria la visión compartida, esto es que exista una convergencia entre la visión de una organización y la de sus empleados. Por lo tanto, es necesario que la dirección de la empresa considere la necesidad de liderar esta convergencia hacia el logro de metas comunes de prosperidad de las personas, clientes y organización.

Además es indispensable la formación, educar e introducir mediante el entrenamiento de "aprender haciendo" cada una de las 5's. No se trata de construir "espectaculares" con frases, eslóganes y caricaturas divertidas como medio para sensibilizar al trabajador. Estas técnicas de *marketing* interno servirán puntualmente pero se agotan rápidamente.

El Dr. Kaoru Ishikawa¹⁹ manifestaba que estos procesos de creación de cultura y hábitos buenos en el trabajo se logran preferiblemente con el ejemplo. No se le puede pedir a un mecánico de mantenimiento que tenga ordenada su caja de herramienta, si el jefe tiene descuidada su mesa

¹⁹ KAOURO ISHIKAWA. Introducción al Control de la Calidad, editorial Diaz de Santos SA, 1994.

de trabajo, desordenada y con muestras de tornillos, juntas, piezas y recambios que está pendiente de comprar.

También es muy importante contar con el tiempo para aplicar las 5's, ya que el trabajador requiere de tiempo para practicarlas. Es frecuente que no se le asigne el tiempo por las presiones de producción y se dejen de realizar las acciones. Este tipo de comportamientos hacen perder credibilidad. Se necesita tener el apoyo de la dirección para sus esfuerzos en lo que se refiere a recursos, tiempo, apoyo y reconocimiento de logros.

Además, es importante mencionar que existen 4's más, de las cuales se hace una breve explicación a continuación²⁰:

1. Shikari (Constancia)

Preservar en los buenos hábitos es aspirar a la justicia, en este sentido practicar constantemente los buenos hábitos es justo con uno mismo y lo que provoca que otras personas tiendan a ser justos con uno, la constancia es voluntad en acción y no sucumbir ante las tentaciones de lo habitual y lo mediocre. Hoy se requieren de personas que no claudiquen en su hacer bien (eficiencia) y en su propósito (eficacia)

2. Shitsukoku (Compromiso)

Esta acción significa ir hasta el final de las tareas, es cumplir responsablemente con la obligación contraída, sin voltear para atrás, el compromiso es el último elemento de la trilogía que conduce a la armonía (disciplina, constancia y compromiso), y es quien se alimenta del espíritu para ejecutar las labores diarias con un entusiasmo y ánimo fulgurantes.

3. Seishoo (Coordinación)

Como seres sociales que somos, las metas se alcanzan con y para un fin determinado, el cual debe ser útil para nuestros semejantes, por eso los humanos somos seres interdependientes, nos necesitamos los unos y los otros y también no participamos en el ambiente de trabajo, así al actuar con calidad no acabamos con la calidad, sino la expandemos y la hacemos mas intensa. Para lograr un ambiente de trabajo de calidad se requiere unidad de propósito, armonía en el ritmo y en los tiempos.

²⁰ <http://www.monografias.com/trabajos12/caldes/caldes.shtml> (abril 2009)

4. Seido (Estandarizacion)

Para no perderse es necesario poner señales, ello significa en el lenguaje empresarial un final por medio de normas y procedimientos con la finalidad de no dispersar los esfuerzos individuales y de generar calidad. Para implementar estos nueve principios, es necesarios planear siempre considerando a la gente, desarrollar las acciones pertinentes, checar paso a paso las actividades comprendidas y comprometerse con el mejoramiento continuo.

3.6. TPM (Mantenimiento Total Productivo).²¹

Concepto de TPM.

Las averías e incidentes de la maquinaria son una de las principales plagas de la industria, no siendo raro encontrarse con fábricas en que la tasa media de inmovilización del conjunto de los equipos es superior al 40%. Esta falta de disponibilidad recorta gravemente la capacidad de producción de las máquinas y, con ello, aumenta el coste medio de la producción. Ello explica que los plazos de fabricación sean largos y que, sin embargo, difícilmente se respeten. Constituye un obstáculo fundamental para la rápida salida de los productos de una fábrica.

La falta de disponibilidad de los equipos es la resultante de dos fenómenos: falta de fiabilidad y mantenimiento insuficiente. La falta de fiabilidad explica la frecuencia elevada de averías e incidencias. El mantenimiento defectuoso se traduce en plazos largos de reparaciones y de puesta a punto.

Las averías e incidencias en el funcionamiento de las máquinas pueden presentar múltiples aspectos. Se trata a veces de insuficiencias en la concepción de las máquinas y a menudo del modo como se utilizan.

Una máquina industrial es un sistema complicado, compuesto de elementos mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos. Las posibilidades de averías o incidencias son por ello múltiples. Esta diversidad de tipos de averías o incidencias hace, en cientos de casos, difícil su diagnóstico. Por ello, tradicionalmente, los servicios de mantenimiento esperan que se produzcan las averías para luego proceder a repararlas, en lugar de preverlas y prevenirlas.

La calidad en la concepción de los equipos progresa constantemente. Sin embargo, la

²¹ TOKUTARO Suzuki. TPM in process Industries, editorial Productivity Press, Portland Oregon, 1992

maquinaria que las fábricas han adquirido en el pasado y debe utilizar hoy, presentan a menudo algunas ineficiencias. Por ejemplo, ciertos mecanismos son a veces inútilmente complicados, lo que los hace frágiles. El funcionamiento de las máquinas sería más regular y previsible si estuviera provista de detectores de anomalías, de indicadores, de señales o reguladores. Estas insuficiencias de las máquinas raras veces requieren su sustitución por equipos más recientes. En la mayoría de los casos resulta factible mejorar la maquinaria, corrigiendo sus puntos débiles, equipándolas con dispositivos de regulación o control de su funcionamiento. La concepción de las máquinas puede también ser responsable de algunas reparaciones, por ser los elementos difícilmente accesibles, poco modulares o requerir demasiado tiempo para su sustitución.

Siendo la producción la razón de ser de las fábricas, las máquinas se tratan de utilizar en el mayor grado posible. Resulta por tanto difícil encontrar tiempo para su mantenimiento. Simplemente suele esperarse que la próxima avería acontezca lo más tarde posible. A fin de aminorar sus efectos, se aprovechan los períodos de buen funcionamiento a los efectos de constituir un *stock* de reserva. Las máquinas, en consecuencia, reciben mantenimiento insuficiente y se limpian en pocas ocasiones, de modo que en la mayoría de las fábricas se encuentran sucias, cubiertas de polvo, de grasa, de salpicaduras de aceite y de virutas. E igual sucede en su entorno inmediato. Esta falta de limpieza produce efectos nefastos sobre la fiabilidad de las máquinas. Los residuos o el polvo amontonado, el agua o las demás impurezas originan bloqueos o averías de funcionamiento. La capa de suciedad que cubre a una máquina impide ver un escape de aceite, la cual presagia una avería interior.

Así tenemos pues, que la mayoría de las empresas tradicionales de Occidente suele recurrir sólo al mantenimiento accidental o “curativo”, consistente esencialmente, aparte de los engrases, en esperar que se produzca la avería para proceder luego a su reparación.

Lo correcto es implementar mantenimientos preventivos y predictivos. El mantenimiento preventivo consiste en efectuar sistemáticamente intervenciones, esencialmente para cambiar elementos y dejar otra vez en buen estado las máquinas. Las intervenciones tienen lugar tras un período determinado de funcionamiento, medido en unidades de tiempo (horas, días, semanas), en kilómetros recorridos, unidades producidas (cantidades de unidades, metros, toneladas, kilogramos) o cantidades de insumos procesadas. La periodicidad de las intervenciones viene generalmente determinadas por un análisis estadístico de las averías anteriores o bien por los estándares de durabilidad informados por los proveedores.

En tanto, el mantenimiento predictivo intenta igualmente prevenir las averías, pero apunta a lograrlo de una manera más económica y segura. Este sistema de mantenimiento se basa en el

seguimiento regular de un equipo durante su funcionamiento, a fin de identificar sus degradaciones y predecir las necesidades de intervención en él. El seguimiento se efectúa esencialmente mediante la “auscultación” de la máquina vía índice de vibraciones, de los fallos, de los acoplamientos de motores o herramientas, entre otros. Como se dijo, este sistema se orienta a ser económico, al eliminar los reemplazamientos superfluos o prematuros de componentes, propios del mantenimiento preventivo, además de ser más seguro, al predecir casos de averías anormales que el sistema preventivo puede dejar pasar.

No es posible limitarse a un mantenimiento accidental orientado a reparar o a poner nuevamente en servicio los equipos cada vez que se averían. Es preciso luchar contra las causas de la falta de disponibilidad de las máquinas, siendo el objetivo para ello disminuir en el mayor grado posible las averías o incidentes. Esta acción deberá acompañarse de una reducción de los tiempos de reparación o de nueva puesta en servicio, a fin de evitar que los fallos inesperados resulten penalizadores.

La puesta en práctica generalizada del mantenimiento preventivo suele juzgarse erróneamente de efectos lentos, en tanto que el mantenimiento predictivo puede necesitar de un nivel de medios y conocimientos técnicos que ciertas fábricas pueden adolecer en el corto plazo. A los efectos de superar esta disyuntiva conviene definir acciones sencillas que permitan reducir rápidamente y en alto grado el número de averías e incidencias. El conjunto de tales acciones puede agruparse bajo el término de “Mantenimiento Productivo Total”, del cual los mantenimientos preventivo y predictivo no representan sino dos aspectos.

Las acciones a efectuar se inspiran en tres ideas simples:

1. Para reducir el número de fallos de una máquina es preciso, ante todo, saber qué le sucede.
2. Para mejorar la utilización y el seguimiento de la máquina, hay que implicar a su operador.
3. Dados los múltiples casos de averías o incidencias de máquinas, puede parecer difícil reducir rápidamente su frecuencia. Basta en realidad ser lógico: hay que empezar luchando contra los problemas principales.

Saber lo que sucede. Lo primero que ha de hacerse es situar junto a cada una de las máquinas un cuaderno de seguimiento de su funcionamiento, a cumplimentar por el operador cada vez que sobreviene una avería o una incidencia. (En lugar de cuaderno puede utilizarse un software de computación). El cuaderno debe contener información muy simple a los efectos de

hacer un análisis posterior de los fallos.

Algo vital tanto para mejorar la calidad, como para reducir los inventarios y disminuir los tiempos ociosos tanto de máquinas como de personal, es instaurar los sistemas de Tiempos Cortos de Preparación (SMED) y el Mantenimiento Productivo Total.

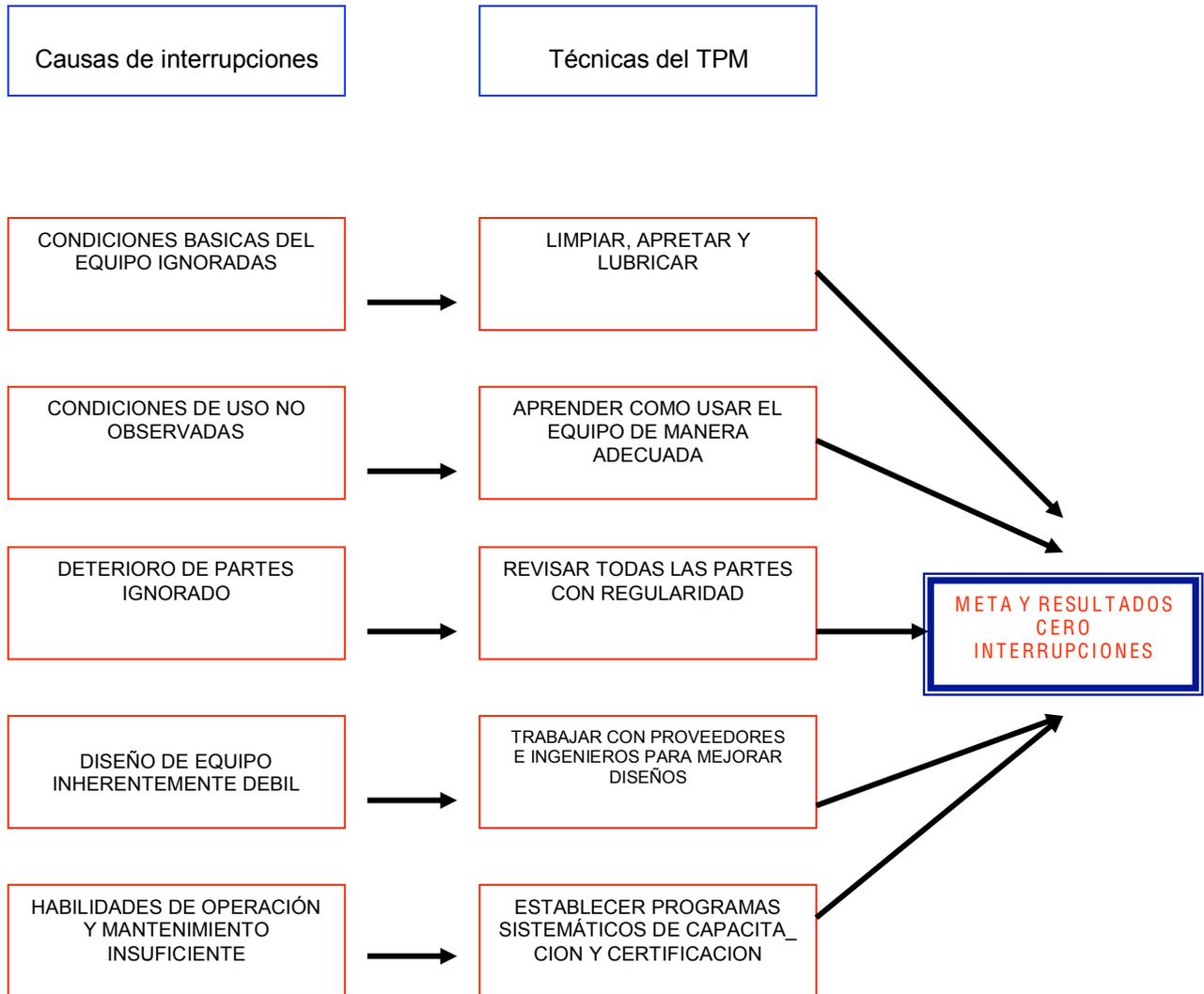


Figura 3.19. Metas del TPM.
(Fuente: TPM in process Industries, SUZUKI TOKUTARO)

El mantenimiento productivo total es un enfoque al mantenimiento de equipo que resulta en que no se presente ningún paro. Este enfoque de mantenimiento total puede ponerse en práctica con rapidez y supone enseguida una reducción considerable de la falta de disponibilidad de las máquinas, al mismo tiempo que disminuye los niveles de fallas o errores, incrementa la

productividad y reduce los costos.

Llevar un sistema estadístico y un Control Estadístico de Procesos para verificar la evolución y regularidad en la evolución de las máquinas forma parte también del TPM.

Debido a que las actividades iniciales del TPM se enfocaban a los departamentos de producción, el TPM estaba originalmente definido por el Instituto Japonés de Mantenimiento productivo (JIPM) para incluir las siguientes 5 estrategias:

1. Maximizar la efectividad de todo el equipo.
2. Establecer un sistema comprensivo de mantenimiento productivo que cubra la vida del equipo.
3. Involucrar a todos los departamentos que planean, usan y mantienen el equipo.
4. Involucrar a todos los empleados desde la alta dirección hasta los trabajadores de línea.
5. Promover el mantenimiento productivo a través de la administración de la motivación, por ejemplo, actividades con pequeños grupos autónomos.

Ahora, sin embargo, el TPM es aplicado en muchas organizaciones, en muchos departamentos de producción y desarrollo del producto, así como también en departamentos de administración y ventas. Para reflejar esta tendencia, el JIPM introdujo una nueva definición de TPM, con los siguientes componentes estratégicos:

1. Construir una constitución corporativa que maximizará la efectividad de los sistemas de producción.
2. Usando un acercamiento de planta, construir una organización que prevenga cualquier tipo de pérdida (asegurando cero accidentes, cero defectos y cero fallas) para la vida del sistema de producción.
3. Involucrar a todos los departamentos al implementar el TPM, incluyendo desarrollo, ventas y administración.
4. Involucrar a todos, desde la alta dirección hasta los trabajadores de planta.
5. Conducir las actividades de cero pérdidas mediante el traslape de actividades de pequeños grupos.

Pasos del TPM.

El TPM se implementa normalmente en cuatro fases (preparación, introducción, implementación y consolidación), las cuales pueden ser desglosadas en doce pasos.

Fase de preparación (pasos 1 – 5).

Es vital preparar la fundación de un programa de TPM cuidadosa y ampliamente. Si la planeación es descuidada, se necesitarán modificaciones y correcciones repetidas durante la implementación. La fase de preparación comienza con el anuncio por parte de la alta dirección de su decisión de introducir el TPM y se completa cuando se ha formulado el plan maestro de desarrollo del TPM.

Fase de introducción (paso 6: echar a andar las iniciativas del TPM).

Una vez que el plan maestro ha sido aprobado, se puede dar comienzo al TPM. El inicio debe estar diseñado para cultivar una atmósfera que levante la moral e inspire dedicación. En Japón, es frecuente realizar una junta de toda la compañía a la cual se invita a los clientes de la compañía, afiliados y subcontratistas. En la junta, la alta dirección reconfirma su compromiso de implementar el TPM y reportar los planes desarrollados y el trabajo realizado durante la fase de preparación.

Fase de implementación (pasos 7 – 11).

Durante la fase de implementación, se llevan a cabo actividades selectas, diseñadas para alcanzar los objetivos mostrados en el plan maestro. El orden y tiempo de las actividades en los pasos 7 al 11, deben estar adaptadas a las características particulares de la compañía, división o planta. Algunas actividades se pueden llevar a cabo concurrentemente.

Fase de consolidación (paso 12: sostener los niveles y refinar).

En Japón, la primera etapa de un programa de TPM termina cuando una compañía gana un premio de mantenimiento productivo. Aún así, las actividades de TPM de la compañía no deben detenerse allí. Hay que hacerlas encajar firmemente en la cultura corporativa y continuar haciéndolas más efectivas.

Una compañía crece al perseguir continuamente objetivos más y más altos, objetivos que

reflejen una visión de lo que la compañía cree que puede llegar a ser.

Recientemente, más compañías se están dando cuenta de la importancia de poner en su justa dimensión las mejoras que les da su programa inicial de TPM.

Paso 1: La alta dirección anuncia su decisión de introducir el TPM.

Todos los empleados deben entender por qué su compañía esta introduciendo TPM y deben estar completamente concientes de su necesidad. Costos crecientes de materia prima y semiproductos, precios de productos a la baja y otras fluctuaciones en el ambiente de negocios están forzando a la industria a organizarse a si misma más eficientemente. Varias compañías están adoptando TPM como una manera de resolver sus complejos problemas internos para salir de la tormenta económica. Obviamente, la alta dirección debe considerar estos puntos cuidadosamente antes de anunciar su decisión de introducir TPM.

De cualquier manera, cuando la alta dirección hace este compromiso, debe declarar la intención de llevar el programa de TPM hasta su fin. Se debe informar a todos los empleados y partes externas interesadas que la administración entiende el valor a largo plazo del TPM y proveerá el soporte físico y organizacional necesario para solucionar los problemas que pueden surgir durante la implementación. La preparación del TPM comienza formalmente cuando se hace su anuncio.

Paso 2: Educación introductoria del TPM.

Antes de poder implementar un programa de TPM, se debe entender. Para lograr esto, algunas personas asisten a seminarios externos, y se debe implementar un programa de entrenamiento interno.

Paso 3: Crear una organización de promoción al TPM.

El TPM se promueve a través de una estructura de traslape de pequeños grupos. En este sistema, los líderes de los pequeños grupos en cada nivel organizacional son miembros de pequeños grupos en el nivel inmediato superior. La alta dirección también constituye un pequeño grupo. Este sistema es extremadamente efectivo para desplegar las políticas y metas de la alta dirección a través de toda la organización.

Se debe establecer una oficina de promoción de TPM responsable de desarrollar y promover

estrategias efectivas de promoción de TPM. Para ser efectiva, la oficina debe ser trabajada por personal de tiempo completo permanente, asistido por varios comités y subcomités. Sus funciones incluyen preparar el plan maestro del TPM y coordinar su promoción, idear maneras de mantener por un buen camino las actividades del TPM, encabezar campañas enfocadas, diseminar información y organizar la publicidad. La oficina de promoción, juega un papel especialmente importante en la administración de la implementación de mantenimiento autónomo y las actividades de mejoramiento enfocado.

Paso 4: Establecer políticas y metas básicas del TPM.

Una política básica de la compañía sobre TPM debe ser una parte integral de su política de negocios general y debe indicar las metas y direcciones de las actividades a realizar. Las metas del TPM deben estar relacionadas con las metas a largo y mediano plazo sobre negocios de la compañía y se debe decidir solamente después de una amplia consulta entre todos los involucrados, incluyendo a la alta dirección. El programa de TPM dura el tiempo requerido para alcanzar estas metas.

Se deben expresar las metas tan numéricamente como sea posible. Para establecer metas, hay que empezar por establecer bases claras. Éstas deben proveer una imagen de la situación existente y se debe expresar en parte cuantitativamente y en otra cualitativamente. Establecer una meta significa estimar un nivel de aceptación por encima de una línea de partida en particular. Decidir qué tan encima de la línea hay que poner la meta es siempre la pregunta más difícil. Las metas deben ser muy desafiantes, pero también alcanzables.

Paso 5: Bosquejar un plan maestro del TPM.

Para formular un plan maestro para implementación, primero hay que decidir qué actividades deben perseguirse para conseguir las metas del TPM. Este es un paso importante porque hace a la gente pensar en las maneras más eficientes de cubrir los tramos entre las líneas de partida y las metas.

Las ocho actividades nucleares del TPM son:

- Mejoramiento enfocado.
- Mantenimiento autónomo.
- Mantenimiento planeado.
- Educación y entrenamiento.

- Administración temprana.
- Mantenimiento de calidad.
- Actividades del departamento administrativo y de soporte.
- Administración ambiental y de seguridad.

Otras actividades importantes incluyen:

- Diagnósticos y mantenimiento predictivo.
- Administración del equipo.
- Desarrollo de producto y diseño y construcción del equipo.

Estas actividades necesitan presupuestos y deben ser supervisados apropiadamente. Se debe establecer un calendario para cada actividad e integrarlo en el plan maestro.

Paso 6: poner en marcha las iniciativas del TPM.

Una vez que el plan maestro ha sido aprobado, se puede echar a andar el TPM. La puesta en marcha debe estar diseñada para cultivar una atmósfera que levante la moral e inspire dedicación. En Japón, frecuentemente se organiza una junta general a la cual se invita a clientes de la compañía, afiliados y subcontratistas. En la junta, la alta dirección reconfirma su compromiso de implementar TPM y reportar los planes desarrollados y el trabajo realizado durante la fase de preparación.

Paso 7-1: Mejoramiento enfocado.

El mejoramiento enfocado es una actividad de mejoramiento hecha por equipos de proyectos interdisciplinarios, compuestos de gente como ingenieros de producción, personal de mantenimiento y operarios. Estas actividades están diseñadas para minimizar pérdidas identificadas que han sido cuidadosamente medidas y evaluadas.

Además de las siete pérdidas mayores experimentadas en industrias de fabricación y ensamble, las industrias de procesamiento tienen tres tipos adicionales de pérdida: las pérdidas relacionadas con la gente, tales como pérdidas de trabajo y baja operación; pérdidas de materia prima como producción, consumo unitario y pérdidas de reciclaje; y pérdidas de administración como paro por mantenimiento y pérdidas de energía.

En las industrias de procesamiento, la actividad de mejoramiento enfocado se dirige hacia un

objeto específico como puede ser un proceso, un sistema de flujo, un componente de un equipo, o un procedimiento operativo. Por ejemplo, el diseño de proceso debe ser una parte integral del desarrollo y mejora del producto. Un proyecto de mejoramiento enfocado puede identificar asuntos vitales como el establecimiento del criterio para seleccionar procesos y sus condiciones, descubrimiento de deficiencias en los procesos e identificación y acortamiento de brechas entre las condiciones reales e ideales de los procesos.

La tendencia hacia la operación desatendida está muy avanzada en las industrias de procesamiento y probablemente se profundizará en ella en el futuro. Por esta razón, las ideas para estabilizar los procesos y eliminar los paros de equipo y tiempo muerto también son temas importantes para el mejoramiento enfocado.

Cuando la mira está puesta estrictamente en el equipo, los equipos de proyecto siguen una aproximación similar a la desarrollada en las industrias de fabricación y ensamble. Ellos documentan y analizan las pérdidas mayores relacionadas con el equipo, después, estudian cuidadosamente el equipo para identificar las condiciones del proceso necesarias para proveer y asegurar que el proceso puede satisfacerlas.

Ya sea que el enfoque es hacia el proceso, el flujo de trabajo, equipo o en los procedimientos de operación, la actividad de mejoramiento enfocado tiene un uso efectivo en métodos de análisis causal, tales como los análisis por qué-por qué y análisis P-M.

Paso 7-2: Mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo es una de las actividades más distintivas del TPM. Después de que el mantenimiento preventivo fue introducido en Japón desde EUA, la operación y el mantenimiento fueron formalmente separados. A medida que los operarios perdieron la propiedad de su equipo, perdieron gradualmente el sentido de responsabilidad de darles mantenimiento.

El mantenimiento autónomo practicado en TPM revierte esta tendencia. Los operarios se involucran en el mantenimiento de rutina y actividades de mejoramiento que evitan el deterioro acelerado, controlan la contaminación y ayudan a prevenir problemas del equipo. Debido a que las plantas de procesamiento emplean un número pequeño de operarios en relación al número y tamaño de las unidades de equipo, se deben adaptar algunas estrategias de los enfoques tradicionales seguidos en las industrias de fabricación y ensamble, para alcanzar los objetivos del mantenimiento autónomo. Cuando se ajusta el mantenimiento autónomo a ambientes de proceso individual, los equipos de planeación deben:

- Considerar cómo los pasos del mantenimiento autónomo pueden ser aplicados más efectivamente en diferentes tipos de equipo.
- Investigar la importancia relativa de diferentes componentes de equipos y determinar los enfoques de mantenimiento más apropiados.
- Priorizar las tareas de mantenimiento.
- Asignar responsabilidades apropiadamente entre personal de producción y de mantenimiento especializado.

Las actividades de mantenimiento autónomo son implementadas por pasos y son efectivas únicamente si se controla estrictamente la progresión de un paso al otro. Para manejar esto, se deben designar grupos oficiales de auditoría y establecer estándares de aprobación/rechazo. La gerencia de planta debe dar la aprobación final para que los grupos se gradúen de un paso y avancen hacia el otro.

¿Por qué es tan importante el control? La limpieza inicial (paso 1), por ejemplo, involucra mucho más que simplemente limpiar y poner en orden el equipo y las áreas adyacentes. Si los esfuerzos del equipo no se enfocan en identificar y tratar los problemas encontrados durante la limpieza, los objetivos de eliminar y controlar el deterioro no podrá ser alcanzado.

De manera similar, dependiendo de la localización de la planta, la salinidad, lluvia, nieve y demás, pueden corroer el equipo y erosionar sus bases. Los productos como polvos, líquidos, gases, sólidos y otros, pueden también causar deterioro acelerado del equipo, mediante dispersión, fugas, sedimentos, etc. Cómo se trate ese deterioro, dependerá en parte del ambiente, el equipo o la forma del producto. De cualquier forma, si el paso 2 del programa de mantenimiento autónomo (una acción contra fuentes de contaminación y lugares inaccesibles) no se implementa de manera apropiada, el programa se regresará inmediatamente al paso 1 o incluso más atrás. La auditoría paso a paso de las actividades de equipo para mantenerlas propiamente enfocadas es esencial para una exitosa implementación del mantenimiento autónomo.

Paso 7-3: Mantenimiento Planeado.

El mantenimiento planeado o calendarizado abarca tres formas de mantenimiento: mantenimiento por interrupción, preventivo y predictivo. Al igual que otras actividades de TPM, al construir un sistema de mantenimiento planeado se debe hacer un paso a la vez.

El propósito de realizar el mantenimiento predictivo y preventivo es eliminar interrupciones,

pero aún cuando se llevan a cabo prácticas sistemáticas de mantenimiento, pueden ocurrir fallas inesperadas. Tales fallas revelan inadecuaciones en los periodos y contenido de los planes de mantenimiento y sacan a la luz mediciones inefectivas de la recurrencia de prevención. En TPM, las actividades de mantenimiento planeado enfatizan el monitoreo de tiempos promedio entre fallas (MTBF) y el uso del análisis para especificar los intervalos de las tareas en calendarios de mantenimiento anual, mensual y semanal.

Un ejemplo clásico de actividad de mantenimiento planeado es el mantenimiento de paro. Con el fin de hacerlos más efectivos, las compañías se están preparando para los paros cada vez con más anticipación. Su objetivo es tener planes confiables antes de que empiece el trabajo. Debido a que las tareas realizadas durante el mantenimiento de paro siguen un conjunto de patrones, es útil basar el plan de trabajo en un diagrama de estructura de interrupción del trabajo (WBS). Este diagrama facilita la estimación precisa de las tareas a ser realizadas durante el mantenimiento de paro, junto con sus dimensiones. Puede usarse para calcular el personal y materiales necesarios para el trabajo y monitorear el presupuesto y el logro de los objetivos.

Paso 7-4: Entrenamiento.

La fuerza de trabajo de una compañía es un activo invaluable, y todas las compañías deben entrenar a sus empleados sistemáticamente. Los trabajadores de la industria de procesamiento se están haciendo más escasos y más multifuncionales, así que el entrenamiento debe ser una parte integral de un sistema de desarrollo de carrera. Se debe visualizar el tipo de gente que se quiere que produzcan los programas de entrenamiento. En otras palabras, se tiene que identificar el conocimiento, las habilidades gerenciales específicas que se desea que tengan y luego diseñar el entrenamiento que logre esa visión.

El entrenamiento debe estar también ajustado para servir a las necesidades del individuo. Se debe determinar a cada persona para medir la cantidad de conocimiento y habilidades requeridas y localizar debilidades, y después usar los resultados para hacer el entrenamiento general más efectivo. Los trabajadores y sus supervisores deben discutir los resultados de esta determinación anualmente y usarlos para establecer los objetivos del año próximo y planear la siguiente fase.

También se deben establecer calendarios firmes para alcanzar los objetivos del programa. Hay que decidir el tipo de gente que se quiere tener en cierta cantidad de años, después bosquejar planes comprensivos para el entrenamiento en el trabajo y fuera de él (incluyendo seminarios y cursos) diseñados para lograr tenerlos.

Paso 8: Administración anticipada.

La administración anticipada incluye tanto la administración anticipada del producto como la administración anticipada del equipo. El propósito de estas actividades es alcanzar (rápida y económicamente) productos que son fáciles de hacer y equipo que es fácil de usar. Esta sección resalta la administración anticipada del equipo.

La administración anticipada del equipo le concierne a los usuarios de equipos, compañías de ingeniería y fabricantes de equipo, y se dirige a las siguientes áreas:

- Planeación de inversión en equipo.
- Diseño de proceso.
- Diseño de equipo, fabricación y construcción.
- Operación de prueba.
- Administración de arranque.

Todas las actividades desde diseño inicial de una pieza de equipo hasta su instalación y operación de prueba pueden ser vistas como un proyecto único. El proyecto comienza con diseño del proceso, diseño básico de planta y diseño detallado y revelaciones para incluir la consecución, fabricación, construcción y la operación de prueba. Al planear dicho proyecto, el equipo del proyecto determina la planta y los niveles técnicos requeridos del equipo (funciones y desempeño) junto con sus niveles de disponibilidad (confiabilidad, mantenibilidad, etc.), y luego establece presupuestos y calendarios para alcanzarlos.

Al diseñar una planta, se desarrollan varios diseños: diseño funcional, diseño de confiabilidad y mantenibilidad, diseño de seguridad y diseño de economía. Establecer especificaciones de prevención del mantenimiento (PM) y desempeñar diseño PM, en particular, ayuda a asegurar que la planta y el equipo son confiables y de fácil mantenimiento. Se deben realizar varias revisiones de diseño en el curso de diseñar, fabricar y construir una planta.

Después de completar estas actividades, los equipos de trabajo instalan el equipo, realizan la operación de prueba e inician la fase de administración de arranque. La administración de arranque es una actividad diseñada para lograr tan pronto como sea posible las condiciones para su propio fin, esto es, condiciones que habiliten la planta para empezar a producir productos de calidad estable con cero fallas. En TPM este acercamiento eficiente a la producción estable a

escala completa se le conoce como “arranque vertical.”

Paso 9: Mantenimiento de calidad.

El mantenimiento de calidad (*Quality Management*) es un método para mejorar en calidad y prevenir defectos de calidad durante el proceso y en el equipo. En mantenimiento de calidad, la variabilidad en la característica de calidad de un producto se mantiene al controlar la condición de los componentes del equipo que la afectan.

Las características de calidad están influenciadas principalmente por los cuatro factores de entrada de producción: equipo, materiales, acciones de la gente (habilidades), y los métodos usados. El primer paso en el mantenimiento de calidad es clarificar las relaciones entre estos factores y las características de calidad de un producto, analizando los defectos de calidad. En las industrias procesadoras, el efecto del equipo en las características de calidad es particularmente importante.

En las industrias procesadoras, el proceso determina el tipo de equipo requerido. Por eso, los equipos de trabajo se deben enfocar, primeramente, en el proceso, después en el equipo. En otras palabras, primero hay que clarificar las relaciones entre la calidad del producto y las condiciones del proceso y probar las condiciones precisas del proceso requeridas para producir productos perfectos.

El equipo es parte de la implementación de un proceso. Es por eso que, aplicando un esquema QM en el diseño de equipo, los equipos de trabajo comienzan por identificar los componentes que afectarán las características de calidad de los productos. A éstos se les llama “componentes de calidad”. Luego, el equipo de trabajo señala las condiciones requeridas por el componente de calidad para mantener las características de calidad.

El mantenimiento de calidad usado de esta manera asegura la calidad al principio del proceso de producción.

Paso 10: TPM en los departamentos administrativos y de soporte.

Los departamentos administrativos y de soporte juegan un importante papel en el respaldo de las actividades de producción. La calidad y puntualidad de la información proporcionada por los departamentos administrativos y de soporte tiene un impacto mayor en estas actividades.

Las actividades de TPM desempeñadas por los departamentos administrativos y de soporte no deben apoyar al TPM solamente en el lugar de trabajo; también deben fortalecer las funciones de ellos mismos al mejorar su propia organización y cultura. Sin embargo, en comparación con producción, no es fácil para los departamentos administrativos y de soporte el medir los efectos de sus actividades. Un programa TPM en tales departamentos debe apuntar a crear una “fábrica de información” y aplicar un análisis de proceso para alinear el flujo de información. Se debe pensar en los departamentos administrativos y de soporte como plantas procesadoras cuyas principales tareas son recoger, procesar y distribuir información. Este entendimiento hace más fácil promover y medir el mantenimiento autónomo, mejoramiento enfocado y otras actividades de TPM en un ambiente de oficina.

El mantenimiento autónomo en los departamentos administrativos se enfoca a la ejecución del trabajo eficiente, libre de problemas, desde dos ángulos: función administrativa y ambiente administrativo. Implementado paso a paso, el primer grupo de actividades reduce costos y eleva la eficiencia al mejorar los procesos administrativos. El segundo grupo de actividades remueve obstáculos para un trabajo efectivo, escondidos en el ambiente físico y psicológico.

El mejoramiento enfocado de tareas administrativas se concentra en mejorar su eficiencia y velocidad y reduce el número de personal requerido. Para hacer esto, automatiza tareas de oficina e instala sistemas electrónicos de procesamiento de datos, tales como redes de área local. Al mismo tiempo, incrementa la eficiencia administrativa para apoyar la planeación y la toma de decisiones de ejecutivos y gerentes.

Paso 11: Seguridad y gerencia ambiental.

Garantizando la seguridad y previniendo impactos ambientales adversos son asuntos importantes en las industrias procesadoras. Los estudios de operabilidad combinados con entrenamiento en prevención de accidentes y análisis de prueba y error son maneras efectivas de estudiar estas preocupaciones. La seguridad se promueve sistemáticamente como parte de las actividades de TPM. Al igual que con todas las actividades de TPM, las actividades de seguridad son implementadas paso a paso.

Ciertos asuntos son de importancia particular en el ambiente del proceso. Por ejemplo, es particularmente importante incorporar mecanismos a prueba de fallas, es decir, diseñar equipos que permanezcan seguros aún cuando la gente no tome las precauciones apropiadas. Asegurar la seguridad durante el mantenimiento de paro también es importante. En las industrias procesadoras, el mantenimiento de paro requiere asistencia considerable de subcontratistas

externos, para operaciones tales como limpieza. Esto hace doblemente importante el asegurar la seguridad durante tales operaciones. Se deben verificar las habilidades y capacidades de los trabajadores externos previamente siempre que sea posible. Se debe tomar cada paso posible para asegurar la seguridad, incluyendo las capacitaciones rigurosas de seguridad y la supervisión cuidadosa del trabajo mismo.

Paso 12: Sostener la implementación del TPM y elevar los niveles.

Hay varias claves para mantener los niveles del TPM una vez que han sido alcanzados. Construir equipos fuertes en cada nivel y crear una comisión de promoción al TPM ayuda a integrar el TPM en el trabajo diario, por ejemplo. Siguiendo el enfoque sistematizado, paso a paso, recomendado para las actividades de TPM ayuda a asegurar los resultados. Hacer énfasis en un enfoque de mejora continua, elevando continuamente las metas obtenidas y estableciendo nuevos retos, como el premio especial P-M, también ayuda. Ninguno de estos enfoques será efectivo sin el apoyo de una evaluación cuidadosa, continua y concreta. Se debe comenzar con bases claras y se debe documentar los resultados de mejora regularmente y con detalle. Se pueden usar indicadores administrativos que muestren a todos (en cualquier nivel) cual es el progreso en concreto que se está alcanzando y así motivarlos a involucrarse continuamente.

Tabla 3.2. Puntos Clave a considerar en la implementación de los 12 pasos del TPM.

PASO	PUNTO CLAVE
PREPARACIÓN	
1. Anunciar formalmente la decisión de introducir el TPM.	<ul style="list-style-type: none"> Anuncio de la alta dirección en una junta; publicar en la revista de la compañía.
2. Conducir la educación introductoria y la campaña de publicidad del TPM.	<ul style="list-style-type: none"> Administración general: entrenamiento grupal para niveles administrativos específicos. Empleados en general: presentación de diapositivas.
1. Crear una organización de promoción al TPM.	<ul style="list-style-type: none"> Comité de manejo y subcomités especialistas. Oficina de promoción del TPM.
4. Establecer la política y objetivos básicos del TPM.	<ul style="list-style-type: none"> Establecer lineamientos y objetivos. Pronosticar los efectos.

PASO	PUNTO CLAVE
5. Hacer el bosquejo de un plan maestro para implementar el TPM.	<ul style="list-style-type: none"> Desde el nivel de preparación hasta la aplicación para el premio de mantenimiento productivo.
INTRODUCCIÓN	
6. Poner en marcha la iniciativa de TPM.	<ul style="list-style-type: none"> Invitar a clientes, afiliados y subcontratistas.
IMPLEMENTACIÓN	
7. Construir una constitución corporativa diseñada para maximizar la efectividad de la producción.	<ul style="list-style-type: none"> Perseguir lo último en efectividad de producción.
7-1 Conducir actividades enfocadas al mejoramiento.	<ul style="list-style-type: none"> Actividades de proyectos de equipo y actividades en pequeños grupos en el lugar de trabajo.
7-2 Establecer y desplegar un programa de mantenimiento autónomo.	<ul style="list-style-type: none"> Proceder paso a paso, con auditorias y certificaciones en cada paso.
3 Implementar un programa de mantenimiento planeado.	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento correctivo. Mantenimiento de paro. Mantenimiento predictivo.
7-4 Conducir un entrenamiento de habilidades de operación y mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> Educación grupal para líderes de grupo que después entrenen a otros miembros.
8. Construir un sistema de administración temprano para nuevos productos y equipos.	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar productos que sean fáciles de usar y equipo fácil de usar.
9. Construir un sistema de mantenimiento de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> Establecer, mantener y controlar las condiciones para cero defectos.
10. Construir un sistema efectivo de administración y soporte.	<ul style="list-style-type: none"> Incrementar la efectividad del soporte de producción. Mejorar y encaminar las funciones administrativas y los ambientes de oficina.
11. Desarrollar un sistema para gestionar la salud, seguridad y el medio ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> Asegurar un ambiente libre de accidentes y libre de contaminación.
CONSOLIDACIÓN	

PASO	PUNTO CLAVE
12. Sostener la implementación completa del TPM e incrementar los niveles.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar por el premio de mantenimiento productivo. • Apuntar hacia objetivos aún mayores.

3.7. Seis Sigma (Six Sigma).

Concepto.

Six Sigma es una Visión y una Filosofía de compromiso con los clientes para ofrecer productos con la más alta calidad y al menor costo. Técnicamente es una medida que demuestra niveles de calidad de ejecución al 99.9997% para productos y procesos. Además de una aplicación práctica de Herramientas y Métodos Estadísticos que permitan medir, analizar, mejorar y controlar los procesos y productos²².

La empresa que considera *Six Sigma* en sus procesos gasta sólo 5% de su ingreso en dólares de ventas en costo de fallas, produce 3.4 defectos por cada millón de oportunidades, confía en procesos eficaces que no producen fallas, reconoce que el productor de alta calidad sigue siendo el productor de costos bajos, utiliza pasos para Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar, Diseñar y Verificar y establece su propio *Benchmarking* contra el mejor, a nivel mundial. También considera que el 99% no es aceptable y por último define de manera externa sus CTQs.

Six Sigma como filosofía.

Six Sigma considera que inicia y finaliza con el cliente final y el consumidor, entendiendo al Cliente como la(s) persona(s) que está(n) enseguida al proceso. Puede ser interno o externo a la empresa.

Ejemplo:

Cliente Interno = la línea de Ensamble es un cliente para el departamento de Esmalte

Cliente Externo = los negocios/las funciones que reciben productos manufacturados pero que no

²²

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/instrumentos/sigma.htm>
(Agosto 2009)

los utilizan ellos mismos (por ejemplo: Centros de Distribución Regionales).

Y al Consumidor como el usuario final del producto. Generalmente se le considera como externo; es decir, el propietario o comprador.

Un “Requerimiento” es un área, o función que será un factor para tomarse en cuenta al decidir una compra o al volver a comprar.

Algunos ejemplos de Requerimientos del Consumidor o de los Clientes:

- ✓ La estufa debe calentar a la temperatura seleccionada.
- ✓ Toda queja debe ser solucionada con prontitud.
- ✓ La mercancía debe ser entregada y puesta en las bodegas a tiempo.

Six Sigma como una Medida.

Sigma es una unidad estadística de medida que refleja la **capacidad del proceso**. La escala Sigma de medida está perfectamente correlacionada con tales características como los defectos por unidad, partes por millón defectuosos y la probabilidad de falla/error. Ver figura 3.26.

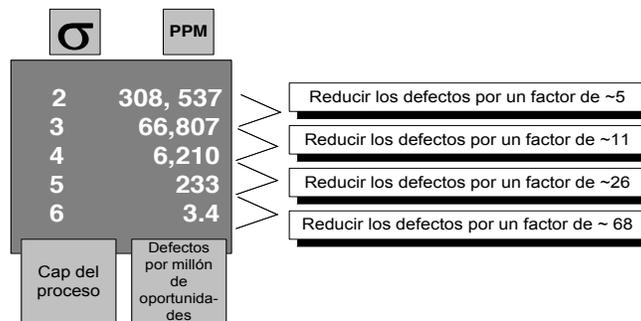


Figura 3.20. Distribución desplazada $\pm 1.5\sigma$

Los niveles de defectos se reducen de manera exponencial conforme aumentan los niveles Sigma de un valor al siguiente.

Six Sigma utiliza algunas herramientas de calidad, tales como:

- ✓ Mapeo de Procesos.
- ✓ Estructura de Árbol.
- ✓ Análisis de Pareto.

- ✓ Subgrupos racionales.
- ✓ Proceso de Línea Base.
- ✓ Análisis de Tolerancia.
- ✓ Búsqueda de Componentes.
- ✓ Prueba de Hipótesis.
- ✓ Regresión.
- ✓ DDE (Diseño de Experimentos).
- ✓ CEP (Control Estadístico de Proceso).

Calidad Tradicional	Six Sigma
<ul style="list-style-type: none"> • Centralizado • No hay estructura formal para la aplicación de herramientas • Carece de soporte en el empleo de herramientas • Para tomar decisiones combinan Datos con “presentimientos” • Enfocado hacia poner “remiendos o parches” • Le falta capacitación estructurada • Inspección de calidad para detección de defectos (post-mortem) 	<ul style="list-style-type: none"> • Los <i>Black Belts</i> reportan directamente dentro de las funciones • El uso estructurado de herramientas estadísticas para ayudar a solucionar problemas • Estructura de apoyo para la gente que utiliza las herramientas • Decisiones basadas en Datos • Causa raíz - Solución Sólida • Entrenamiento estructurado en estadística aplicada

Figura 3.21. Diferencia de la Calidad Tradicional con *Six Sigma*. (Fuente: propia)

3.8. Mejora Continua (Kaizen).

Concepto²³.

Kaizen en su definición más sencilla quiere decir “Mejora continua”. De esta manera podemos decir que Kaizen es un sistema integral y sistémico destinado a mejorar tanto a las

²³ Kaizen. La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa, Masaaki Imai. Compañía Editorial Continental. 1992.

empresas, como a los procesos y actividades que las conforman, y a los individuos que son los que las hacen realidad. El objetivo primero y fundamental es mejorar para dar al cliente o consumidor el mayor valor agregado, mediante una mejora continua y sistemática de la calidad, los costos, los tiempos de respuestas, la variedad y mayores niveles de satisfacción²⁴.

Los valores de Kaizen son: Orientación al cliente, *Kanban*, TQC, mejoramiento de la calidad, Círculos de calidad, Justo a tiempo, Automatización, Cero defectos, Disciplina, Actividades en grupos pequeños, Sistema de sugerencias, Mejoramiento de la productividad, Mantenimiento total productivo, Desarrollo del producto nuevo, entre otros.

Kaizen VS la Innovación.

Para Kaizen la administración establece el SOP: políticas, reglas, directrices, procedimientos y disciplina; luego toda la organización sigue el SOP formulado.

Tabla 3.3. Kaizen vs la Innovación.

(Fuente: Kaizen. La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa, Masaaki Imai)

	KAIZEN	INNOVACIÓN
1 Efecto	Largo plazo y larga duración, pero sin dramatismo	Corto plazo, pero dramático.
2 Paso	Pasos pequeños.	Pasos grandes.
3 Itinerario	Continuo e incremental	Intermitente y no incremental.
4 Cambio	Gradual y constante	Abrupto y volátil
5 Involucramiento	Todos.	Selección de unos pocos campeones.
6 Enfoque	Colectivismo, esfuerzos de grupo, enfoque de sistemas.	Individualismo áspero, ideas y esfuerzos individuales.

²⁴ Lefcovich, Mauricio. <http://www.tuobra.unam.mx/obrasPDF/publicadas/040810083831.html>

	KAIZEN	INNOVACIÓN
7 Modo	Mantenimiento y mejoramiento.	Chatarra y reconstrucción.
8 Chispa	Conocimiento convencional y estado del arte.	Invasiones tecnológicas, nuevas invenciones, nuevas teorías.
9 Requisitos prácticos.	Requiere poca inversión, pero gran esfuerzo para mantenerlo.	Requiere gran inversión y poco esfuerzo para mantenerlo.
10 Orientación al esfuerzo	Personas	Tecnología
11 criterios de evaluación	Proceso y esfuerzo para mejores resultados.	Resultados para las utilidades
12 Ventaja	Trabaja bien en economías de crecimiento lento.	Mejor adaptada para economías de crecimiento rápido.

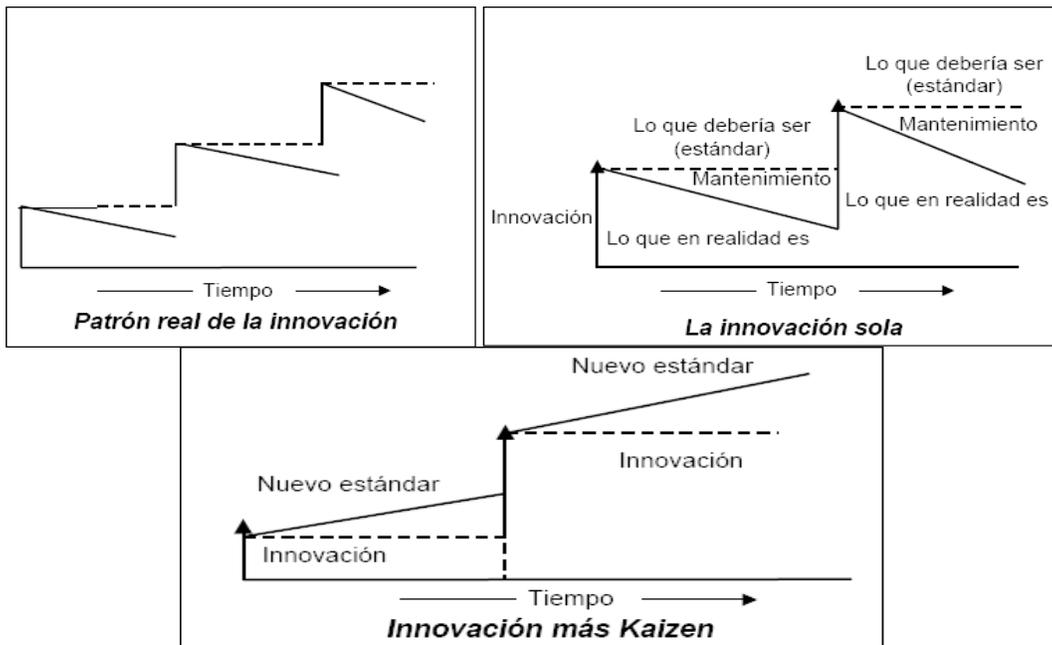


Figura 3.22. Innovación Kaizen.
(Fuente: Kaizen. La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa, Masaaki Imai)

CICLO DE DEMING: El concepto de la rueda en rotación continua, utilizado por W.E. Deming, para enfatizar la necesidad de una constante interacción entre investigación, diseño, producción y ventas para alcanzar la calidad mejorada que satisfaga a los clientes.

CICLO DE EHRA (estandarizar, hacer, revisar, actuar): un refinamiento del ciclo de PHRA en donde la administración decide establecer primero el estándar, antes de desempeñar la función regular de PHRA.

CICLO DE PHRA (planificar, hacer, revisar y actuar) es una adaptación de la rueda de Deming; destaca la necesidad de una interacción constante entre investigación, diseño, producción y ventas. Afirma que toda acción administrativa puede ser mejorada mediante una cuidadosa aplicación de la secuencia P-H-R-A.

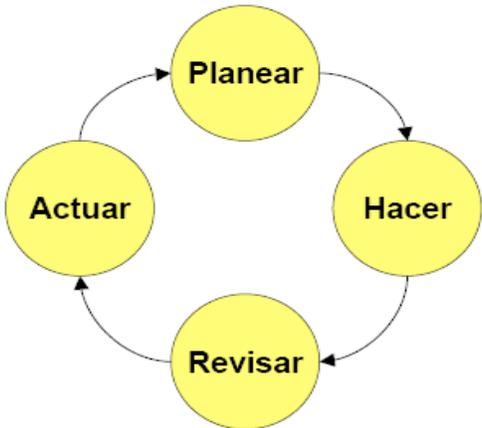


Figura 3.23. Ciclo de Kaizen.
(Fuente: Kaizen. La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa, Masaaki Imai)

Tabla 3.4. Lista de comprobación de las “3M” en las actividades de Kaizen.

(Fuente: Kaizen. La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa, Masaaki Imai)

MUDA (DEPERDICIO)	MURI (TENSIÓN)	MURA (DISCREPANCIA)
1 Personal	Potencial humano	Potencial humano
2 Técnica	Técnica	Técnica

3 Método	Método	Método
4 Tiempo	Tiempo	Tiempo
5 Instalaciones	Instalaciones	Instalaciones
6 Patrones y herramientas	Patrones y herramientas	Patrones y herramientas
7 Materiales	Materiales	Materiales
8 Volumen de producción	Volumen de producción	Volumen de producción
9 Inventario	Inventario	Inventario
10 Lugar	Lugar	Lugar
11 Forma de pensar	Forma de pensar	Forma de pensar

Características de Kaizen

- La utilización de Kaizen conduce a la calidad mejorada y a la mayor productividad.
- Ayuda además, a bajar el punto de equilibrio, auxiliando a la administración a poner más atención a las necesidades del cliente, construyendo un sistema que tome en cuenta los requisitos de éste.
- Tiene un enfoque humanista, porque espera que todos participen en él. Está basado en la creencia de que todo ser humano puede mejorar su lugar de trabajo, en donde pasa la tercera parte de su vida.
- Su estrategia se esfuerza por dar atención íntegra tanto al proceso como al resultado. Es el esfuerzo lo que cuenta cuando se habla del mejoramiento del proceso y en consecuencia, la administración debe desarrollar un sistema que recompense los esfuerzos, tanto de los trabajadores como de la administración misma. No se debe, sin embargo, confundir el reconocimiento de los esfuerzos con el reconocimiento por los resultados.

- La introducción de una estrategia Kaizen, requiere de enfoques “bidireccionales” (tanto de arriba hacia abajo como de abajo hacia arriba): en los niveles inferiores con entrenamiento continuo en el uso de herramientas analíticas; en los niveles superiores el enfoque de diseño establecerá las metas y los medios para realizar su despliegue.
- El enfoque “analítico” trata de aprender de las experiencias pasadas, mientras que el enfoque de “diseño” intenta construir un futuro mejor con metas predeterminadas.
- Cuando ambos enfoques son combinados con las funciones de resolución de problemas y la toma de decisiones de los gerentes de cada nivel, se convierten en herramientas para la implementación del Kaizen.
- Algunos de los conceptos o herramientas desarrollados y utilizados para Kaizen, son: la filosofía orientada al cliente, el ciclo PHRA, la administración funcional transversal, el despliegue de la política, etc.
- La estrategia de Kaizen y la administración del Control Total de la Calidad, producen los siguientes efectos: 1) la gente entiende los asuntos críticos reales con mayor rapidez; 2) se pone más énfasis en la planeación; 3) se fomenta una forma de pensamiento orientada al proceso; 4) la gente se concentra en los asuntos de más importancia, y 5) todos participan en la construcción de un nuevo sistema.
- Los factores culturales afectan el comportamiento individual, y el comportamiento individual puede medirse y afectarse mediante una serie de factores o procesos, por lo tanto, siempre es posible subdividir el comportamiento individual en procesos y establecer puntos de control y de revisión.
- Kaizen no reemplaza ni excluye la innovación: más bien, los dos son complementarios. Idealmente la innovación debe principiar después que el Kaizen (mejoramiento) haya sido agotado; sin embargo, Kaizen deberá iniciar nuevamente de la mano con la innovación: ambos son ingredientes indispensables para el progreso.

Kaizen mejora el *status quo* aportándole mayor valor agregado. Está destinado a rendir resultados positivos si los esfuerzos son continuos hacia una meta bien definida; sin embargo, Kaizen está limitado porque no reemplaza o cambia de manera fundamental el *status quo*.

3.9. A prueba de errores (Poka Yoke).

Concepto²⁵.

A prueba de errores (Poka-Yoke), es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 60's. La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar.

La finalidad del Sistema A prueba de Errores (Poka-Yoke) es la eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible. Aunque el muestreo estadístico implica que algunos productos no sean revisados, con lo que un cierto porcentaje de error siempre va a llegar al consumidor final.

Un dispositivo A prueba de errores es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se de cuenta y lo corrija a tiempo.

El Sistema A prueba de errores, o libre de errores, es el método para prevenir errores humanos que se convierten en defectos del producto final, es decir; si no se permite que los errores se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el retrabajo poco. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos al mismo tiempo. El resultado, es de alto valor para el cliente.

Los sistemas A prueba de errores implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

Como error podemos definir aquello que hace mal el trabajador y que después hace que un producto salga defectuoso. En cualquier evento, los defectos son generados durante el proceso, por lo cual lo que se debe hacer es descubrir esos defectos, y para reducir los defectos dentro de las actividades de producción, el concepto más fundamental es el de reconocer que los defectos son generados por el trabajo y que lo único que las inspecciones hacen es descubrir éstos.

Una forma de hacer cosas a prueba de errores es diseñar (o rediseñar) las máquinas y

²⁵ SHIGEO SHINGO. *A study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint.* Productivity Press, 1990.

herramientas (*hardware*) de manera que el error humano sea improbable, o incluso, imposible.

La segunda forma más importante de "A prueba de errores" es la redundancia, que requiere que ocurran eventos múltiples e improbables al mismo tiempo, antes de que se pueda crear o pasar un error. La preparación de procesos importantes por lo general, necesita varias operaciones.

Un tercer enfoque ayuda a los seres humanos a reducir sus propias fallas. Éste implica amplificar los sentidos y la fuerza muscular humana normal mediante la coordinación programada con dispositivos, la amplificación óptica, la observación en un circuito cerrado de televisión, las señales simultáneas de sensores múltiples, etc.

En un estudio clásico, Nakajo y Kume (1985) estudian cinco principios fundamentales para A prueba de errores (*Poka Yoke*) desarrollados a partir de un análisis de alrededor de 1000 ejemplos, reunidos principalmente en las líneas de ensamble. Estos principios son: eliminación, reemplazo, facilidad, detección, mitigación.

Requerimientos para la aplicación del Sistema A prueba de errores²⁶.

1. Control en el origen, cerca de la fuente del problema; por ejemplo, incorporando dispositivos monitores que adviertan los defectos de los materiales o las anomalías del proceso.
2. Establecimiento de mecanismos de control que ataquen diferentes problemas, de tal manera que el operador sepa con certeza qué problema debe eliminar y cómo hacerlo con una perturbación mínima al sistema de operación.
3. Aplicar un enfoque de paso a paso con avances cortos, simplificando los sistemas de control sin perder de vista la factibilidad económica. Para usar el Sistema A prueba de errores de manera efectiva, es necesario estudiar con gran detalle la eficiencia, las complicaciones tecnológicas, las habilidades disponibles y los métodos de trabajo.
4. No debe retardarse la aplicación de mejoras a causa de un exceso de estudios. Aunque el objetivo principal de casi todos los fabricantes es la coincidencia entre los parámetros de diseño y los de producción, muchas de las ideas del Sistema A prueba de errores pueden aplicarse tan pronto como se hayan definido los problemas con poco o ningún costo para la compañía. El Sistema a Prueba de Errores enfatiza la cooperación interdepartamental y es la principal arma para

²⁶ SHIGEO SHINGO. *The Poka-Yoke System I Theory*. Productivity Press. 1987.

las mejoras continuas, pues motiva las actividades de resolución continua de problemas.

Funciones del Sistema a Prueba de errores²⁷.

Un sistema A Prueba de errores posee dos funciones: una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva. Los efectos del método A prueba de errores para reducir defectos va a depender del tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continuo.

Los efectos de un sistema A prueba de errores para la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección.

Tipos de Inspección.

Para tener éxito en la reducción de defectos dentro de las actividades de producción, debemos entender que los defectos son generados por el trabajo, y que toda inspección puede descubrirlos.

1. Inspección de criterio.
2. Inspección informativa.
3. Inspección en la fuente.

1. Inspección de criterio.

Inspección para separar lo bueno de lo malo.

- Comparado con el estándar.
- Muestreo ó 100%, cualquiera de los dos.

Paradigmas existentes

- Los errores son inevitables.
- La inspección mejora la calidad.

²⁷ Hiroyuki Hirano. "Poka Yoke", *Productivity Press*, México, 2000

La inspección de criterio o juicio es usada principalmente para descubrir defectos.

- Los productos son comparados normalmente contra un estándar y los artículos defectuosos son descartados.
- El muestreo también puede ser usado, usualmente cuando una inspección de 100% es muy costosa.
- La principal suposición acerca de la inspección de criterio es que los defectos son inevitables y que inspecciones rigurosas son requeridas para reducir los defectos.
- Este enfoque, sin embargo, no elimina la causa o defecto.

2. Inspección Informativa²⁸.

Inspección para obtener datos y tomar acciones correctivas.

Usado típicamente como:

- Auto inspección.
- Inspección subsiguiente.

Auto-Inspección.

- La persona que realiza el trabajo verifica la salida y toma una acción correctiva inmediata.
- Algunas ventajas son:
 - Rápida retroalimentación.
 - Usualmente inspección al 100%.
 - Más aceptable que crítica exterior.
- La desventaja es que la auto-inspección es más subjetiva que la inspección del operador subsiguiente

Inspección subsiguiente.

- Inspección de arriba hacia abajo y resultados de retroalimentación.

²⁸ SHIGEO SHINGO. *A study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint.* Productivity Press, 1990

Algunas ventajas son:

- Mejor que la auto inspección para encontrar defectos a simple vista.
- Promueve el trabajo en equipo

Algunas de las desventajas son:

- Mayor demora antes de descubrir el defecto. (Se considera área de oportunidad ya que genera sensación de urgencia en los trabajadores para corregir el problema lo más pronto posible).
- El descubrimiento es removido de la causa raíz.

Inspección en la fuente (*Source Inspection.*)

Defectos vs. Errores.

El primer paso para lograr cero defectos es distinguir entre errores y defectos, ya que los defectos y los errores no se refieren a lo mismo.

- DEFECTOS son resultados.
- ERRORES son las causas de los resultados.

ERROR: Acto mediante el cual, debido a la falta de conocimiento, deficiencia o accidente, nos desviamos o fracasamos en alcanzar lo que se debería se hacer.²⁹

Un enfoque para atacar problemas de producción es analizar los defectos, primero identificándolos y clasificándolos en categorías, del más al menos importante.

Lo siguiente sería intentar determinar las causas de los errores que producen los defectos. Para esto se puede utilizar el CEDAC el cual puede también obtener la causa raíz.

El paso final es diseñar e implementar un dispositivo a prueba de errores o de detección de errores.

²⁹ Pequeño Larousse ilustrado, ISBN: 978-84-8016-854-0

Condición propensa al error.

Una condición propensa al error es aquella condición en el producto o proceso que contribuye o permite la ocurrencia de errores. Estos son ejemplos típicos de condiciones propensas al error:

- Ajustes.
- Carencia de especificaciones adecuadas.
- Complejidad.
- Programación esporádica.
- Procedimientos estándar de operación inadecuados.
- Simetría/Asimetría.
- Muy rápido/Muy lento.
- Medio ambiente.

Tipos de errores causados por el factor humano en las operaciones.

1. Olvidar. El olvido del individuo.
2. Mal entendimiento. Un entendimiento incorrecto/inadecuado.
3. Identificación. Falta identificación o es inadecuada la que existe.
4. Principiante. Por falta de experiencia del individuo.
5. Errores a propósito por ignorar reglas o políticas. Por rebeldía o exceso de confianza.
6. Desapercibido. Debido al descuido pasa por desapercibida alguna situación.
7. Lentitud. Por lentitud del individuo o algo relacionado con la operación o sistema.
8. Falta de estándares. Falta de documentación en procedimientos o estándares de operación(es) o sistema.
9. Sorpresas. Por falta de análisis de todas las posibles situaciones que pueden suceder y se de la sorpresa.
10. Intencionales. Por falta de conocimiento, capacitación y/o integración del individuo con la operación o sistema se dan causas intencionales.

Tipos de sistema de A prueba de Errores³⁰.

Los sistemas A prueba de errores van estar en un tipo de categoría reguladora de funciones dependiendo de su propósito, su función, o de acuerdo a las técnicas que se utilicen. Estas funciones reguladoras son con el propósito de poder tomar acciones correctivas dependiendo del tipo de error que se cometa.

Existen dos funciones reguladoras para desarrollar sistemas A pruebas de errores:

- Métodos de control.
- Métodos de advertencia.

Los Métodos de Control existen cuando ocurren anomalías como: apagar las máquinas o bloquear los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora mucho más fuerte, que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayudan a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos.

No en todos los casos que se utilizan métodos de control es necesario apagar la máquina completamente, por ejemplo cuando son defectos aislados (no en serie) que se pueden corregir después, no es necesario apagar la maquinaria completamente, se puede diseñar un mecanismo que permita "marcar" la pieza defectuosa, para su fácil localización; y después corregirla, evitando así tener que detener por completo la máquina y continuar con el proceso.

Los Métodos de Advertencia. Este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control.

En los casos donde una luz advierte al trabajador; una luz parpadeante puede atraer con mayor facilidad la atención del trabajador que una luz fija. Este método es efectivo sólo si el trabajador se da cuenta, por lo que en ocasiones es necesario colocar la luz en otro sitio, hacerla más intensa, cambiar el color, etc. Por otro lado, el sonido puede atraer con mayor facilidad la atención de la gente, pero no es efectivo si existe demasiado ruido en el ambiente que no permita escuchar la señal, por lo que en este caso es necesario regular el volumen, tono y secuencia.

³⁰ SHIGEO SHINGO. *A study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint.* Productivity Press, 1990

En muchas ocasiones es más efectivo el cambiar las escalas musicales o timbres, que el subir el volumen del mismo. Luces y sonido se pueden combinar uno con el otro para obtener un buen método de advertencia.

En cualquier situación los métodos de control son por mucho más efectivos que los métodos de advertencia, por lo que los de tipo control deben usarse tanto como sea posible. El uso de métodos de advertencia se debe considerar cuando el impacto de las anomalías sea mínimo, o cuando factores técnicos y/o económicos hagan la implantación de un método de control una tarea extremadamente difícil.

Ejemplos y Aplicaciones de A prueba de errores.

Ejemplos de dispositivos a prueba de errores:

1. Algunos archiveros podían caerse cuando se abrían 2 o más cajones al mismo tiempo, esto se corrigió colocando un candado que solamente permite abrir un cajón a la vez.
2. Al área de llenado de gasolina se le adaptaron algunos dispositivos a prueba de errores como lo son el tamaño menor del tubo para evitar que se introduzca la pistola de gasolina con plomo; se le puso un tope al tapón para evitar que se cierre demasiado apretado y un dispositivo que hace que el carro no se pueda poner en marcha si el tapón de la gasolina no está puesto.
3. A los automóviles con transmisión automática se les colocó un dispositivo para que no se pueda retirar la llave a menos que el carro esté en posición de *Parking*. Además no permite que el conductor cambie de posición la palanca de velocidades, si la llave no está encendida.
4. Las luces de advertencia como puerta abierta, fluido de parabrisas, cajuela, etc. se colocaron para advertir al conductor de posibles problemas.
5. La secadora de cabello montada sobre la pared cuenta con dos botones en ambos lados del *switch*. La montura en la pared cuenta con dos extensiones que al ser montada en su base la secadora se apaga automáticamente si el usuario no lo hace.

Un proceso que es flexible, fácil de manejar, y A prueba de errores es un sistema delgado. Un proceso debe ser efectivo, eficiente, y delgado si desea ser considerado de gran calidad. La clave para llegar a tener cero errores, es identificar la fuente del error, ver qué lo ocasiona y buscar una solución. Al tener la solución hay que crear un dispositivo A prueba de errores que nos permita

no volver a cometer el mismo error.

El crear un sistema delgado es anticiparse a las posibles causas y situaciones que puedan generar algún tipo de problema; lo cual permitirá una fácil adaptación de un dispositivo A prueba de errores.

Características principales de un buen sistema A prueba de errores:

- Son simples y baratos.
- Son parte del proceso.
- Son puestos cerca o en el lugar donde ocurre el error.

3.10. Señales (KANBAN).

Concepto³¹.

KANBAN significa en japonés: “etiqueta de instrucción”. Su principal función es ser una orden de trabajo, es decir, un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios y cómo transportarlo. Sus dos funciones principales: control de la producción y mejora de procesos.

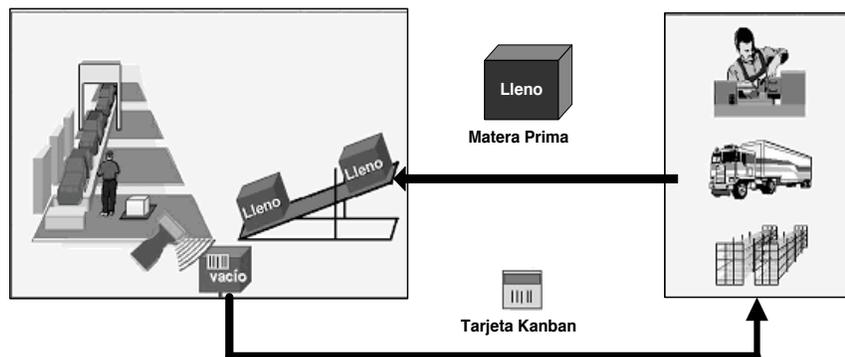


Figura 3.24. Ejemplo de un proceso *Kanban*.
(Fuente: Propia)

Kanban se enfoca en producción:

- 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

³¹ TAIICHI OHNO. *Toyota Production System (Beyond large-Scale Production)*, editorial Productivity Press, Nueva York, 1988

exceso de papeleo innecesario.

Y en movimiento de materiales.

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

NOTA: *Kanban* puede aplicarse en fábricas que impliquen producción repetitiva.

Antes de implementar *Kanban* es necesario desarrollar un "*leveled/mixed production schedule*" para suavizar el flujo de material (ésta deberá ser practicada en la línea de ensamble final). No funcionará si existe una fluctuación muy grande entre la integración de los procesos. Se creará desorden y se tendrá que implementar sistemas de reducción de *set-ups*, de lotes pequeños, así también ayudarse de herramientas de calidad para poder introducir *Kanban*.

Fases para la implementación del *Kanban*.

Fase 1: Entrenar a todo el personal en los principios de *Kanban* y los beneficios de usarlo.

Fase 2: Implementar *Kanban* 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 *Kanban* en el resto de los componentes, esto no debe ser problema ya que para esto los operadores ya han visto las ventajas de *Kanban*, se deben tomar en cuenta todas las opiniones de los operadores ya que ellos son los que mejor conocen el sistema. Es importante informarles cuándo se va estar trabajando en su área.

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

- a) Ningún trabajo debe ser hecho fuera de secuencia.
- b) Si se encuentra algún problema notificar al supervisor inmediatamente.

Reglas del Kanban³².

Regla 1: NO SE DEBE MANDAR PRODUCTO DEFECTUOSO A LOS PROCESOS SUBSECUENTES.

La producción de bienes 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, para prevenir que éste vuelva a ocurrir.

Observaciones para la primera regla:

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

Regla 2: LOS PROCESOS SUBSECUENTES REQUERIRAN SÓLO LO QUE ES NECESARIO.

Esto significa que el proceso subsecuente pedirá el material que necesita el 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 subsecuente en el momento que éste no los necesita o en una cantidad mayor a la que requiere. 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 éstos 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 subsecuentes" a "los procesos subsecuentes pedirán a los procesos anteriores la cantidad necesaria y en el momento adecuado".

³² YASUHIRO MONDEN. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. 2nd ed. Engineering & Management Press. 1993.

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

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

Regla 3: PRODUCIR SOLAMENTE LA CANTIDAD EXACTA REQUERIDA POR EL PROCESO SUBSECUENTE.

Esta regla fue hecha con la condición de que el mismo proceso debe restringir su inventario al mínimo, por lo que se deben tomar en cuenta las siguientes observaciones:

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

Regla 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 subsecuente pide material de una manera discontinua con respecto al tiempo y a la cantidad, el proceso anterior requerirá personal y máquinas en exceso para satisfacer esa necesidad. En este punto es en el que hace énfasis la cuarta regla, la producción debe estar balanceada o suavizada (*Smooth, equalized*).

Regla 5: KANBAN ES UN MEDIO PARA EVITAR ESPECULACIONES.

De manera que para los trabajadores, Kanban se convierte en su fuente de información para producción y transportación y ya que los trabajadores dependerán de Kanban para llevar a cabo su trabajo, el balance del sistema de producción se convierte en un factor de gran importancia para la Planta.

No se debe especular sobre si el proceso subsecuente va a necesitar más material la siguiente vez, tampoco, el proceso subsecuente puede preguntarle al proceso anterior si podría

empezar el siguiente lote un poco más temprano, ninguno de los dos puede mandar información al otro, solamente la que está contenida en las tarjetas Kanban. Es muy importante que esté bien balanceada la producción.

Regla 6: ESTABILIZAR Y RACIONALIZAR EL PROCESO.

El trabajo defectuoso existe si éste no está estandarizado y racionalizado, si esto no es tomado en cuenta seguirán existiendo partes defectuosas.

Información necesaria en una etiqueta Kanban.

- 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.

Ventajas del uso de los sistemas Just In Time y Kanban.

- 1.- Reducción de los niveles de inventario.
- 2.- Reducción del WIP (Work In Process: trabajo en proceso).
- 3.- Reducción de tiempos muertos.
- 4.- Flexibilidad en la calendarización de la producción y la producción en sí.
- 5.- El BAB es logrado por Kanban.
- 6.- Trabajo en equipo, círculos de calidad y autonomía (decisión del trabajador de detener la línea).
- 7.- Limpieza y mantenimiento (housekeeping).
- 8.- Provee información rápida y precisa.
- 9.- Evita sobreproducción.
- 10.- Minimiza desperdicios.

Tipos de Kanban y sus usos³³.

Éstos varían de acuerdo a su necesidad:

³³ YASUHIRO MONDEN. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. 2nd ed. Engineering & Management Press. 1993.

Un sistema Kanban es el medio para alcanzar la producción *Just In Time* (JIT). Trabaja sobre la base de cada proceso en una cadena de producción. En el instante que éste lo requiera jala sólo de número y el tipo de componentes que el proceso requiere, en el tiempo justo. El mecanismo usado es una tarjeta de Kanban (Figura 3.25.). Esto es generalmente una tarjeta física; pero otros dispositivos pueden ser utilizados. Dos clases de tarjetas de Kanban se utilizan principalmente:

1.- Un retiro Kanban. Especifica la clase y la cantidad de producto que un proceso de fabricación debe retirar de un proceso precedente. El retiro Kanban (Figura 3.25.) muestra que el proceso precedente marcado en esta parte se está forjando, y la persona que lleva este Kanban del proceso subsecuente debe ir a colocar B-2 del departamento de la forja para retirar los piñones de la impulsión. Cada caja de piñones de la impulsión contiene 20 unidades y la forma de la caja es "B". Este Kanban es el 4to de 8 publicados. El artículo detrás numerado es una abreviatura del artículo.

Store Shelf No. <i>SE215</i> Item Back No. <i>A2-15</i>			Preceding Process
Item No. <i>35670-507</i>			<i>Forging</i>
Item Name <i>Drive Pinion</i>			<i>B-2</i>
Car Type <i>SX50BC</i>			Subsequent Process
			<i>Machining</i>
			<i>M-6</i>
Box Capacity	Box Type	Issued No.	
<i>20</i>	<i>B</i>	<i>418</i>	

Figura 3.25. Tarjeta Kanban 1.
(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

2.- Un Kanban de Producción-petición. Especifica la clase y la cantidad de producto que el proceso precedente debe producir. La figura 3.26. muestra que el proceso que trabaja la máquina SB-8 debe producir el cigüeñal para el tipo SX50BC-150 del coche. El cigüeñal producido se debe colocar en el almacén F26-18. El Kanban de producción-petición a menudo se llama "En proceso Kanban" o simplemente una "Producción Kanban".

Store Shelf No. <i>F26-18</i> Item Back No. <i>A5-34</i>		Process
Item No. <i>56790-321</i>		<i>Machining</i>
Item Name <i>Crankshaft</i>		<i>SB-8</i>
Car Type <i>SX50BC-150</i>		

Figura 3.26. Tarjeta Kanban 2.
(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

3.11. Justo a Tiempo (*Just in Time* (JIT)).

Concepto³⁴.

El Justo a Tiempo es un método racional de producción que elimina los elementos innecesarios con el fin primordial de aumentar el beneficio mediante la reducción de costos. Su idea básica radica en producir, en todas las fases del proceso de fabricación, lo que se necesita, en el momento adecuado y en la cantidad requerida en cada caso.

Al ser el JIT (*Just in Time*) un sistema basado en la demanda, ésta, al situarse en el extremo del canal logístico, tira de los productos hacia el mercado y la producción y los aprovisionamientos las compras se generan de una manera concatenada a medida que el cliente consume. El *Just in Time* impulsa el agrupamiento de suministros en pocos proveedores, fomentando el mantenimiento de relaciones estables a largo plazo con el objetivo de que dichos proveedores sitúen sus fabricas cerca de la empresa cliente, lo que deriva en una reducción de Costes y facilita la coordinación entre vendedor y comprador.

Las ventajas competitivas se obtienen diferenciándose de los demás: consiguiendo productos y servicios a un coste más bajo o a una mejor calidad y plazo de entrega más reducido o una combinación de todo ello, y mejorando la gestión de la cadena de suministros.

Se consiguen ventajas competitivas mediante estrategias de producción y comercialización que trabajen unidas para reducir costos, así como disponer de un sistema de producción que pueda dar cobertura a un marketing que proporcione al cliente un producto diferenciado.

Lean Manufacturing tiene cuatro objetivos esenciales que son³⁵:

- Atacar los problemas fundamentales.
- Eliminar desperdicios.
- Buscar la simplicidad.
- Diseñar sistemas para identificar problemas.

³⁴ Jose M. Castan Ferrero; Carlos Cabañero y Ana Núñez Carballosa, La Logística en la empresa fundamentos y tecnologías de la información y de la comunicación. Madrid, Ediciones Pirámide, 2003.

³⁵ Yasuhiro Monden. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. Engineering & Management Press. 1997

Atacar los problemas fundamentales.

Una manera de verlo es a través de la analogía del río de las existencias (Figura 3.27.). El nivel del río representa las existencias y las operaciones de la empresa se visualizan como un barco que navega por el mismo. Cuando una empresa intenta bajar el nivel del río (o sea reducir el nivel de sus existencias) descubre rocas, es decir, problemas. Hasta hace poco, cuando estos problemas surgían en las empresas tradicionales, la respuesta era aumentar las existencias para tapar el problema. Un ejemplo típico de problemas sería el de una planta que tuviera una máquina poco fiable que suministrara piezas a otra, más fiable, y la respuesta típica de la dirección tradicional sería mantener un *stock* de seguridad grande entre las dos máquinas para asegurar que a la segunda máquina no le faltara trabajo.

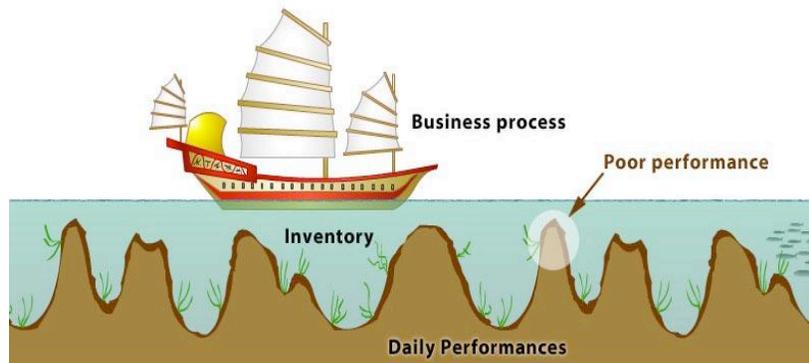


Figura 3.27. En la figura se muestra a los procesos que tienen problemas y que no se pueden observar de manera eficaz ya que el inventario (que es el río) no permite verlos.
(Fuente: Time and capital efficiency, SANDVIK)

En cambio, la filosofía del JIT indica que cuando aparecen problemas debemos enfrentarnos a ellos y resolverlos (las rocas deben eliminarse del lecho del río). El nivel de las existencias puede reducirse entonces gradualmente hasta descubrir otro problema (figura 3.28.); este problema también se resolvería, y así sucesivamente. En el caso de la máquina poco fiable, la filosofía del JIT nos indicaría que había que resolver el problema, ya fuera con un programa de mantenimiento preventivo que mejorara la fiabilidad de la máquina o, si éste fallara, comprando una máquina más fiable.

Tabla 3.5. Problemas y Soluciones. (Fuente: Propia)

PROBLEMAS (ROCAS)	SOLUCION <i>LEAN MANUFACTURING</i>
Máquina poco fiable	Mejorar la fiabilidad
Zonas con cuellos de botella	Aumentar la capacidad
Tamaños de lote grandes	Reducir el tiempo de preparación
Plazos de fabricación largos	Reducir colas, etc., mediante un sistema de arrastre
Calidad deficiente	Mejorar los procesos y/o proveedores

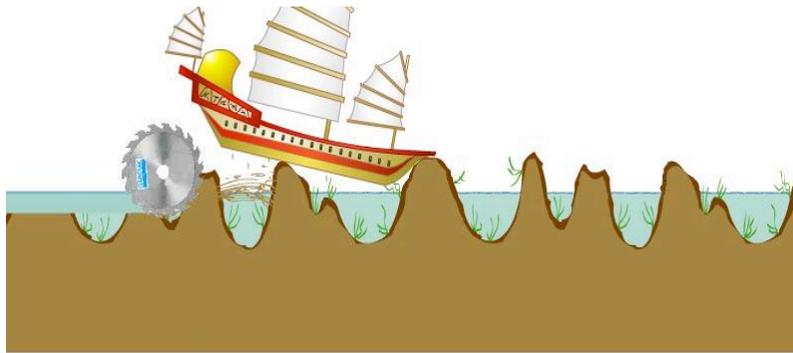


Figura 3.28. Para detectar los problemas se deben tomar acciones que permita escudriñar en el fondo del río. (Fuente: Time and capital efficiency, SANDVIK)

En la tabla anterior se muestran algunos de los problemas (escollos) y las respectivas soluciones *Lean Manufacturing*. Así el enfoque *LM* ante una máquina o un proceso que constituye un cuello de botella consiste en reducir el tiempo de preparación para conseguir una mayor capacidad, buscar máquinas o procesos alternativos, comprar capacidad adicional o incluso subcontratar el trabajo en exceso. Un directivo *LM* reconoce que ni un aumento del *stock* de seguridad ni una programación más compleja logrará resolver el problema fundamental; lo único que hace es tapar temporalmente las rocas (figura 3.29)

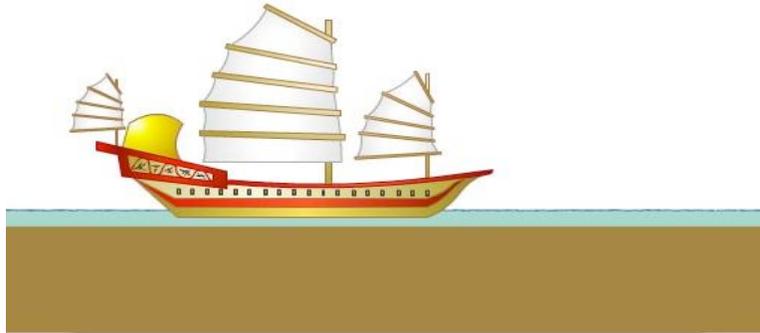


Figura 3.29. Ni un aumento del stock de seguridad ni una programación más compleja logrará resolver el problema fundamental; lo único que hace es tapar temporalmente las rocas.
(Fuente: Time and capital efficiency, SANDVIK)

Eliminar desperdicios.

En este contexto significa eliminar todo aquello que no añada valor al producto. Ejemplos de operaciones que añaden valor son los procesos como cortar metal, soldar, insertar componentes electrónicos, etc. Ejemplos de operaciones que no añaden valor son la inspección, el transporte, el almacenaje, la preparación, entre otros.

Tomemos el caso de la inspección y el control de calidad como ejemplos. El enfoque tradicional es tener inspectores estratégicamente situados para examinar las piezas y, si es necesario, interceptarlas. Esto conlleva ciertas desventajas, incluyendo el tiempo que se tarda en inspeccionar las piezas y el hecho de que los inspectores muchas veces descubren los fallos cuando ya se ha fabricado un lote entero, con lo cual hay que reprocesar todo el lote o desecharlo, dos soluciones sin lugar a dudas muy caras.

En el enfoque *Lean Manufacturing* se orienta a eliminar la necesidad de una fase de inspección independiente, poniendo el énfasis en dos imperativos:

1. **Haciéndolo bien a la primera.** Dado que conseguir productos de alta calidad normalmente no resulta más caro que fabricar productos de baja calidad, ¿por qué no fabricarlos de alta calidad? Todo lo que se necesita es un esfuerzo concentrado para depurar las tendencias que propician la aparición de defectos.
2. **Autocontrol.** Conseguir que el operario asuma la responsabilidad de controlar el proceso y llevar a cabo las medidas correctoras que sean necesarias, proporcionándole unas pautas que debe intentar alcanzar.

Si comparamos el enfoque tradicional de la inspección y control de calidad con el método JIT, podemos ver que el enfoque tradicional ha sido determinar unos límites superiores e inferiores (tolerancias) y si las medidas caen fuera de estos dos límites, el producto se desecha o se reproceso. En cambio, el enfoque *Lean Manufacturing* es reducir la desviación de lo nominal ideal, no tolerando ninguna desviación de lo nominal. Además, *Lean Manufacturing* traspasa la responsabilidad de detectar y corregir las desviaciones a los operarios que llevan a cabo los procesos. Se espera de ellos que lo hagan bien a la primera y que impidan que los productos se desvíen demasiado de lo nominal.

Eliminar desperdicios implica mucho más que un solo esfuerzo de una vez por todas. Requiere una lucha continua para aumentar gradualmente la eficiencia de la organización y exige la colaboración de una gran parte de la plantilla de la empresa. Si se quiere eliminar las pérdidas con eficacia, el programa debe implicar una participación total de la mayor parte de los empleados. Ello significa que hay que cambiar el enfoque tradicional de decirle a cada empleado exactamente lo que debe hacer, y pasar a la filosofía en la cual se pone un especial énfasis en la necesidad de respetar a los trabajadores e incluir sus aportaciones cuando se formulan planes y se hagan funcionar las instalaciones. Sólo de esta forma podremos utilizar plenamente las experiencias y pericias de los empleados.

La velocidad de un proceso se mide en tiempos de ciclos, lo cual es el tiempo total que se requiere para producir un bien o para brindar un servicio. Debido a lo anterior la reducción del tiempo de ciclo puede reducir los costos de fabricación. Para lograr dicha reducción se emplean las técnicas *Just in time* (JIT). Cuando se entregan los materiales o servicios requeridos o el personal está disponible justo en el momento en que se necesitan, en el lugar correcto en donde se necesitan y con la orientación apropiada, se mantienen mínimas las pérdidas de proceso. El trabajo en proceso (*Work In Process* WIP), se debe mantener mínimo entre los procesos y/o en el punto de inicio de los procesos. Un WIP puede ser materia prima que se haya retirado del Almacén, o productos o servicios parcialmente terminados. Si la entrega de este WIP se considera en el tiempo de ciclo del proceso, entonces WIP excesivo, o su entrega antes de lo necesario, extiende el tiempo de ciclo de proceso.

Se puede lograr una reducción en el tiempo de ciclo cuando se comprende el camino crítico de los segmentos del proceso y se administra el suministro de materiales.

Un sistema integral JIT toma en cuenta que se requiere balancear entre los tiempos de mano de obra, de los materiales y de la maquinaria para cumplir con las necesidades de los clientes en el momento y con la calidad requerida. Esto se refiere tanto a clientes internos como externos. JIT

trata pues de identificar y eliminar aquellas actuaciones que no añadan valor.

La forma más simple de determinar las actividades que no añaden valor es aplicar unos "test" a cada etapa del proceso de producción, tales como por ejemplo:

¿Hay alguna actividad (inspección, transporte, etc.) que añada coste sin modificar las características físicas o químicas del producto?

¿Hay alguna parada o pausa durante el proceso de fabricación de una pieza?

¿Hay que efectuar alguna operación para solucionar algo que no se ha hecho correctamente desde el primer momento?

Una respuesta afirmativa a esas y a otras preguntas análogas, señala que tal actuación es propicia a la generación de problemas que precisan soluciones imaginativas y que por consiguiente conviene que sean eliminadas.

La filosofía anterior nos lleva a dos puntos básicos del JIT como son: a- Identificación y eliminación del motivo de las pausas y b- Aquello que no puede utilizarse de inmediato, no debe de hacerse ahora.

Además, el Justo a tiempo evita que se envíen defectos al siguiente proceso en la estación de trabajo.

Para que no suceda lo descrito arriba, es necesario contar con la participación de 3 elementos importantes:

- a. Personal Operativo.
- b. Tarjeta de Notificación o control de proceso.
- c. Personal de planta.

Cuando el personal operativo detecta el defecto, realiza una llamada de alerta para garantizar que no se envíen los defectos a la siguiente estación, enseguida, la máquina genera una alerta de llamada al personal de planta, y éste a su vez actúa de inmediato para resolver el defecto o problema de calidad, como se muestra en la siguiente figura.

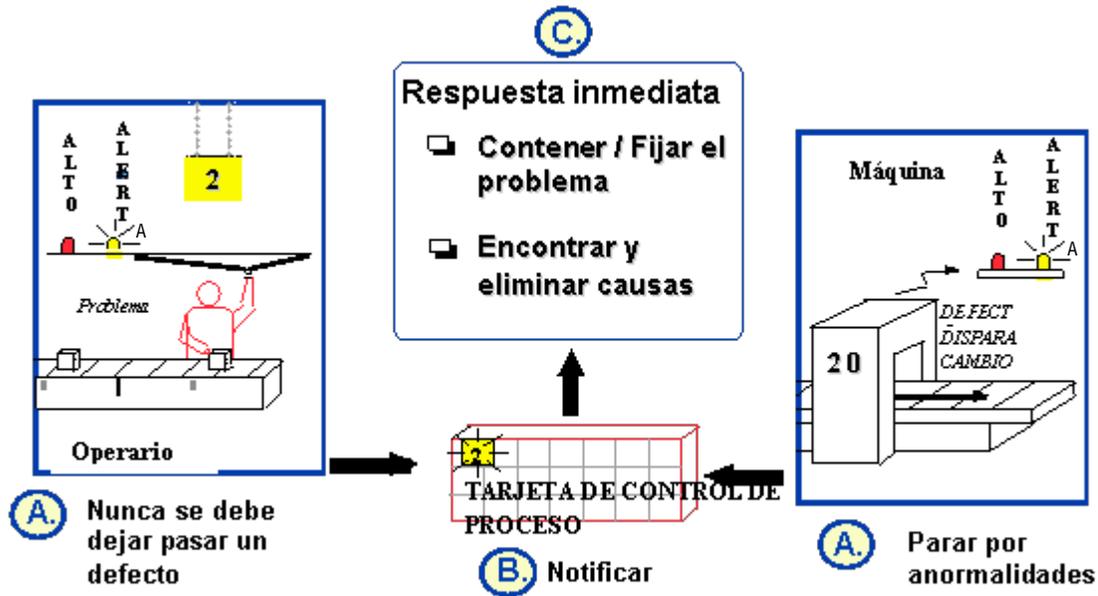


Figura 3.30. Justo a tiempo para impedir que se envíen errores a la siguiente estación.
(Fuente: Propia)

4.1. Estandarización de operaciones³⁶.

El propósito último del Sistema de Producción Toyota es la reducción de los costos de producción. Para ello Toyota intenta eliminar las ineficiencias productivas, así como las existencias y la mano de obra innecesarias.

La estandarización de operaciones se orienta a que la producción utilice un número mínimo de trabajadores. Su primer objetivo radica en conseguir una alta productividad mediante un trabajo activo, es decir, realizar un trabajo eficiente sin movimientos inútiles. Para facilitar este primer objetivo es importante una ordenación estandarizada de las operaciones a realizar por cada trabajador, que se denomina ruta estándar de operaciones.

El segundo objetivo de la estandarización de operaciones de Toyota es conseguir el equilibrado de línea entre todos los procesos en términos de tiempo de producción. Para ello hay que introducir en el estándar de operaciones el concepto de ciclo de fabricación.

El tercero y último de los objetivos es que sólo la mínima cantidad de trabajo en curso se

³⁶ Yasuhiro Monden. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. Engineering & Management Press. 1997

tomará como cantidad estándar de trabajo en curso, es decir, como el número mínimo de unidades necesario para las operaciones estandarizadas a realizar por cada trabajador. Esta cantidad estándar contribuye a eliminar los excesos de existencias en curso.

Para el logro de los tres objetivos, la estandarización de operaciones consta de: ciclo de fabricación, ruta estándar de operaciones y cantidad estándar de trabajo en curso. (Figura 3.31.).

Además de esos objetivos, se establece la producción de los artículos eliminando tanto la posibilidad de accidentes como los defectos en la producción. En consecuencia, se estandarizan también las rutas y los puestos para lograr la seguridad y la calidad de los productos. Así pues, las precauciones de seguridad y la calidad del producto constituyen subobjetivos de la estandarización de las operaciones de Toyota.

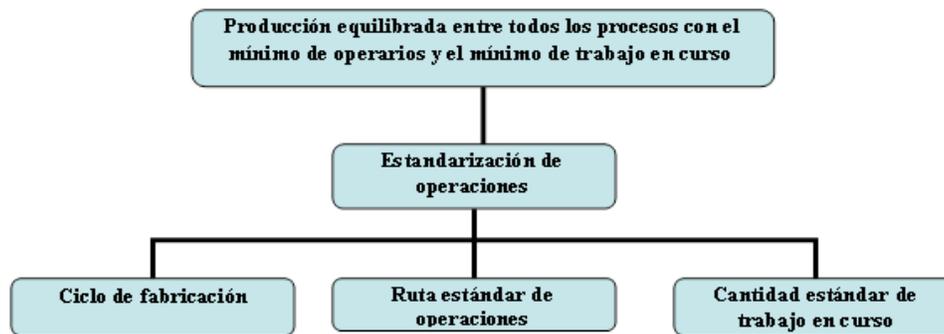


Figura 3.31. Elementos de estandarización de operaciones.
(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

Determinación de los componentes de las operaciones estándar.

Los componentes de las operaciones estándar se establecen principalmente por el capataz (supervisor), que determina las horas de trabajo requeridas para producir una unidad en cada máquina y también el orden de las diferentes operaciones a llevar a cabo por cada trabajador.

El método de Toyota puede parecer poco científico; sin embargo, el capataz posee un conocimiento profundo de los métodos operativos y del rendimiento de sus trabajadores. Además, el capataz suele utilizar también técnicas de Ingeniería de Procesos, tales como estudios de métodos y tiempos; por ello, la aplicación de métodos como los movimientos de tiempos predeterminados puede parecer apropiada ante un observador imparcial. Por lo demás, para

enseñar al trabajador a comprender y seguir por completo el estándar, el capataz mismo debe dominar y reconocer perfectamente el estándar.

Las operaciones estándar se establecen según las siguientes etapas:

1. Determinar el ciclo de fabricación.
2. Determinar el tiempo de ejecución por unidad.
3. Determinar la ruta estándar de operaciones.
4. Determinar la cantidad estándar de trabajo en curso.
5. Preparar la hoja estándar de operaciones.

Determinación del ciclo de fabricación.

El ciclo de fabricación es la duración del período en que debe producirse una unidad de producto. Se determina, a partir del tiempo efectivo diario de operación y de la cantidad de producción diaria requerida, del siguiente modo:

$$\text{Ciclo de fabricación} = \frac{\text{Tiempo efectivo diario de operación}}{\text{Cantidad de producción diaria requerida}}$$

Ciclo de Fabricación 1

El tiempo efectivo diario de operación no se debe reducir por retrasos debidos a averías de maquinaria, tiempos de espera de materiales, trabajo repetido o por coeficientes de fatiga y tiempo perdido. Por su parte, la cantidad de producción diaria requerida no se incrementa para compensar por producción defectuosa. Considerando como innecesario el empleo de tiempo en la producción de elementos defectuosos, el consumo de dicho tiempo se hace visible cuando ello ocurre en el proceso, lo que facilita que se tomen acciones inmediatas para mejorar dicho proceso. El ciclo de fabricación puede ser bastante largo comparado con el de otras empresas que aplican suplementos por fatiga y por producción defectuosa al determinar su ciclo de fabricación. Además, puesto que, en base al ciclo, se determinan tanto el número de las diferentes operaciones como el de trabajadores necesarios para producir una unidad durante dicho ciclo de fabricación, el número de trabajadores de una sección de la fábrica de Toyota puede disminuirse si el ciclo de fabricación es relativamente largo.

En ocasiones, el ciclo de fabricación se determina erróneamente a partir de la capacidad normal de la máquina y la de los trabajadores. Aunque este método proporciona el tiempo probable para producir una unidad, no tiene en cuenta el suplemento de tiempo necesario para volver a situar en posición a los operarios. Para asegurar que el ciclo de fabricación se determine adecuadamente, debe utilizarse el tiempo efectivo diario de operación y la cantidad de producción diaria requerida.

Determinar el tiempo de ejecución por unidad.

El tiempo de ejecución por unidad se determina para cada proceso y para cada pieza o elemento. El tiempo por unidad se registra en la ficha de capacidad de producción que se rellena para cada pieza. (Tabla 3.6.).

FICHA DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	ITEM N°	DENOMINACIÓN	CANTIDAD NECESARIA AL DÍA	NOMBRE DEL OPERARIO

Orden de procesos	Operaciones	Máquina n°	Tiempo Base						Cambio de Herramienta		Capacidad de producción (960 min.)	Referencias	
			Manual		Máquina		De Ejecución por Unidad		Unidad es por cambio	Tiempo de cambio		Operación manual	Proceso Mecanizado
			Min.	Seg.	min	seg.	min.	seg					
1	Taladrar centro	CD-300		7	1	20	1	27	80	1'00''	units. 655		
2	Chaflanar	KA-350		9	1	35	1	44	20 50	30'' 30''	549		
3	Escariar	KB-400		9	1	25	1	34	20 40	30'' 30''	606		
4	Escariar	KC-450		10	1	18	1	28	20	30''	643		

Tabla 3.6. Ficha de Capacidad de producción. (Fuente: Yasuhiro Monden. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. Engineering & Management Press. 1997)

El tiempo manual de operación y el tiempo de proceso automático de la máquina (tiempo máquina) se miden mediante un cronómetro. El tiempo manual de operación no incluye el tiempo de traslados durante el proceso. El capataz establecerá la velocidad y el nivel de especialización requeridos para cada operación manual.

El tiempo de ejecución por unidad en la columna de Tiempo Base es el tiempo requerido para procesar una unidad. Si se procesan de modo simultáneo dos unidades o si se inspecciona, para control de calidad, una unidad de varias, el tiempo de ejecución por unidad se escribirá en la columna correspondiente.

En la columna de Cambio de Herramienta, la expresión unidades por cambio, especifica el número de unidades a producir antes de cambiar el taladro o la herramienta. El tiempo de cambio es lo mismo que tiempo de preparación.

La capacidad de producción, en la última columna de la derecha, se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$N = \frac{T}{C + m}$$

Capacidad de producción 1

Donde,

N = Capacidad de producción en unidades de producto.

C = Tiempo de ejecución por unidad

m = Tiempo de preparación por unidad

T = Tiempo total de operación

Establecimiento de la ruta estándar de operaciones.

Después de determinar el ciclo de fabricación y el tiempo manual de operación por unidad para cada operación, habrá que calcular el número de operaciones diferentes a asignar a cada trabajador. En suma habrá que establecer la ruta estándar de operaciones de cada trabajador individual.

La ruta estándar de operaciones es el orden de las acciones a llevar a cabo por cada

trabajador en un ciclo de tiempo dado. Esta ruta responde a dos propósitos. En primer lugar, indica a cada trabajador el orden en que debe tomar la pieza, colocarla en la máquina y retirarla una vez procesada. En segundo lugar, indica la secuencia de operaciones que el trabajador polivalente debe ejecutar en varias máquinas durante un ciclo.

En este punto es importante distinguir entre "secuencia de proceso" y ruta de operaciones, que no son idénticos en muchos casos. Si la ruta de operaciones es sencilla, puede determinarse directamente a partir de la ficha de capacidad de producción (Tabla 3.6.) En tal caso, la secuencia de proceso resulta idéntico a la ruta de operaciones. Pero si ésta es complicada, puede no resultar fácil determinar si el tiempo de proceso automático de cierta máquina terminará antes de que el trabajador maneje la misma máquina en el próximo ciclo de tiempo. En consecuencia, la hoja de ruta estándar de operaciones se utiliza para determinar la ruta de operaciones exacta.

Sistema Yo-i-don (sincronización).

Yo-i-don significa "en sus marcas, listos, fuera". Se trata de un método para equilibrar el tiempo de la producción (sincronización) entre varios procesos en que no existe cinta transportadora, pudiendo también utilizarse como método de medir la capacidad de producción de cada proceso.

Examinemos detalladamente el sistema Yo-i-don mediante Andón. En una planta de soldadura de carrocería de la *Daihatsu Motor Company* (contratista de Toyota), existen seis procesos de soldadura inferior (U1, U2. • • U6), seis procesos de soldadura lateral (S1, S2. . . S6) y cuatro procesos principales (M1, M2 • • • M4), como muestra la figura 3.32. En algunas empresas, la planta de soldadura de carrocería se denomina también fábrica de chapa, línea de montaje de carrocería o, simplemente, línea de carrocería.

La planta de soldadura de carrocería debe producir una unidad de su producto en 3 minutos 35 segundos (el ciclo de fabricación de dicha fábrica). El tiempo estándar por unidad de producto, para completar cada proceso, se establece dividiendo el ciclo de fabricación en tres partes iguales, de modo acumulativo, es decir, 1/3, 2/3 y 3/3 a medida que el tiempo transcurre. El tablero de la Figura 3.39. denominado Andón se coloca en alto, en el techo de la fábrica, para que todo el personal lo vea.

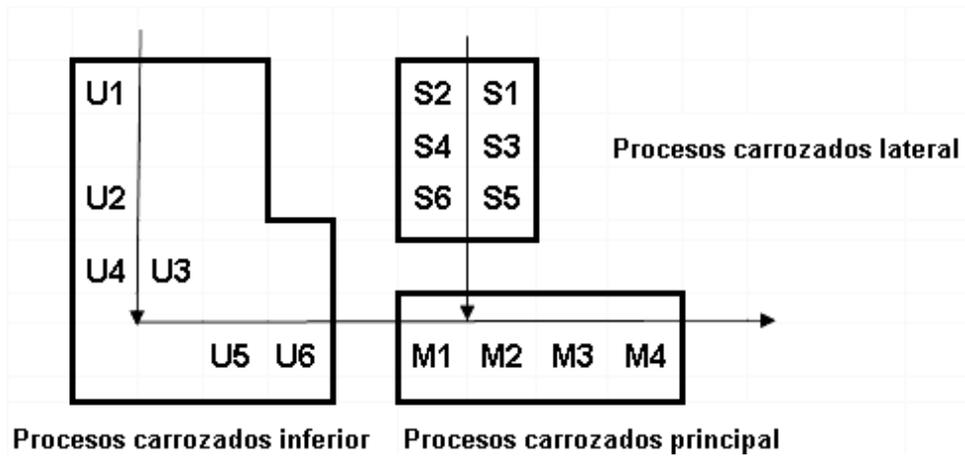


Figura 3.32. Procesos en la planta de soldadura de carrocerías.
(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

1/3		2/3		3/3	
U1	U2	U3	U4	U5	U6
S1	S2	S3	S4	S5	S6
M1	M2		M3	M4	

Figura 3.33. Andon de la planta de carrocería.
(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

Los trabajadores de cada uno de los procesos de carrocería deben completar sus operaciones respectivas en el período de 3 minutos 35 segundos (ciclo de fabricación). En el momento inicial del ciclo cada trabajador prepara el trabajo para el primer proceso a realizar. Si cada trabajador concluye sus operaciones en todos los procesos de que es responsable y transfiere su trabajo terminado al próximo proceso dentro del ciclo de tiempo, la planta de soldadura de carrocería puede en su conjunto producir en 3 minutos 35 segundos una unidad de producto terminado.

El operario pulsará su botón en cada proceso al terminar su tarea y, tras 3 minutos 35 segundos, la luz roja del Andón se encenderá automáticamente sólo para los procesos cuyas tareas no se hayan ejecutado por completo. Puesto que la luz roja indica un retraso en el proceso, el conjunto de la línea se detiene mientras dicha luz permanece encendida.

Por ejemplo, la luz roja puede haberse encendido en el proceso U4, S5 y M2. Cuando esto sucede, el supervisor o un trabajador cercano ayuda a los operarios de dicho proceso a terminar sus tareas. En la mayoría de las ocasiones la luz roja se apagará en 10 segundos.

El siguiente ciclo comenzará en este momento y también darán comienzo nuevamente las operaciones de todos los procesos. Esto se denomina Yo-i-don y lleva a cabo la producción equilibrada entre todos los procesos. El sistema utiliza el Andón, el ciclo de fabricación, un método multiproceso de producción, y el transporte pieza a pieza. El Andón se denomina también en este caso "cuadro informador de terminación de procesos", distinguiéndose en ocasiones del cuadro Andón usual en Toyota.

En cierto sentido, el sistema Yo-i-don es una modificación del llamado "*Tack system*". En este último, el supervisor vigilará el conjunto de los procesos y, cuando todos los operarios hayan concluido sus respectivas tareas, indicará que el producto debe pasar de este proceso al siguiente. En cambio, con el sistema Yo-i-don de Toyota esta función se ve reemplazada por el Andón. En el futuro se habrán de tener en cuenta otras consideraciones y expectativas, generadas por la introducción de robots de soldadura, cintas transportadoras entre procesos y sistemas centrales de ordenadores que controlan las líneas de soldadura de carrocería.

Preparación de una vez.

La secuencia de las máquinas es un problema importante en las rutas de operaciones complejas. Si se disponen muchas máquinas diferentes de modo sucesivo. ¿Cómo se resolverán los problemas de preparación?

Supongamos, por ejemplo, que tenemos diferentes tipos de máquinas, tales como una plegadora (W), una prensa (X), una soldadora (Y) y una taladradora (Z), dispuestas en sucesión en cierto proceso de mecanización. (Figura. 3.33.). Supongamos que esas cuatro máquinas son manejadas por un trabajador polivalente que, aunque está ahora procesando la pieza A deberá tratar luego la pieza B en este proceso multimecanizado.

Para cambiar la producción de la pieza A a la pieza B, el operario nunca prepara las cuatro máquinas después de haber concluido el proceso total de la pieza A en las máquinas, pues de hacerlo así, aumentaría considerablemente el plazo de fabricación.

En lugar de ello, el operario comenzará la preparación para la pieza B mientras la pieza A se encuentra todavía en proceso. Se debe advertir que sólo una unidad de una pieza puede pasar por

cada máquina en un ciclo de fabricación. Por tanto, cuando la última unidad de la pieza A ha sido procesada en la primera máquina no se envía ninguna pieza a esa máquina y, mientras tanto, se realiza en ella la acción de preparación. En otras palabras, la máquina W se preparará en el ciclo de fabricación.

Las cuatro máquinas pueden prepararse sacrificando la producción de sólo una unidad de la pieza B. Si las cuatro máquinas se manejan por un trabajador polivalente, todas se prepararán en cuatro ciclos. Si cada máquina se maneja de modo separado por operarios distintos, las cuatro se prepararán en un ciclo. En Toyota, este tipo de preparación se denomina **preparación de una vez**. (Figura 3.34.).

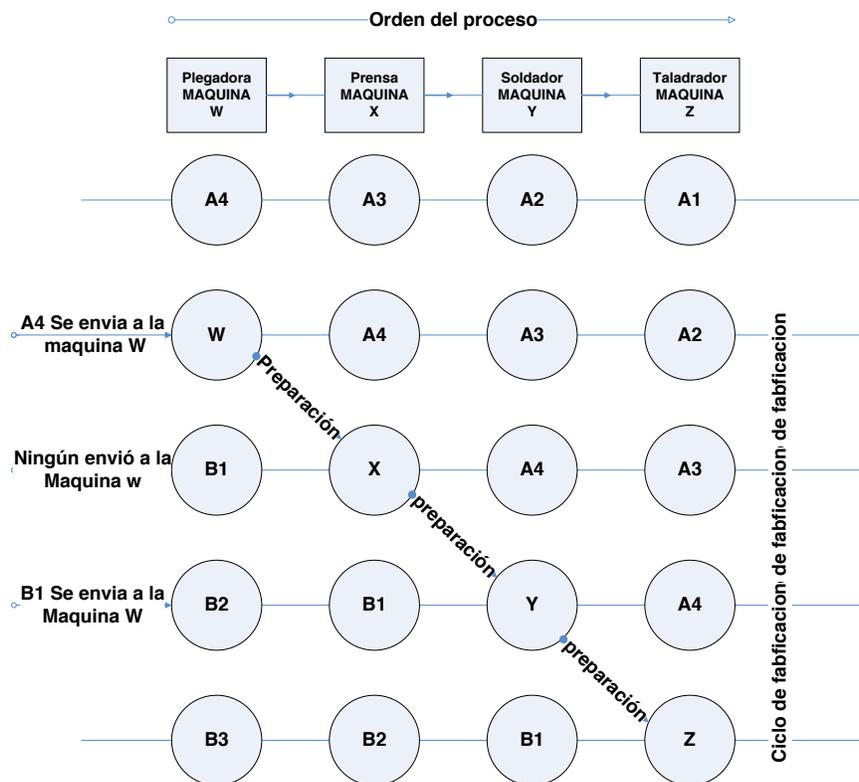


Figura 3.34. Preparación de una vez.
(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

Determinación de la cantidad estándar de trabajo en curso.

La cantidad estándar de trabajo en curso es la cantidad mínima necesaria de trabajo en curso en la línea de producción; se compone, principalmente, del trabajo situado entre las máquinas, así como del asignado a cada máquina. Las existencias en el almacén de productos terminados no se consideran a estos efectos.

Sin esta cantidad de trabajo no podrían llevarse a cabo las operaciones cíclicas predeterminadas para las distintas máquinas de la línea. La cantidad estándar en curso varía según las siguientes matizaciones en relación con la disposición de las máquinas y las rutas de operaciones:

- Si la ruta de operaciones sigue el mismo orden de la secuencia del proceso, sólo es necesario el trabajo en curso en cada máquina y no será preciso mantener trabajo entre máquinas.
- Sin embargo, si la ruta de operaciones sigue un orden opuesto al de la secuencia del proceso, resulta necesario mantener entre máquinas al menos una unidad de trabajo.

Al determinar la cantidad estándar de trabajo requerido, deben tomarse además en consideración los siguientes puntos:

- La cantidad necesaria para comprobar la calidad del producto en las situaciones necesarias del proceso.
- La cantidad a mantener hasta que la temperatura de una unidad salida de la máquina precedente descienda a cierto nivel.

La cantidad estándar a mantener debe hacerse tan pequeña como sea posible, dada la necesidad de reducir costos de almacenaje. El control visual para comprobar la calidad del producto y las mejoras en el proceso se llevarán a cabo más fácilmente al hacerse más evidentes los defectos.

Preparación de la hoja estándar de operaciones.

La hoja estándar de operaciones es el documento final necesario en Toyota para la estandarización de las operaciones. Esta ficha (Figura 3.35.) contiene los elementos siguientes:

- Ciclo de fabricación
- Ruta de operaciones
- Cantidad estándar de trabajo en curso
- Tiempo neto de operación
- Posiciones para control de calidad del producto
- Posiciones para prestar atención a la seguridad del trabajador

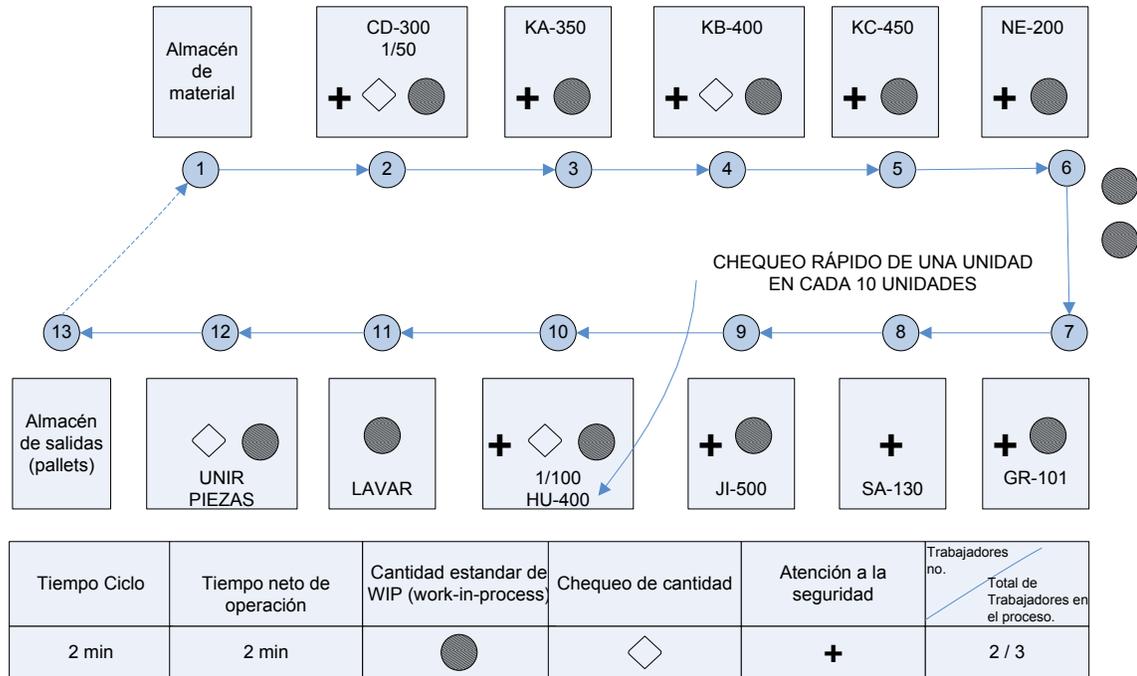


Figura 3.35. Hoja de Operaciones estándar.
(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

Cuando una ficha estándar de operaciones se sitúa de modo que cada trabajador del proceso pueda contemplarla, puede utilizarse para el control visual en las siguientes tres áreas:

1. Como guía para cada operario, contiene la ruta estándar de operaciones.
2. Ayuda al capataz o supervisor en su comprobación para asegurarse de que cada trabajador sigue el estándar de operaciones.
3. Ayuda al directivo superior a evaluar la habilidad del supervisor, puesto que el estándar de operaciones habrá de revisarse con frecuencia para mejorar las operaciones del proceso. Si la ficha estándar de operaciones se mantiene largo tiempo sin revisar, el directivo supondrá que el supervisor no está procurando mejorar las operaciones.

3.12. Cambio Rápido de herramientas (*SMED:Single Minute Exchange of Dies*).

Concepto³⁷.

Sabemos que, al cambiar el tipo de pieza tratado por una máquina, es necesario el cambio de herramientas. Esta operación improductiva es larga y no puede efectuarse con demasiada frecuencia, porque se resentiría la producción. A comienzos de siglo se formuló una teoría resumida está en una fórmula llamada "Fórmula de Wilson", con la cual se permite determinar la cantidad mínima de piezas a tratar por un máquina entre dos cambios de herramientas consecutivos. Esta cantidad económica se expresa en función del tiempo de cambio de útiles. Durante decenios, la Fórmula de Wilson ha constituido el principio esencial de la planificación de la producción de las empresas occidentales. Todavía hoy tiene una amplia utilización. Se trata de una forma de acomodarse al efecto de un problema, al precio de constituir *stocks* elevados y de alargar los plazos. No se ha tenido la idea de atacar su causa, es decir, de intentar reducir los tiempos de cambio de herramientas.

En 1970, Toyota logró reducir a tres minutos el tiempo de preparación de una prensa de 800 toneladas para cubiertas y guardabarros. Este tiempo de preparación se denomina preparación de un dígito, significando que se realiza en un número de minutos de un solo dígito (hasta 9 minutos y 59 segundos). En estos momentos, el tiempo de preparación se ha reducido, en muchos casos, a menos de un minuto es decir, a una preparación instantánea. Las compañías americanas o europeas emplean a menudo dos o más horas o, en el peor de los casos, un día entero en las acciones de preparación.

La necesidad de que Toyota desarrollara tan increíble reducción del tiempo de preparación, fue reconocida por Taiichi Ohno, anterior vicepresidente de la compañía, quien consiguió que, mediante la citada reducción, Toyota pudiera minimizar el tamaño del lote y con ello disminuir el *stock* de productos terminados e intermedios.

Mediante la producción en lotes reducidos, el plazo de fabricación de varios tipos de productos puede acortarse y la empresa se podrá adaptar a los pedidos de los clientes y a las variaciones de la demanda. Si los tipos de coches y las fechas de entrega se modifican durante el mes, Toyota puede adaptarse rápidamente. Pueden reducirse además las existencias de productos terminados e intermedios.

³⁷ Yasuhiro Monden. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. Engineering & Management Press. 1997

El nivel de utilización de la maquinaria sobre su capacidad total se incrementará al reducirse el tiempo de preparación. Ha de advertirse, sin embargo, que es preferible un nivel bajo de utilización de la maquinaria, frente a una producción excesiva que originaría una situación de costos peor que una tasa de baja utilización. La minimización de las existencias, la producción orientada a los pedidos y la rápida adaptación a las modificaciones de la demanda constituyen las ventajas principales de la "preparación de un solo dígito".

Este tipo de preparación es un concepto innovador inventado por los japoneses en el ámbito de la ingeniería industrial. SMED significa Cambio de Troqueles en un sólo Minuto (Single Minute Exchange of Dies) y esta idea fue desarrollada por Shigeo Shingo, consultor de Toyota.

La preparación de un solo dígito no debe considerarse como una técnica, sino como un concepto que requiere un cambio en la actitud de toda la gente involucrada. En las empresas japonesas, la reducción del tiempo de preparación se promueve no sólo por el personal de ingeniería, sino mediante las actividades de grupos reducidos de trabajadores directos, denominados grupos QC (Círculos de calidad) o ZD (Cero defectos). El logro de mejoras en los tiempos de preparación y el consiguiente aumento de la moral hacen posible que los trabajadores acepten retos similares en otras áreas de la fábrica; éste es un importante beneficio adicional de la reducción del tiempo de preparación.

Una fuerte reducción de los tiempos de cambio de herramientas ofrecería sin embargo múltiples ventajas. Aumentaría la capacidad de producción de las máquinas y la productividad del personal. Permitiría librarse de la producción por lotes. Resultaría de ella una fuerte baja de los plazos y de los stocks, así como la posibilidad de utilizar las máquinas para producir piezas en el momento en que se tiene necesidad de ellas y con la calidad necesaria. Los problemas de la falta de piezas o del retraso de los pedidos de los clientes se verían con ello sensiblemente reducidos. Por tanto, mejorarían notablemente la eficacia y la flexibilidad de la fábrica.

Etapas de la aplicación del SMED.

Estas etapas son 4:

1. **Conocer las condiciones reales de la preparación a mejorar.** Se procede a analizar e identificar con la utilización de cronómetro los tiempos de preparación.
2. **Separar preparación interna de preparación externa.** Se trata de separar las tareas según su naturaleza en internas o externas, y realizar las externas mientras la máquina está

trabajando. De esta forma se pueden obtener reducciones de entre un 30 a un 50 por ciento del tiempo empleado en la preparación interna.

3. **Convertir la preparación interna en externa.** Esta etapa se divide en dos fases: en la primera fase se trata de reevaluar los procedimientos declarados como internos y, sin realizar modificaciones en los procesos, ver si existe la posibilidad de realizar alguno con la máquina en funcionamiento, es decir, convertirlo en externo. En la segunda fase, que se realiza conjuntamente con la primera, trabajando con los procesos que son intrínsecamente internos se busca la forma de convertirlos en externos realizando las modificaciones que sean necesarias.
4. **Perfeccionamiento de todos los aspectos de la preparación.** Si bien con las tres etapas anteriores es posible haber llegado a menos de diez minutos, no por ello hemos de detenernos y conformarnos con lo conseguido sino que, como ya nos tienen acostumbrado los japoneses, seguiremos reduciendo el tiempo de preparación, tanto interna como externa.

Conceptos de preparación³⁸.

Para acortar el tiempo de preparación se utilizan cuatro conceptos principales, incluyéndose además seis técnicas para el desarrollo de tales conceptos. La mayoría de estas técnicas han aparecido mediante la aplicación de los conceptos 2 y 3. Pueden utilizarse como ejemplo característico para examinar cada concepto y cada técnica las acciones de preparación de una estampadora, pero podría aplicarse una perspectiva similar a cualquier tipo de máquina.

Concepto 1.- Distinguir la preparación con máquina parada de la preparación con la máquina en marcha. En el primer caso (preparación "interna") nos referimos a las acciones que requieren, inevitablemente, que la máquina se haya detenido. En el segundo (preparación "externa") nos referimos a las acciones que pueden adoptarse mientras la máquina opera. En el caso de una estampadora, dichas acciones pueden llevarse a cabo antes del cambio de nuevo troquel o después de dicho cambio.

Los dos tipos de acciones deben separarse rigurosamente. Esto es, una vez parada la máquina, el trabajador no puede efectuar ninguna de las acciones de la preparación con máquina

³⁸ Yasuhiro Monden. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. Engineering & Management Press. 1997

en marcha.

Durante la preparación máquina en marcha, los troqueles, las herramientas y los materiales, deben disponerse totalmente a punto junto a la máquina, y cualquier necesidad de reparación de los troqueles deberá haberse resuelto por anticipado. En la preparación a máquina parada, debe realizarse exclusivamente la retirada y colocación de troqueles.

Concepto 2.- Convertir cuanto sea posible de preparación máquina parada en preparación con la máquina en marcha.

Se trata del concepto más importante relativo a la preparación de un solo dígito. Ejemplos:

La altura del troquel de una estampadora o de una máquina de moldear, puede estandarizarse utilizando un alineador (espaciador) de modo que resulte innecesario el reajuste del golpe de prensa (Figura 3.36.).

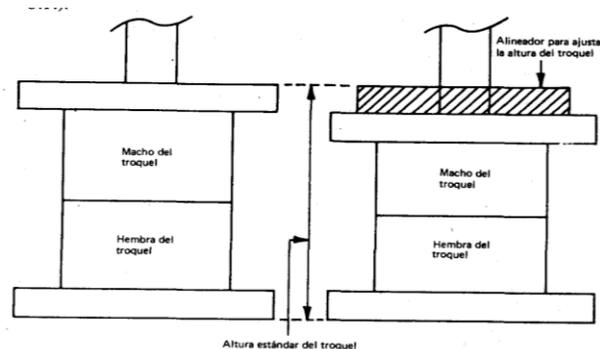


Figura 3.36. Utilización de un alineador para estandarizar la altura del troquel.
(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

Los moldes de fundición pueden ser precalentados mediante el excedente de calor del horno; esto significa que puede eliminarse el calentamiento del molde de metal en la máquina de fundición.

Concepto 3.- Eliminar los procesos de ajuste. Estos procesos ocupan generalmente del 50 al 70 % del tiempo total de la preparación a máquina parada, por lo que reducir el tiempo de ajuste es muy importante para reducir a su vez el tiempo total de preparación.

Generalmente se considera que para el ajuste resulta esencial una gran especialización, pero esto es erróneo. Pueden resultar necesarias operaciones de preparación, como el movimiento del interruptor desde la posición de 100 mm a la de 150 mm. Pero, una vez que se ha hecho,

pueden eliminarse las operaciones de revisión del ajuste. La preparación es un concepto que debe considerarse independiente del ajuste.

Ejemplos:

- El fabricante de una prensa puede fabricar una máquina adaptable a los requerimientos de altura de troquel de diversos compradores. Pero cada empresa particular (cada usuario) puede estandarizar dicha altura según determinado tamaño, con lo que puede evitar el ajuste del recorrido.

- Supongamos que la máquina moldeadora requiere diferente recorrido de prensa según el troquel utilizado, por lo que la posición del interruptor debe modificarse para ajustarlo, ajuste siempre necesario para encontrar la posición correcta. En este supuesto, pueden instalarse cinco interruptores, en vez de uno solo para las cinco posiciones requeridas. Además, en la nueva modificación, puede lograrse que la corriente eléctrica circule sólo hasta el interruptor necesario en un momento dado con sólo una pulsación. Como resultado, se elimina por completo la necesidad de ajuste de la posición (Figura. 3.37.).

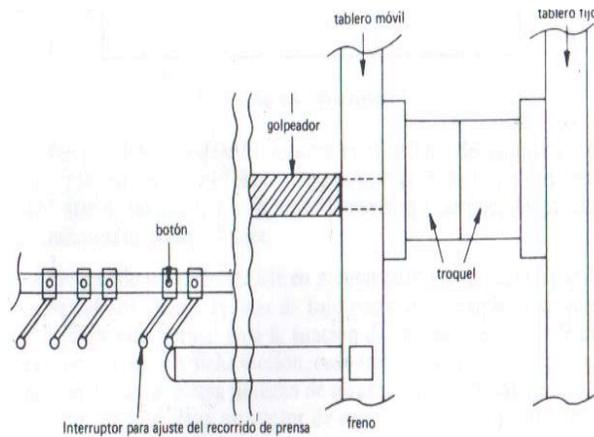


Figura 3.37. La instalación de los interruptores para todas las posiciones requeridas permite el rápido ajuste del recorrido de prensa.

(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

Para cambiar el troquel en la estampadora puede utilizarse una mesa giratoria (revólver) cuya idea inspiradora es similar a la de la pistola revólver. El procedimiento es el siguiente: (Figura 3.38).

- Se retira el troquel n° 1 de su soporte en la prensa (ha terminado la utilización de dicho troquel).
- Se sitúa la mesa móvil próxima a la prensa y se fija mediante el freno.
- Se deja el troquel n° 1 en la mesa móvil.

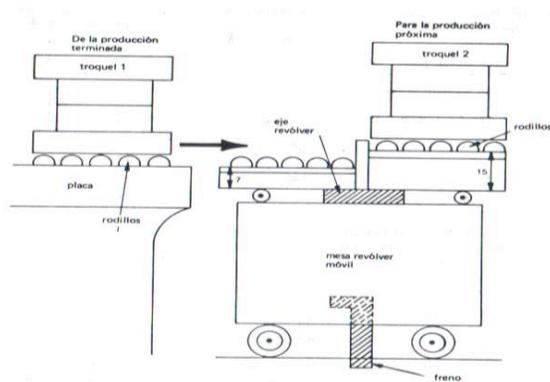


Figura 3.38. Mesa revólver móvil.
(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

- d). Se hace girar solamente la parte superior de la mesa hasta colocar en la plaza el troquel n° 2.
- e). Se quita el freno de la mesa móvil y se aleja ésta de la prensa, al tiempo que se coloca el troquel n° 2 en la prensa. La Figura 3.39. muestra la mesa revólver.

Debe subrayarse de nuevo que, aunque la máquina es capaz de cambiar posiciones de forma continua, sólo unas cuantas posiciones son las adecuadas. Los ejemplos de los cinco interruptores (Figura 3.37.) y de la mesa revólver móvil (Figuras. 3.37. y 3.38.) se basan en esta idea. El número de posiciones del mecanismo requeridas en las operaciones es bastante limitado. Un sistema como éste se describe como sistema con posiciones limitadas y hace posible la "preparación instantánea"

Concepto 4.- Suprimir la fase de preparación misma. Para llegar hasta el final en la simplificación de la preparación, pueden seguirse dos caminos: uno de ellos, la utilización de un diseño uniforme del producto y de la misma pieza para productos diversos; el otro, la producción de varias piezas a la vez. Esto último puede por su parte lograrse por dos métodos. El primero es el sistema de agrupación. Por ejemplo, en un troquel único de una prensa se moldean dos figuras distintas de las piezas A y B, separándose luego, después del prensado simultáneo de ambas chapas.

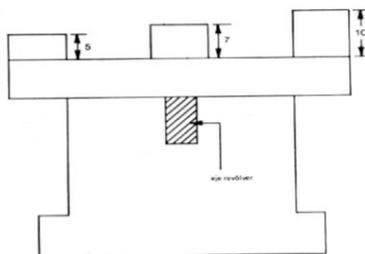


Figura: 3.39. Mesa revólver.
(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

El segundo método consiste en prensar múltiples piezas en paralelo utilizando diversas máquinas de bajo costo. Por ejemplo, una sección utiliza un gato normal para la función de prensado, en lugar de utilizar una prensa. En dicha sección, cada trabajador maneja un pequeño gato mientras se ocupa de otras tareas como trabajador polivalente. El gato lleva un motor de escasa potencia y puede llevar a cabo la misma función que una prensa pesada. Si se dispone de varios gatos de este tipo, pueden usarse en paralelo para la fabricación de varios tipos de piezas.

Aplicación de los conceptos³⁹.

He aquí seis técnicas para la aplicación de los cuatro conceptos antes indicados:

Técnica 1.- Estandarizar las acciones de preparación con la máquina en marcha. Las operaciones de preparación de troqueles, herramientas y materiales, deben describirse como rutas de operaciones y estandarizarse. Una vez estandarizadas deben ponerse por escrito y fijarse a la pared para que los operarios las vean. Los trabajadores deben entrenarse hasta llegar a dominarlas.

Técnica 2.- Estandarizar sólo los elementos necesarios en la máquina. Si el tamaño y la forma de todos los troqueles se han estandarizado por completo, el tiempo de preparación se reducirá extraordinariamente. Esto, sin embargo, puede tener un coste muy alto. Por ello sólo se estandariza aquella parte de la maquinaria que resulta necesaria para la preparación. Un ejemplo de esta técnica lo constituye el alineador indicado como ejemplo en el concepto 2 (Figura 3.35.) para igualar los tamaños de troqueles.

Si las dimensiones de los portatroqueles estuvieran estandarizadas, podrían eliminarse los cambios de las herramientas de amarre y los ajustes (Figura. 3.40.).

Técnica 3.- Utilizar una sujeción de manejo rápido. El dispositivo más usual de sujeción es un perno pero, para evitar que pueda aflojarse, conviene desarrollar un dispositivo que permita una sujeción conveniente con un solo .giro de la tuerca. Algunos ejemplos son: los orificios piriformes, una arandela en forma de U y el tornillo y tuerca provistos de muescas que se indican en la Figura 3.40.

³⁹ Yasuhiro Monden. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. Engineering & Management Press. 1997

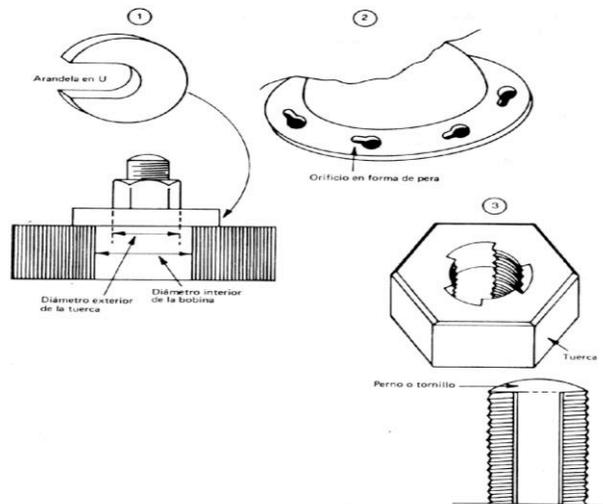


Figura 3.40. Ejemplos de sujeciones rápidas (técnica 3).
(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

- 1) Arandela en U para tornillos.
- 2) Orificios periformes.
- 3) Tuerca y tornillo muescados.

En una operación de bobinado, la bobina enrollada se retiraba tras quitar la tuerca y la arandela de sujeción. Para reducir el tiempo necesario para retirar la bobina, el diámetro exterior de la tuerca era de menor tamaño que el interior de la bobina, utilizándose una arandela en forma de U para sujetarla. La bobina podía así retirarse muy rápidamente, quitando la arandela en U con sólo un giro y sin necesidad de quitar la tuerca.

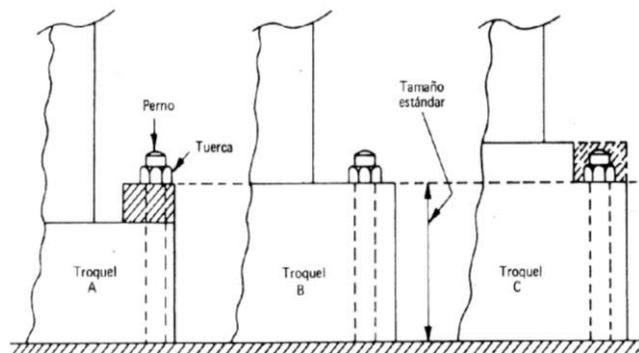


Figura 3.41. La estandarización del tamaño de los portarroqueles reduce la necesidad de cambiar las herramientas de amarre.
(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

Donde había 12 tornillos alrededor del borde del homo, los agujeros para los tornillos de la tapa se modificaron dándoles forma de pera y se utilizaron arandelas en U. En consecuencia, bastaba aflojar el tornillo haciéndole girar una sola vuelta para poder retirar la arandela en U y que la tapadera pudiera girar hacia la izquierda, de modo que podía abrirse saliendo las tuercas a través del ensanchamiento en forma de pera del agujero, sin necesidad de retirar las tuercas de los tornillos.

En otro caso, puede modificarse el exterior del tornillo para presentar tres salientes y, en correspondencia con ellos, hacer asimismo tres muescas en el hueco interior de la tuerca. Así, el tornillo puede sujetarse a la máquina con un solo giro, encajando los tres salientes del tornillo en las tres muescas de la tuerca.

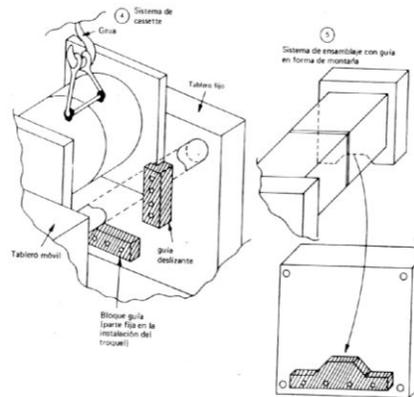


Figura 3.42. Sistemas de ensamblaje para las sujeciones rápidas (técnica 3)

4) Sistema de cassette con guías deslizante

5) Mecanismos de instalación con guía en forma de montaña

(Fuente: Toyota Production System, Yasuhiro Monden)

Un sistema de *cassette* que pone en práctica la idea de ensamblaje sirve para la preparación en menos de un minuto o "instantánea". Se muestra un ejemplo en la Figura 3.42. Se ha ideado el bloque deslizante que se advierte en la figura y se estandariza el tamaño del portatroqueles. En la Figura 3.42. se muestra asimismo un dispositivo para la instalación del troquel que utiliza una guía metálica en forma de montaña.

Técnica 4.- Utilización de un instrumento suplementario. Lleva bastante tiempo instalar un troquel o una herramienta directamente en la prensa o en el plato de un torno. Sin embargo pueden colocarse el troquel o con la máquina en marcha y luego, en la fase de preparación a máquina parada, podrán instalarse en una "preparación instantánea". Para ello, los instrumentos suplementarios deben estar estandarizados. La mesa revólver móvil de la Figura 3.38. constituye un ejemplo de esta técnica.

Técnica 5.- Utilizar operaciones en paralelo. Una gran prensa o una gran máquina moldeadora tendrán múltiples posiciones de fijación por sus cuatro costados. Las operaciones de preparación de máquinas como éstas pueden ocupar mucho tiempo a un trabajador. Sin embargo, si las operaciones se llevan a cabo en paralelo por dos personas, pueden eliminarse movimientos inútiles y reducirse el tiempo de preparación. Aunque no cambiara el número total de horas de trabajo de preparación, podrían aumentar las horas efectivas de operación de la máquina. Si el tiempo de preparación se redujera de una hora a tres minutos, el segundo trabajador sería necesario en dicho proceso sólo durante tres minutos. Por ello los especialistas en operaciones de preparación reciben entrenamientos en prensa y colaboran con los operadores de las máquinas.

Técnica 6.- Utilización de un sistema mecánico de preparación. Pueden utilizarse sistemas hidráulicos o neumáticos para la fijación de un troquel en varias posiciones al tiempo en la "preparación instantánea" y también puede ajustarse la altura del troquel de una prensa mediante un mecanismo operado eléctricamente. Pero aunque estos mecanismos serían muy convenientes, una inversión excesiva sería como "poner el carro delante de los bueyes"

Aunque en Toyota se ha reducido el tiempo de preparación a menos de diez minutos, se trata del tiempo correspondiente a la preparación con máquina parada. La preparación con máquina en marcha requiere todavía en Toyota media hora o una hora. Sin este empleo de tiempo no puede cambiarse el troquel para el próximo lote. Por tanto, el tamaño del lote o el número de preparaciones por día se ven esencialmente restringidos por el tiempo necesario en las preparaciones a máquina en marcha.

En conclusión, aunque en las empresas americanas y europeas o en las de cualquier otro país la aplicación del sistema Toyota de producción puede presentar algunas dificultades, como las derivadas de los sindicatos o de problemas geográficos. Sin embargo, las perspectivas de reducción del tiempo de preparación descritas aquí, pueden definitivamente aplicarse en cualquier empresa y reducir mediante ellas las existencias en curso y el plazo de fabricación, aunque no tanto como si fueran acompañadas por el sistema Kanban. La reducción de los tiempos de preparación de muchas máquinas sería una de las formas más sencillas de introducir el Sistema de producción Toyota.

Capítulo IV. Identificación de problemas en el Depto. de Embarques y Taller 21.

4.1 Investigación de campo

Con el presente trabajo de Tesis, se pretende “accionar la palanca” que ayude al Departamento de Embarques y Taller 21, de la Compañía Mexicana de Aviación SA de CV, a empezar a detectar y aminorar los problemas que impiden un mejor desempeño del área, así como dejar enseñanza de la mejora continua.

Para lograr lo anterior, fue necesario realizar varias visitas en sitio al Departamento de Embarques y Taller 21, de las cuales se obtuvo información para plantear los problemas actuales y buscar su posible solución con las herramientas de *Lean Manufacturing*.

También es importante señalar que este trabajo desarrollado se presenta como una propuesta de implementación para el Departamento de Embarques y Taller 21, debido a que esta área se encuentra en proceso de mudanza hacia otro lugar físico. Sin embargo, cabe destacar que mientras se desarrollaba este trabajo de Tesis, en el Departamento de Embarques y Taller 21 se implementó la primera S del Sistema de 5's, la cual es **Organizar** (tomando como referencia la propuesta que aquí se plantea), ya que como ya se mencionó, este departamento se encuentra en proceso de transición.

4.2 Técnicas de calidad

En el trabajo de Tesis, se plantean una serie de pasos, que con la ayuda de técnicas de Calidad, nos ayudaran a detectar los problemas del Departamento de Embarques y Taller 21 y a buscar soluciones con *Lean Manufacturing*. Dichos pasos son desarrollados a continuación:

1. Para la identificación de los problemas y causas de los mismos que se tienen el Departamento de Embarques y Taller 21, utilizamos la técnica de la lluvia de ideas para generar un diagrama de Espina de pescado de Ishikawa (causa-efecto). Posteriormente, se ideó un *checklist* para medir la ocurrencia de los problemas descritos en el diagrama de pescado y finalmente, se consolidaron los puntos del checklist en problemas genéricos para facilitar su análisis con la técnica de Pareto.

DIAGRAMA DE PESCADO.

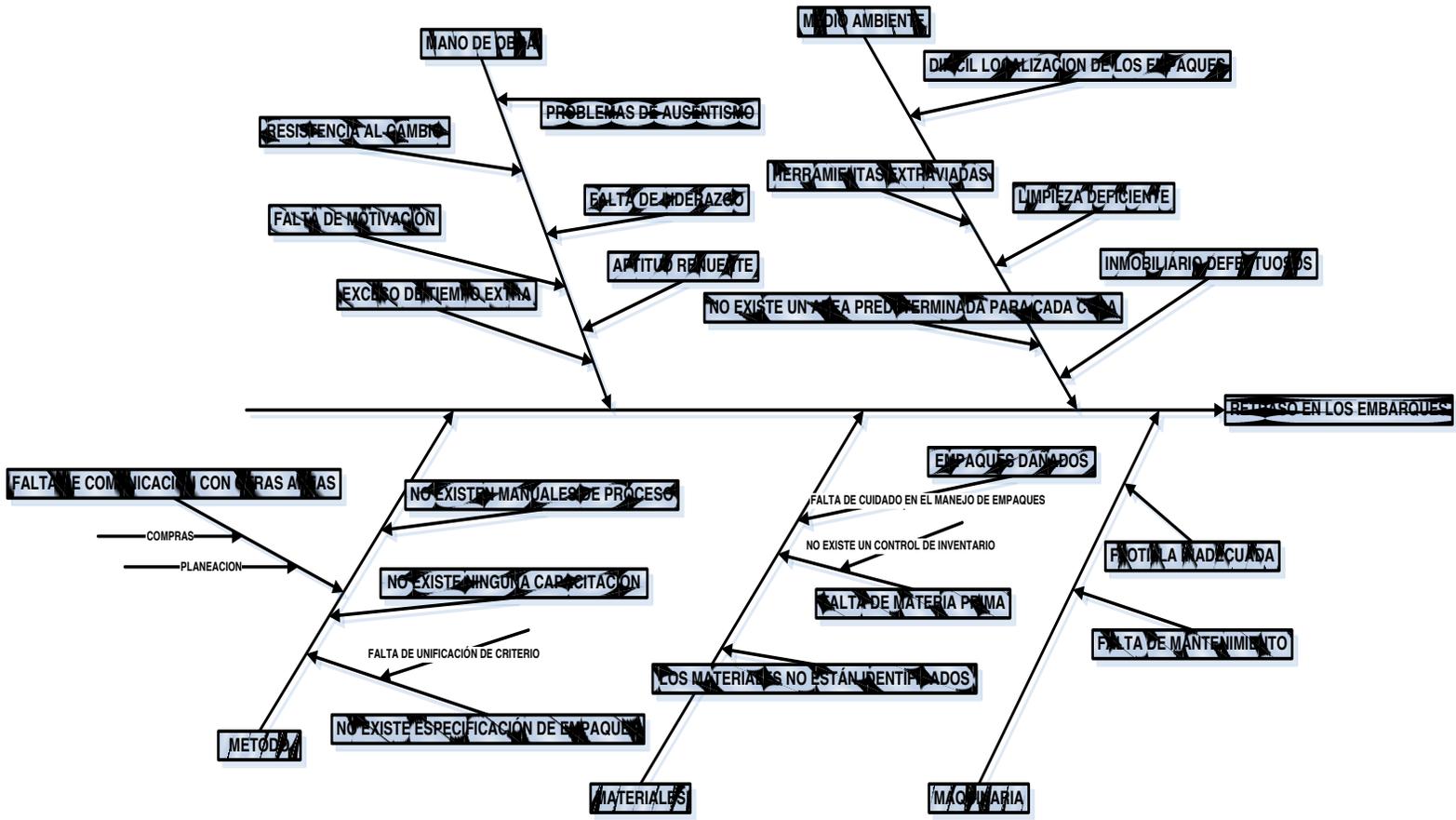


Figura 4.1. Diagrama de Pescado o de Ishikawa

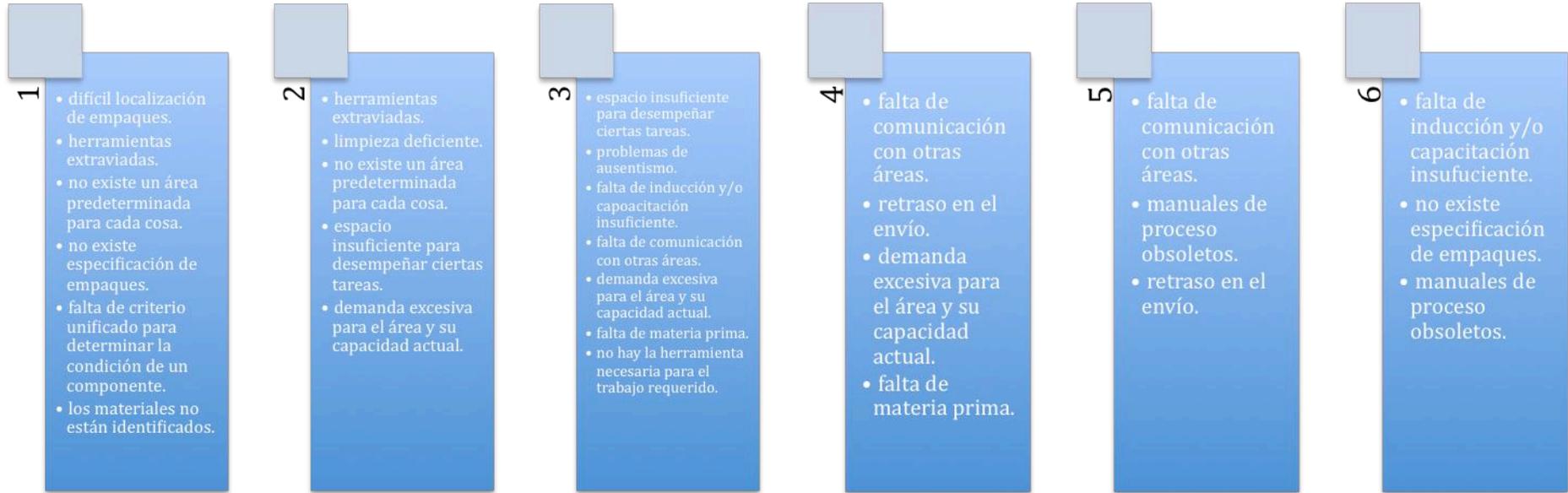
CHECKLIST

MEDIO AMBIENTE	
1. difícil localización de empaques	
2. herramientas extraviadas	
3. limpieza deficiente	
4. no existe un área predeterminada para cada cosa	
5. mobiliario defectuoso	
6. espacio insuficiente para desempeñar ciertas tareas	
MANO DE OBRA	
1. problemas de ausentismo	
2. resistencia al cambio	
3. falta de liderazgo	
4. falta de motivación	
5. actitud renuente	
6. exceso de tiempo extra	
7. Falta de inducción y/o capacitación insuficiente	
MÉTODO	
1. no existe especificación de empaques	
2. falta de comunicación con otras áreas	
3. manuales de proceso obsoletos	
4. retraso en el envío	
5. retraso en la recepción	
6. retraso en el pago del servicio de reparación	
7. falta de criterio unificado para determinar la condición de un componente	
8. demanda excesiva para el área y su capacidad actual	
9. inspección redundante	
MATERIALES	
1. los materiales no están identificados	
2. falta de materia prima	
3. empaques dañados	
MAQUINARIA	
1. falta de mantenimiento	
2. flotilla inadecuada	
3. no hay la herramienta necesaria para el trabajo requerido	

La consolidación de los puntos pertenecientes al checklist mostrado anteriormente, se realizó con base en la anotación por parte del observador, del problema concreto encontrado en su momento. Según las anotaciones encontradas, se crearon 12 puntos genéricos, que facilitarán el análisis de los problemas con un diagrama de Pareto. Estos son:

1. los materiales de trabajo no están identificados.
2. Espacio poco óptimo para la tarea de embalaje.
3. Sobre inventario de componentes WIP.
4. Envío de componentes críticos con varios días de retraso debido a la falta de documentación de Embarque.
5. El área de compras demora bastante tiempo en enviar la Orden de Compra del componente a ser reparado.
6. No existe un proceso para la selección del contenedor adecuado para embalar el componente.
7. Se reciben componentes en el Departamento de Embarques y Taller 21, aun cuando no tienen la tarjeta roja y provoca poca visibilidad de ellos en el resto del proceso.
8. Objetos sin utilidad para el área de embarques, los cuales se encuentran estorbando a la operación.
9. Componentes que tienen meses sin ser enviados a reparación porque no tienen la información necesaria de embarque.
10. Se envían componentes a reparación al ser removidos varias veces del mismo lugar.
11. Se envían componentes a reparación a proveedores en USA, aun cuando éstos ya eran totalmente inservibles.
12. Se envían componentes a reparación a proveedores externos en USA*, cuando éstos tenían garantía con el proveedor.
13. Contenedores dañados.

A continuación se muestran los puntos del checklist acomodados en las categorías genéricas.



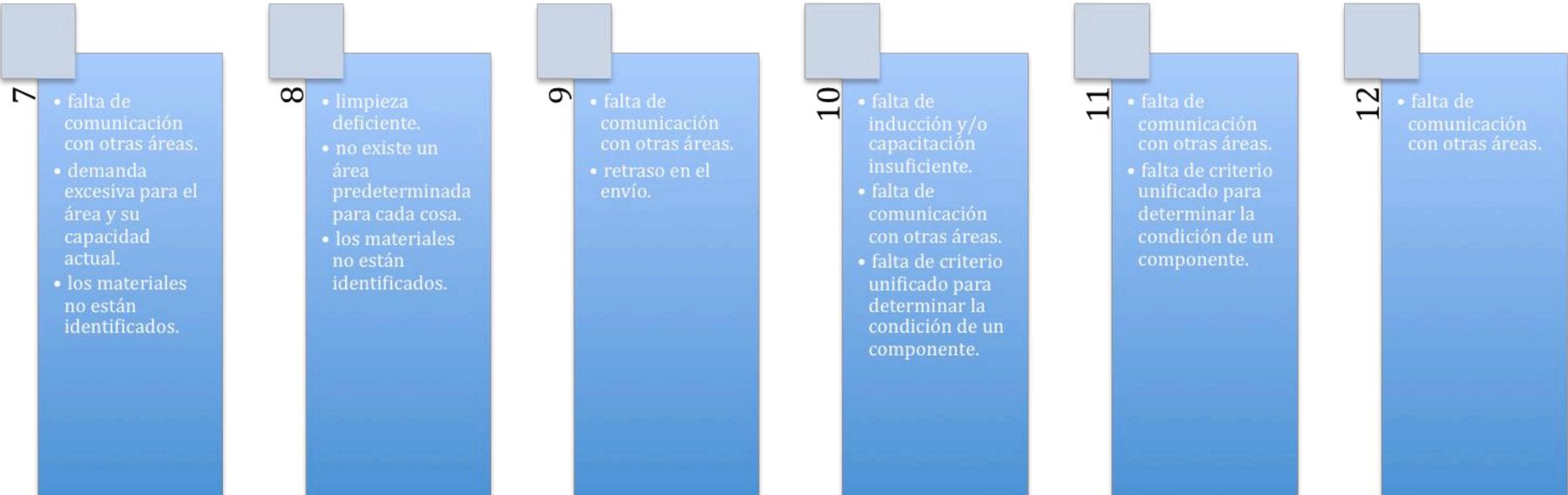
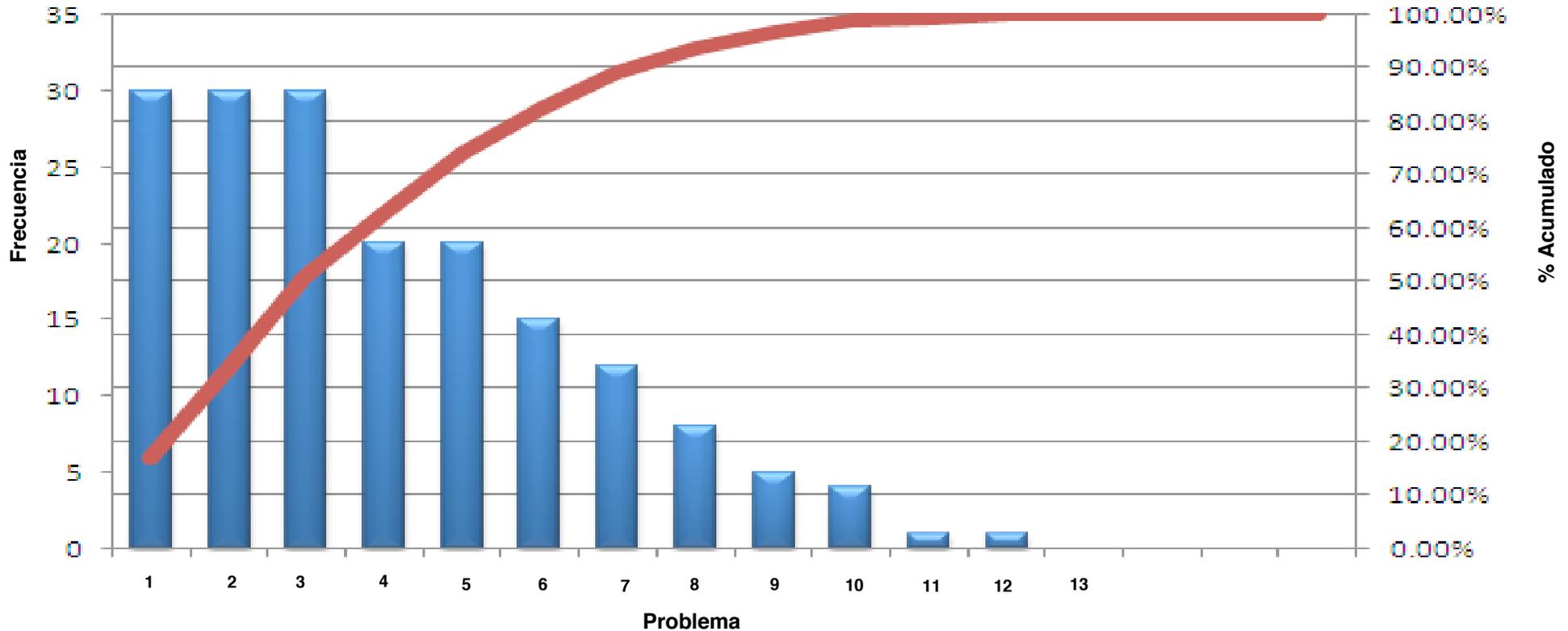


Tabla 4.1. Análisis de Pareto.

NO.	PROBLEMA	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	%
1	Los materiales de trabajo no están identificados.	30	30	17.05
2	Espacio poco óptimo para la tarea de embalaje.	30	60	34.09
3	Sobre inventario de componentes en WIP (<i>Work in process</i>)	30	90	51.14
4	Envío de componentes críticos con varios días de retraso debido a la falta de documentación de Embarque.	20	110	62.50
5	El área de compras demora bastante tiempo en enviar la RO del componente a ser reparado.	20	130	73.86
6	No existe un proceso para la selección del contenedor adecuado para embalar el componente.	15	145	82.39
7	Se reciben componentes en el Departamento de Embarques y Taller 21, aun cuando no tienen la tarjeta roja de seguimiento y provoca poca visibilidad de ellos en el resto del proceso.	12	157	89.20
8	Objetos sin utilidad para el área de embarques, los cuales se encuentran estorbando a la operación.	8	165	93.75
9	Componentes que tienen meses sin ser enviados a reparación porque no tienen la información necesaria de embarque.	5	170	96.59
10	Se envían componentes a reparación al ser removidos varias veces del mismo lugar.	4	174	98.86
11	Se envían componentes a reparación a proveedores externos en USA*, cuando éstos tenían garantía con el proveedor.	1	175	99.43
12	Se envían componentes a reparación a proveedores en USA, aun cuando éstos ya eran totalmente inservibles	1	176	100.00
13	Contenedores dañados.	0	176	100.00
	Total	176		

Figura 4.2. Análisis de Pareto (80-20)

Diagrama de Pareto



No.	Causa
1	Los materiales de trabajo no están identificados.
2	Espacio poco óptimo para la tarea de embalaje.
3	Sobre inventario de componentes en WIP (Work in process)
4	Envío de componentes críticos con varios días de retraso debido a la falta de documentación de Embarque.
5	El área de compras demora bastante tiempo en enviar la Orden de Compra del componente a ser reparado.
6	No existe un proceso para la selección del contenedor adecuado para embalar el componente.
7	Se reciben componentes en el Departamento de Embarques y Taller 21, aun cuando no tienen la tarjeta roja y provoca poca visibilidad de ellos en el resto del proceso.

No.	Causa
8	Objetos sin utilidad para el área de embarques, los cuales se encuentran estorbando a la operación.
9	Componentes que tienen meses sin ser enviados a reparación porque no tienen la información necesaria de embarque.
10	Se envían componentes a reparación al ser removidos varias veces del mismo lugar.
11	Se envían componentes a reparación a proveedores externos en USA, cuando éstos tenían garantía con el proveedor.
12	Se envían componentes a reparación a proveedores en USA, aun cuando éstos ya eran totalmente inservibles
13	Contenedores dañados.

2. Con las técnicas anteriores se definieron los problemas y sus posibles causas. Ahora, para determinar las herramientas de *Lean Manufacturing* a utilizar para erradicar o disminuir cada uno de los problemas detectados, se definieron los conceptos básicos de las herramientas de *Lean Manufacturing* que abordamos en el presente trabajo de Tesis, en la tabla (4.2) que a continuación se presenta.

Tabla 4.2. Conceptos de las herramientas de *Lean Manufacturing*.

HERRAMIENTA DE <i>LEAN MANUFACTURING</i>	CONCEPTO
Distribución de Planta	Optimizar el área de trabajo (Células administrativas), mejorando la comunicación.
	Determinar la distribución de planta adecuada según el proceso y reducir el tiempo muerto.
	Determinar la polivalencia de los operarios mediante shojinka.
5's	Áreas de trabajo limpias y libres de estorbos.
	Organizar, ordenar, limpiar, estandarizar y mejora continua.
	Base para cualquier implementación de <i>Lean Manufacturing</i> .
TPM	Optimizar el uso de las máquinas y herramientas en el trabajo.
	Determinar un plan calendarizado de Mantenimiento preventivo y predictivo.
	Conservar el buen funcionamiento de las máquinas y herramientas.
Kaizen	Mejora continua, aunque sea mínima.
	Políticas, reglas, directrices, procedimientos y disciplina.
	Técnicas de Control Total de Calidad.
<i>Poka Yoke</i>	Mecanismos para la detección de errores
	Retroalimentación y acción correctiva.
	Tipificación de errores.
Kanban	Información de producción (qué, cuánto, a través de qué, cómo transportarlo).
	Eliminación de la sobreproducción y reducción de inventarios.
	Flexibilidad en la calendarización de la producción y la producción en sí. Así como asignación de prioridades.
Justo a tiempo	Mejorar la relación con los proveedores.
	Eliminación de desperdicios (incluye desperdicios por inventarios).
	Mejorar los procesos, haciéndolos bien a la primera.
Estandarización de Operaciones	Utilizar el mínimo de Mano de obra.
	Trabajo eficiente.
	Número mínimo de unidades necesario para las operaciones estandarizadas a realizar por cada trabajador.
Cambio rápido de herramientas	Utilización total del tiempo máquina, al reducir el tiempo de preparación.
	Mayor productividad por trabajador.
	Adaptación y flexibilidad a los cambios de producción.

3. Una vez que se tienen identificados los problemas y también los conceptos básicos de las

herramientas de *Lean Manufacturing*, entonces, se les da una calificación de 1 a 5 puntos, teniendo como base de calificación la relación entre el problema y la solución que ofrecen las herramientas de *Lean Manufacturing* para atacarlo, según la Tabla 4.2. Conceptos de las Herramientas de *Lean Manufacturing*.

Es importante mencionar, que aunque en el Marco Teórico se abordan otras herramientas de Lean Manufacturing, no las incluimos en la tabla ya que su relación con los problemas es nula.

Para realizar lo anterior, se considera 0 (cero) como la menor calificación, es decir, no hay relación entre el problema y la herramienta de *Lean Manufacturing*, y 5 (cinco) como la relación más alta entre ambos.

Cada una de las características de las herramientas de *Lean Manufacturing*, tienen el mismo peso de calificación total, es decir, máximo se pueden obtener 15 puntos por cada una.

Además, se considera que la mayor calificación para definir que la herramienta es aplicable al problema es de 12 a 15 puntos (es decir, 80% a 100% de la aplicación de la herramienta al problema), sin embargo, las herramientas que tengan puntaje de 3 a 11 puntos, quiere decir que mejoran los procesos, aunque no de forma directa.

4. Una vez realizada la evaluación con las premisas citadas anteriormente, se construye la tabla que a continuación se muestra (Tabla 4.3, que consta de cuatro partes.). Ésta contiene el resumen de la evaluación de los problemas detectados en el Departamento de Embarques y Taller 21 y su posible solución con las herramientas de *Lean Manufacturing*.

El detalle de la evaluación, se encuentra en el Anexo H, en donde se señala la calificación otorgada a cada concepto de las herramientas de *Lean Manufacturing* según el problema detectado.

PROBLEMA	HERRAMIENTA								
	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	5'S	TPM	KAIZEN	POKA YOKE	KANBAN	JUSTO A TIEMPO	ESTANDARIZACIÓN DE OPERACIONES	CAMBIO RÁPIDO DE HERRAMIENTAS
Envío de componentes críticos con varios días de retraso debido a la falta de documentación de Embarque.	12	6	0	5	4	9	9	5	0
Componentes que tienen meses sin ser enviados a reparación porque no tienen la información necesaria de embarque.	12	12	0	7	4	6	9	5	0
Los materiales de trabajo no están identificados.	4	15	4	6	4	0	4	5	0
No existe un proceso para la selección del contenedor adecuado para embalar el componente.	6	12	4	5	0	0	5	7	4

PROBLEMA	HERRAMIENTA								
	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	5'S	TPM	KAIZEN	POKA YOKE	KANBAN	JUSTO A TIEMPO	ESTANDARIZACIÓN DE OPERACIONES	CAMBIO RÁPIDO DE HERRAMIENTAS
Contenedores dañados.	4	15	4	5	0	4	4	5	4
Objetos sin utilidad para el área de embarques, los cuales se encuentran estorbando a la operación.	5	15	6	7	0	0	5	5	3
Se envían componentes a reparación a proveedores externos en USA*, cuando éstos tenían garantía con el proveedor.	14	5	0	8	8	7	9	8	2
Se envían componentes a reparación a proveedores en USA, aun cuando éstos ya eran totalmente inservibles	14	10	0	8	4	7	9	9	2

PROBLEMA	HERRAMIENTA								
	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	5'S	TPM	KAIZEN	POKA YOKE	KANBAN	JUSTO A TIEMPO	ESTANDARIZACIÓN DE OPERACIONES	CAMBIO RÁPIDO DE HERRAMIENTAS
Se envían componentes a reparación al ser removidos varias veces del mismo lugar.	14	5	0	8	4	7	9	9	2
El área de compras demora bastante tiempo en enviar la Orden de Compra del componente a ser reparado.	12	5	0	9	0	10	7	5	5
Se reciben componentes en el Departamento de Embarques y Taller 21, aun cuando no tienen la tarjeta roja de seguimiento y provoca poca visibilidad de ellos en el resto del proceso.	12	12	0	8	10	0	10	11	5

PROBLEMA	HERRAMIENTA								
	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	5'S	TPM	KAIZEN	POKA YOKE	KANBAN	JUSTO A TIEMPO	ESTANDARIZACIÓN DE OPERACIONES	CAMBIO RÁPIDO DE HERRAMIENTAS
Espacio poco óptimo para la tarea de embalaje.	15	15	9	10	6	6	5	12	6
Sobre inventario de componentes en <i>WIP (Work in process)</i>	15	15	0	8	3	15	10	13	9
Falta de disponibilidad de los componentes debido a que los <i>Hubs</i> en USA son insuficientes y hay varios días de traslado entre Florida y LAX*	3	0	0	3	0	0	13	4	0
Exceso de tiempo extra. En los 5 días hábiles no se alcanza a cubrir la demanda.	0	8	0	2	0	5	13	9	0
Poca disponibilidad de los (continúa)	0	0	0	5	0	5	15	3	0

PROBLEMA	HERRAMIENTA								
	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	5'S	TPM	KAIZEN	POKA YOKE	KANBAN	JUSTO A TIEMPO	ESTANDARIZACIÓN DE OPERACIONES	CAMBIO RÁPIDO DE HERRAMIENTAS
componentes comprados en Unión Europea y Asia debido a que hacen escala en Estados Unidos									

Tabla 4.3. Evaluación de la relación de los problemas con las herramientas de *Lean Manufacturing*.

4. Por último, una vez que ya se identificaron las herramientas de *Lean Manufacturing* que nos ayudarán a solucionar los problemas detectados en el Departamento de Embarques y Taller 21, se procede a alinearlos en la Tabla 4.4. que se muestra a continuación:

Tabla 4.4. Herramientas de *Lean Manufacturing* a aplicar a los problemas.

	PROBLEMA	HERRAMIENTA DE LEAN MANUFACTURING
1	Envío de componentes críticos con varios días de retraso debido a la falta de documentación de Embarque.	Distribución de Planta
2	Componentes que tienen meses sin ser enviados a reparación porque no tienen la información necesaria de embarque.	Distribución de Planta - 5's
3	Los materiales de trabajo no están identificados.	5's
4	No existe un proceso para la selección del contenedor adecuado para embalar el componente.	5's
5	Contenedores dañados.	5's
6	Objetos sin utilidad para el área de embarques, los cuales se encuentran estorbando a la operación.	5's
7	Se envían componentes a reparación a proveedores externos en USA*, cuando éstos tenían garantía con el proveedor.	Distribución de Planta
8	Se envían componentes a reparación a proveedores en USA, aun cuando éstos ya eran totalmente inservibles	Distribución de Planta
9	Se envían componentes a reparación al ser removidos varias veces del mismo lugar.	Distribución de Planta
10	El área de compras demora bastante tiempo en enviar la Orden de Compra del componente a ser reparado.	Distribución de Planta
11	Se reciben componentes en el Departamento de Embarques y Taller 21, aun cuando no tienen la tarjeta roja de seguimiento y provoca poca visibilidad de ellos en el resto del proceso.	Distribución de Planta - 5's
12	Espacio poco óptimo para la tarea de embalaje.	Distribución de Planta - 5's – Estandarización

	PROBLEMA	HERRAMIENTA DE LEAN MANUFACTURING
13	Sobre inventario de componentes en WIP (<i>Work in process</i>)	Distribución de Planta - 5's – Kanban - Estandarización
14	Falta de disponibilidad de los componentes debido a que los <i>Hubs</i> en USA son insuficientes y hay varios días de traslado entre Florida y LAX*	Justo a tiempo (JIT)
15	Exceso de tiempo extra. En los 5 días hábiles no se alcanza a cubrir la demanda.	Justo a tiempo (JIT)
16	Poca disponibilidad de los componentes comprados en Unión Europea y Asia debido a que hacen escala en Estados Unidos	Justo a tiempo (JIT)

Capítulo V. Propuesta de implementación de las técnicas *Lean Manufacturing* en el Departamento de Embarques y Taller 21

5.1 Sistema 5´s

Justificación de la propuesta de implementación de 5´s.

Ahora que ya se identificaron los problemas y la(s) herramienta(s) a aplicar en cada uno, entonces se desarrollan éstas como una propuesta de implementación en este Capítulo. El objetivo de la propuesta de implementación de las 5´s en el Departamento de Embarques y Taller 21 es crear una “Isla de Excelencia”, la cual será el piloto para las futuras implementaciones de 5´s en la Base de Mantenimiento de Compañía Mexicana de Aviación, SA de CV.

La implementación de una filosofía 5´s es el primer paso y, por lo tanto, el decisivo, cuando se piensa en tener una empresa de clase mundial. Dadas sus características, 5´s es la herramienta que ayudará a “pavimentar el camino” a seguir para llegar a ser una empresa de clase mundial.

5´s no sólo es una herramienta que propicia los beneficios que más adelante tendrán un reflejo cuantitativo en la implementación de otras herramientas, sino que además genera una cultura laboral que, exitosamente sembrada en la conciencia de todos los integrantes de una organización, se convierte en catalizador de mejora continua, garantizando una constante actualización de los estándares que tan rápido cambian en el mercado actual, así como también ayudan a entender mejor las cambiantes necesidades del cliente y permiten alcanzarlas y superarlas.

Debido a lo anterior, el equipo de Tesis propone la siguiente metodología para la puesta en marcha de las 5´s, antes de continuar con las demás herramientas a implementar seleccionadas en los pasos anteriores.

Dada la peculiaridad de 5´s, se puede decir que las empresas que implementan exitosamente una estructura esbelta, comenzaron su camino con una excelente implementación de 5´s. Por otro lado, las empresas que han fallado al tratar de volverse esbeltas, fracasaron desde su intento de implantación de una cultura laboral basada en 5´s. Es ése el peso de esta filosofía dentro de la metodología de implementación de *Lean Manufacturing*.

Reglas de implementación de 5´s.

La importancia de las 5´s es que sí produce resultados cuantitativos, por ejemplo, la mitad del tiempo ahorrado con la técnica de reducción del tiempo de preparación se alcanza “organizando” y estando listo con todo en su lugar para la preparación. Es simple y con un bajo costo.

Para efectos de este estudio, y dado el tamaño del área en que se trabajó, se optó por hacer una propuesta para implementar esta técnica realizando una adaptación del método normal, convirtiendo esta área en una “Isla de Excelencia”, es decir, un modelo de área de trabajo con 5´s en pleno funcionamiento y que debe ser un ejemplo para el resto de la Base de Mantenimiento de Compañía Mexicana de Aviación SA de CV.

Para una correcta implementación de esta herramienta, se procederá en dos fases: Pre-lanzamiento y Lanzamiento. Cada una de estas fases divididas a su vez en dos pasos.

Dentro de todo el proceso de implementación, se deben tener en mente 9 reglas de implementación que facilitan el proceso.

Las reglas son:

1. Los líderes deben liderar. Todos deben estar involucrados sin excepción. 5´s aplica para las oficinas y la planta, además “pavimenta el camino” necesario para todas las otras mejoras, las cuales son la esperanza a largo plazo para la sobrevivencia de una compañía.
2. Se debe asegurar que todos estén entrenados en 5´s. Se debe recordar el axioma de la publicidad: una persona debe ver un anuncio al menos 4 veces antes de entenderlo. Se establecerán “Islas de Excelencia” para que todos tengan un punto de referencia para tomar ideas para su propia área.
3. Se deben seguir los procedimientos ambientales, de salud y seguridad de la planta siempre al limpiar, mover y desechar equipo y material.
4. El sistema de clasificación de tarjeta roja de seguimiento es sólo para usarse una vez; no es una muleta para futuras depuraciones. Se debe asegurar que todo el inventario, equipo, herramientas, dispositivos y patrones estén claramente etiquetados por los proveedores antes de entrar a la planta. Se deben desarrollar áreas de almacenamiento de organización visual que indiquen claramente donde se deben colocar los elementos y cuantos de ellos van ahí.

5. Mejora continua se aplica a todos los aspectos de 5's y *Lean Manufacturing*. Sin mejora continua, el grado de 5's de 5 el día de hoy pudiera ser sólo un 2 ó 3 en el futuro.
6. Usar una estrategia "del techo hacia abajo". Los primeros "ordenar" y "barrer" deben comenzar con el techo, las paredes y el piso.
7. Implementar inspecciones y evaluaciones regulares por parte de los altos mandos como parte del equipo evaluador. Hay que recordar que la mejora continua aplica también a 5's. se debe perseguir la perfección; no esperarla al principio.
8. Establecer un programa de reconocimientos y recompensas. Hay que tener celebraciones a medida que mejoran las condiciones.
9. El equipo no está listo para moverse a la siguiente herramienta de *Lean Manufacturing* hasta que haya conocimiento y disciplina suficiente para hacer que la implementación de 5's se sustente por si sola. Una falta de disciplina en este punto sólo se acumulará al siguiente paso e impedirá que se implemente plenamente.

Teniendo en cuenta estas reglas en puntos clave del proceso de implementación es muy importante para mantener la actitud adecuada durante el proceso.

Propuesta para 5's.

Es conveniente hacer una aclaración antes de explicar el plan de implementación. Debido al tamaño del área de estudio, se hace la propuesta de un plan implementación de una "Isla de Excelencia", es decir, un área modelo de la empresa con la filosofía 5's en pleno funcionamiento, que servirá de ejemplo a las otras áreas para un eventual cambio a nivel organizacional hacia *Lean Manufacturing*. Este enfoque de implementación requiere de cambios, además de las modificaciones necesarias derivadas de los obstáculos necesarios ya mencionados anteriormente, en el método de implementación común que no afectarán el concepto de 5's.

PASO 1. Iniciar la implementación de 5's: Decirle al equipo sobre la importancia, metas y visiones de 5's.

Es extremadamente importante que el equipo completo escuche el mensaje de inicio de 5's y las preguntas y respuestas que se deriven de este mensaje. La reunión debe contener el mensaje de inicio, el calendario de adiestramiento, y lo siguiente:

Importancia de 5's: establecer la disciplina y la base del área que soportará todas las actividades de mejora necesarias para asegurar el futuro. 5's es un tema común entre todas las

organizaciones de clase mundial.

Metas de la implementación de 5's: mejorar la seguridad y mejorar el orgullo del lugar de trabajo. Volverse un proveedor modelo para los clientes. Mejorar la calidad y la productividad.

Visión: ¿cómo cabe el concepto de “Isla de Excelencia” y 5's en la visión del área? ¿Por qué se necesita hacer las cosas de otro modo? ¿Qué sigue en la búsqueda de la clase mundial?

Además se debe redactar el objetivo de 5's, según los procesos llevados a cabo en el Departamento de Embarques y Taller 21. Este objetivo tendrá que estar adaptado a los procesos realizados en el Departamento de Embarques y Taller 21. Esto con la finalidad de que los trabajadores tengan claro lo que se pretende con la implementación de las 5's en su lugar de trabajo y por ello se sientan motivados.

El objetivo general de 5's en el Departamento de Embarques y Taller 21 quedaría así:

“Llevar a cabo el mejoramiento de las áreas de trabajo del Departamento de Embarques y Taller 21, logrando de esta manera un ambiente de trabajo libre de agentes dañinos que puedan perturbar la salud o el buen desempeño de los trabajadores. Además de permitir un desarrollo más eficiente de los procesos, a través de la limpieza, organización y estandarización de los puestos de trabajo del área”

PASO 2. Formar, entrenar y desarrollar equipos de evaluación/reconocimiento de 5's.

Todas las organizaciones tienen gente de alto desempeño. La cantidad de ellos depende de las prácticas y cultura de contratación de la empresa. De cualquier forma siempre los hay. Se debe identificar a esta gente con el deseo de participar, asumir riesgos, ser exitosos, que son apasionados, campeones comprometidos de los proyectos a los que son asignados. Por definición, un campeón de proyecto es una persona que ha o puede desarrollar un pasatiempo ocupacional.

Por lo tanto, se debe capacitar a todo el personal que desempeña sus labores en el Departamento de Embarques y Taller 21. Debido a lo anterior se definen el objetivo general de la capacitación, así como los objetivos específicos.

Objetivo general de la capacitación:

Difundir y dar a conocer el Sistema 5's, viéndolo como una herramienta que ayuda a mejorar

las áreas de trabajo, al mismo tiempo facilitando la comprensión de los conceptos básicos de 5´s.

Objetivos específicos de la capacitación:

- Conocer el significado de cada una de las 5´s.
- Conocer los beneficios de la aplicación de las 5´s en el lugar de trabajo.
- Identificar lo que se persigue con la aplicación de las 5´s.
- Hacer que los trabajadores adopten el Sistema de 5´s como una herramienta de mejora del área de trabajo y calidad del medio ambiente laboral.

Dadas las acotaciones de este plan de implementación y el tamaño del área que éste abarca, se deberá dividir al personal que labora actualmente en el Departamento de Embarques y Taller 21 en dos equipos (evaluación y reconocimiento) cada uno con un campeón. Se debe considerar que un miembro de la dirección debe ser miembro del equipo de evaluación.

RECORDAR REGLA 2

El éxito de 5´s y la velocidad a la que este éxito ocurre, depende de equipos propiamente entrenados y comprometidos que tienen el apoyo total de la alta dirección. Este entrenamiento debe considerar lo siguiente:

- Una comprensión clara de la visión de la compañía y en particular del área de Embarques y Taller 21 y como esta iniciativa es el comienzo para hacer realidad dicha visión. Al no tener una visión específica sobre el departamento de Embarques y Taller 21, se procedió a elaborar una, la cual se describe a continuación:

Consolidar la importancia del Departamento de Embarques en la Base de Mantenimiento de Compañía Mexicana de Aviación, expandiendo su penetración de servicios en lo que a logística se refiere, para contribuir plena y cabalmente con las necesidades de nuestros clientes internos.

- Se debe comprender plenamente todo el proceso de implementación de 5´s.
- Se deben analizar otras compañías para comparar actividades de 5´s.
- Haber total participación en el diseño, desarrollo e implementación de la “Isla de “Excelencia”, como se define en el paso 2.
- Revisar las guías de 5´s para oficina y planta, así como el criterio maestro de evaluación, para

conocer las necesidades particulares del área.

Desarrollo del equipo de Evaluación.

El equipo de evaluación tendrá 4 responsabilidades, las cuales son:

1. Desarrollar el concepto de "Isla de Excelencia".
2. Establecer los estándares iniciales con los que se evaluará la isla, basados en el análisis de la o las empresas con prácticas de 5's que se hayan analizado.
3. Participar en la preparación del área de exhibición de tarjeta roja de seguimiento.
4. Realizar una evaluación periódica del área y publicar los resultados. Mostrar estos resultados en reuniones departamentales o generales.

Desarrollo del equipo de Reconocimiento.

El equipo de reconocimiento tendrá las siguientes responsabilidades:

1. Ayudar a desarrollar la "Isla de Excelencia".
2. Desarrollar un programa de reconocimientos y recompensas de 5's.
3. Desarrollar un criterio para determinar cuando el programa 5's se puede sostener a si mismo y el equipo de reconocimiento puede ser disuelto.

Como se ha mencionado anteriormente, se pretende crear una "Isla de Excelencia" en el Departamento de Embarques y Taller 21, la cual será tomada como referencia en implementaciones a corto y/o mediando plazo en el resto de la Base de Mantenimiento de Compañía Mexicana de Aviación SA de CV, por lo que la "Isla de Excelencia" abarcará el área de embalaje, almacén de contenedores, el Taller 21, oficina del Gerente del Departamento de Embarques y Taller 21, lugar de descanso de los trabajadores del área y espacio en donde se guardan los instrumentos de limpieza.

PASO 3. Desarrollar la "Isla de Excelencia", usando los equipos de Evaluación/Reconocimiento.

Las islas de excelencia son áreas de una planta desarrolladas como modelos de 5's para

que el resto de la fábrica las use como guía. Las islas deben representar a las áreas operativas y las oficinas.

Los equipos de evaluación y reconocimiento deben participar activamente en el desarrollo de la “Isla de Excelencia”, para así poder poner en práctica los conocimientos adquiridos durante se adiestramiento.

La gerencia debe estar involucrada en la preparación de la isla. Hay que recordar que no se debe buscar la perfección desde el inicio de la implementación de 5’s. La mejora continua y la búsqueda de perfección se aplican a 5’s. Los estándares actuales de 5’s no serán aceptables dentro de un año. Sin embargo, la “Isla de Excelencia” debe representar los estándares actuales que pueden ser alcanzados por todos. Puede ser un cambio considerable, pero debe ser alcanzable.

El entrenamiento para las islas de excelencia se desglosa a continuación con cada elemento de las 5’s.

1. Organizar.

Al tener el Departamento de Embarques y Taller 21 características propias de las áreas operativas y administrativas, se removerá de estas áreas cualquier elemento innecesario para la producción o la tarea del día. Se debe tener lo que se necesita para cada día.

Se deben almacenar los elementos frecuentemente usados en la misma área de trabajo. Los elementos usados con menor frecuencia se almacenarán lejos del área de trabajo y los elementos que no se necesitan en ningún lado se deben desechar.

Al realizar el proceso de ordenamiento tanto en oficinas como en áreas operativas, lograremos:

- Mayor seguridad, al tener un área más despejada y mejor para trabajar en ella. Los problemas potenciales son fácilmente identificables.
- Mejor comunicación, entre los miembros del equipo que trabaja en la misma área. La remoción de elementos innecesarios elimina las barreras visuales y verbales.
- Flujo de trabajo más suave, ya que las áreas de trabajo a las cuales se les retiran los elementos innecesarios requieren menos espacio y nos permitirán rediseñarlas para lograr

un mejor trabajo y mejor flujo de trabajo.

- Calidad y productividad más altas. La calidad mejora debido a la mejor comunicación entre la gente de la misma área. Áreas de trabajo más pequeñas significan menor inventario de producto en proceso, que normalmente oculta problemas. Cuando no hay elementos innecesarios, se previene el uso de materiales o herramientas erróneas al realizar las actividades comunes. La productividad mejora porque se pierde menos tiempo buscando las cosas. Finalmente, con un área de trabajo más pequeña, hay menos movimientos innecesarios al realizar las actividades.

RECORDAR REGLA 3

Un método útil para ordenar es el de la etiqueta roja. Se usa para identificar elementos que se encuentran en el área de trabajo, pero que su uso y necesidad son desconocidos. El método de la etiqueta roja permite usar el conocimiento y la experiencia de todo el personal para responder a las preguntas de: ¿qué es esto?, ¿se debe conservar, almacenar o desechar? y, si el elemento es necesario, ¿cuántos se deben conservar?

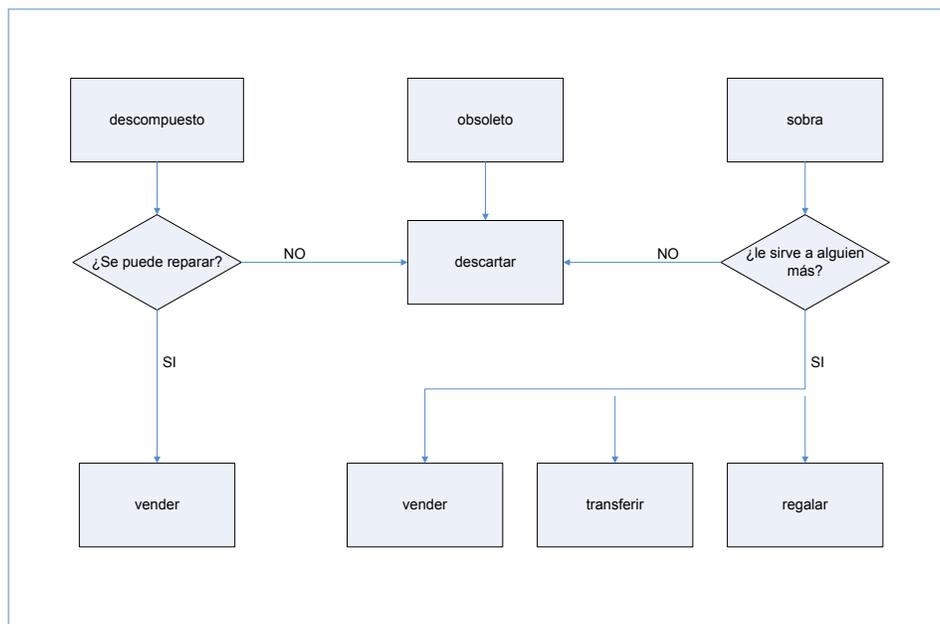


Figura. 5.1. Consideraciones para la colocación de la etiqueta Roja.

Figura 5.2 Tarjeta roja de seguimiento

Anverso


Departamento de Embarques y Taller 21

ETIQUETA ROJA
5'S

Área: TALLER 21 **Fecha:** 11 mayo 09
Nombre: Iván Saavedra
Responsable de la actividad:

Fecha Compromiso:
14 - mayo – 2009

Firma: _____

Hallazgo (Descripción):

SOLUCION; Indique la Acción correctiva a realizar:

Fecha de revisión: _____

Reverso

OPORTUNIDADES DE MEJORA

Marque con una X cual de las siguientes razones ocasiona su Tarjeta roja de seguimiento.

- Objetos innecesarios en el área.
- Las áreas no están definidas ni señalizadas.
- Objetos fuera de lugar.
- Falta de identificación.
- Líneas, pisos y paredes descarapelados o despintados.
- La información en pizarrones no esta actualizada.
- Los límites de materia prima están excedidos.
- Mangueras y extintores se encuentran obstruidos.
- Pisos y pasillos se encuentran sucios, polvo, papeles, etc.
- Máquinas sucias: polvo papeles, etiquetas despegadas.
- Personal no usa el equipo de seguridad.
- No se ha resuelto la Tarjeta roja de seguimiento.
- Otros _____

Nota: La fecha de cierre de la Tarjeta roja de seguimiento es cada seis meses (último día hábil de cada 6 meses).

RECORDAR REGLA 4

Al ordenar el área, se debe llenar una etiqueta roja por cada elemento sin identificar. Se adhiere la etiqueta al elemento y se muestra permanentemente en el área, para que todos lo puedan ver. Todo el etiquetado se debe realizar máximo en 2 días, para no perder el interés en el proceso.

Se designará un área específica, que sea visible para toda el área e incluso para otras áreas, la cual mostrará todos los artículos que sean etiquetados en este proceso. Esta área funciona como un filtro para eliminar los componentes innecesarios, ya que todas las personas que vean los objetos colocados allí pueden dar su punto de vista sobre el uso o destino de cualquier componente, e incluso llevarlo a otra área que pudiera necesitarlo, o aprobar su desecho.

Hay que remarcar que si nadie que haya visto algún elemento sabe para qué sirve, se debe desechar de inmediato.

Para el proceso de etiquetado, es muy importante que todos los integrantes del área se involucren en el etiquetado, así que se deberá reunir a todo el personal del taller 21 para realizar el recorrido. Se recomienda sea llevado a cabo por la parte tanto de oficina como el taller mismo.

Al encontrar algún elemento sobre el que se tenga alguna duda, aunque fuese pequeña, se coloca una etiqueta roja. Una persona encargada de las etiquetas llenará cada etiqueta y la colocará sobre el componente. Al terminar el recorrido, los elementos que fueron etiquetados serán dispuestos en el área roja.

Se recomienda colocar una mesa a la entrada del área, denominada **área roja**, en un pasillo común para otras áreas, con el fin de que personal externo al taller pueda ver los elementos y ayudar a tomar una decisión sobre su utilidad y destino. Si algunos elementos no pueden ser colocados en esta mesa debido a su volumen o peso, se recomienda enviar un correo electrónico a diferentes áreas notificando que dicho elemento está por ser desechado del área. Esto con el fin de que alguien que quizá esté interesado en adquirir el componente lo pudiera tomar de dicha área.

Con esto se pretende lograr la red de seguridad necesaria para poder desechar con tranquilidad los elementos que están de más.

Antes de dar por terminada la primera fase de implementación, se observa la importancia de mantener los elementos estrictamente necesarios para llevar a cabo las tareas cotidianas y en las

cantidades requeridas.

Para poder trabajar de esta manera, se propone que se implementen criterios de identificación de material, que servirán como guía para futuras recepciones de material, mobiliario y accesorios. Dichos criterios se establecen como sigue

1. Ningún elemento entrará al área si no ha sido solicitado por el jefe del Departamento de Embarques y Taller 21.
2. Al recibir una nueva herramienta, se le debe asignar un número de identificación interno, que será el mismo que tendrá el lugar en el que será guardado.
3. Cualquier petición de mobiliario, herramienta y/o accesorios tendrá que ser analizado y aprobado por el jefe de Departamento de Embarques y Taller 21.

Para poder facilitar la toma de decisión sobre la petición de algún componente nuevo se muestra la siguiente figura.

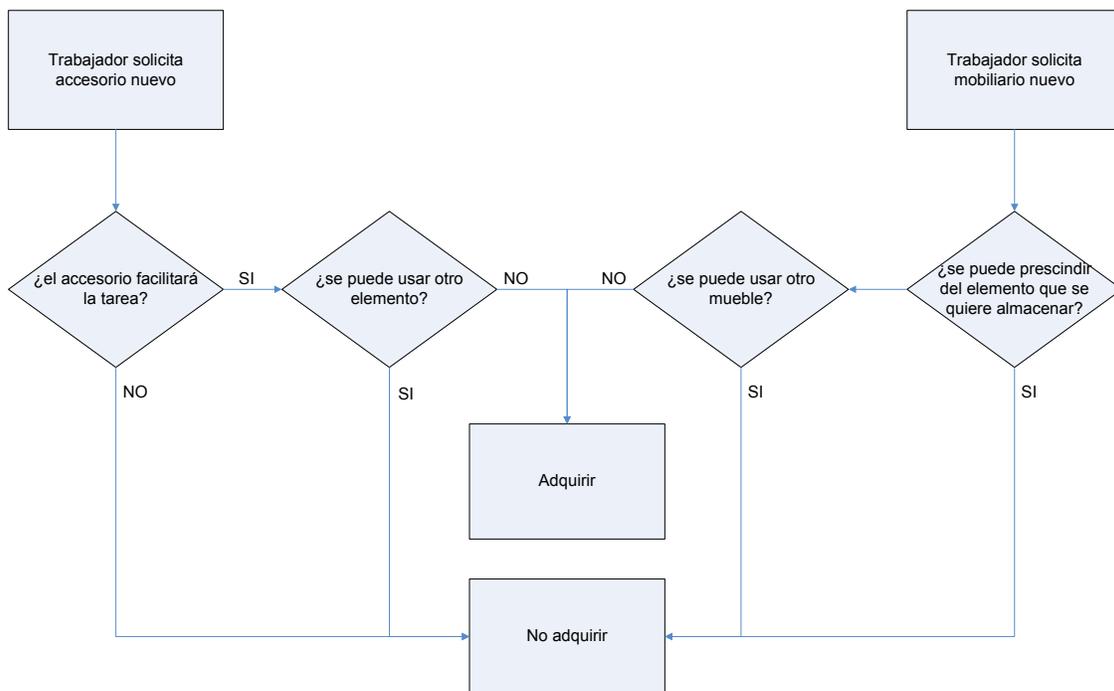


Figura 5.3. Criterio para adquisición de nuevos componentes.

Se debe señalar que esta actividad requiere de tiempo por parte de los trabajadores, por lo que realizarla constantemente no representaría ningún beneficio. Lo ideal sería realizarla una sola vez, ya que, al tener 5's completamente en funcionamiento, el etiquetado visual apropiado y el lugar de almacenamiento para cada elemento que entre en el área de trabajo sería común y no se

tendría el mismo problema de desconocimiento sobre el uso de ningún componente. Esto se logra con un equipo de trabajo bien entrenado en 5's, el cual haya desarrollado un sentimiento de propiedad y una disciplina que les permita impedir la entrada de elementos innecesarios o en exceso a su área de trabajo. Al ser esto un objetivo a largo plazo, y con el fin de mantener un estándar adecuado mientras se implementa todo el proceso, se recomienda hacer un ordenamiento general del área usando el etiquetado rojo, dos veces al año, para crear en los trabajadores un espíritu crítico sobre la necesidad de los elementos que los rodean, y hacer una costumbre el tener un lugar con sólo lo necesario para realizar las actividades diarias.

Como paso final de la primera S, se le pedirá a compañeros de áreas vecinas que den un recorrido al área, dado que los elementos innecesarios se vuelven a menudo invisibles para los trabajadores que están siempre ahí.

RECORDAR REGLA 5

2.- Ordenar.

Una vez que se desecharon todos los elementos innecesarios o que se tenían en exceso, los elementos con los que se cuentan se deben ordenar de una manera en que sea fácil usarlos, se deben marcar y etiquetar para que sea fácil encontrarlos y regresarlos a su lugar. Se debe designar un lugar para todo, y todo debe almacenarse cerca del área de trabajo.

Los beneficios que se lograrán con esta parte de la implementación son:

- Mayor seguridad, derivada de la primera S, se tiene un área despejada y además, un almacenamiento correcto, previene accidentes provocados por elementos que sean dejados en lugares en los que pueden ser peligrosos.
- Mayor calidad, ya que con un sistema de almacenamiento organizado y estandarizado, se previene el intercambio de partes similares sin el conocimiento de la gente que esté operando en el momento.
- Productividad mayor, debido a que se necesita mucho menos tiempo para buscar cosas.

La técnica que se adaptará al Departamento de Embarques y Taller 21 para mantener el área organizada será el **control visual**.

Esta técnica consiste en una clara identificación de cualquier elemento y su locación. Esto se

logra usando una etiqueta de identificación en las herramientas, así como marcando también las áreas de almacenamiento.

Las herramientas se etiquetan con un código que indique la posición en el *rack* o anaquel de almacenamiento y la cantidad que ahí se almacena por ejemplo en el caso de tener más de un mismo elemento.

Los *racks* de almacenamiento se etiquetarán de manera que las herramientas o materiales que ahí se guardan tengan una dirección marcada en su propio cuerpo, basada en la identificación de las filas y columnas del *rack*.

En el caso de materia prima, en las áreas de almacenamiento, se incluye el dato del proveedor, y además se marcan líneas que muestren los niveles máximos y mínimos deseables de cada material.

Los elementos que no sean usados directamente en los procesos, tales como utensilios de oficina o herramientas para la limpieza al lugar, también deben tener una etiqueta que identifique su lugar de almacenamiento, y este lugar debe estar plenamente identificado, y de ser posible adaptar su forma para que sólo el elemento que corresponde pueda ser almacenado ahí, previniendo la entrada de otros elementos de la misma naturaleza.

Todos los elementos (herramientas, inventario, etc.) necesitan ser almacenados y, sin un sistema de control visual de almacenamiento, el método de la tarjeta roja de seguimiento nunca podrá dejar de ser utilizado, ya que estos elementos serán almacenados en el primer lugar disponible, lo que lleva eventualmente a perder la noción sobre los elementos y su utilización, además del evidente desorden que se genera.

Al diseñar el control visual para el almacenamiento se debe tener en cuenta que el sistema de control visual que se desarrolla debe ser fácil de interpretar por todos los empleados. También hay que considerar que los elementos que se usan en distintos lugares del área deben almacenarse en un sitio central, para tener un control del inventario. Finalmente, los elementos que se usan en conjunto deben permanecer cerca uno del otro.

RECORDAR REGLA 6

3.- Limpiar.

Este paso es bastante simple pero difícil de iniciar. Se debe mantener la limpieza en general

en el área. Además de asear los pisos y el edificio, se debe mantener la limpieza de los equipos y herramientas en general, así como desarrollar nuevas formas de prevenir la acumulación de polvo, mugre, rebabas, etc.

Los beneficios que se buscan con esta parte de la implementación son:

- Mayor seguridad. Aún con gafas de seguridad se pueden sufrir daños con algunas partículas en el aire, el cual proviene de áreas de trabajo sucias. También ayuda el tener pisos limpios para evitar caídas.
- Una moral elevada en el equipo y un mayor sentido de propiedad. A nadie le gusta trabajar en un área sucia, ni ser dueño de ella.
- Mayor calidad. Es muy costoso y difícil entregar un componente limpio, de alta calidad que haya sido producido en un ambiente sucio.
- Reducción en paros de equipo. Cuando el equipo se mantiene limpio, hay más oportunidad de detectar problemas tales como fugas de aceite y nuevos ruidos al momento de generarse y antes de que provoquen la falla del equipo. Esto permite al personal de mantenimiento una oportunidad de prepararse para las reparaciones durante periodos planeados para el paro de equipos.

La limpieza debe empezar por el techo y las paredes de las áreas. Se debe designar un área específica y claramente identificada para guardar los elementos necesarios para realizar la limpieza del área.

Finalmente, para facilitar la limpieza se recomienda recubrir las patas de todos los muebles, con el fin de reducir el tiempo al asear los pisos y quitar resquicios en los que pudiera alojarse más polvo. Se debe tener en cuenta al colocar estas cubiertas que tienen que ser fácilmente desmontables, para efectos de aseo general, y para mantenimiento en el caso de máquinas.

4.- Estandarizar.

En este paso se estandariza y mantiene el uso de los tres elementos anteriores. La principal idea aquí es mantener el orden y limpieza sin grandes esfuerzos, con asignaciones pequeñas diarias.

Los beneficios que se alcanzan con este elemento de implementación son:

- Mayor seguridad.
- Moral de equipo elevada. Nadie del equipo del trabajo querrá volver a trabajar en las condiciones pasadas.
- Abrir el paso al elemento final de 5's. A menos que 5's esté ejecutándose de manera regular en un esquema estandarizado, va a ser imposible volverlo un hábito en el área de trabajo.

RECORDAR REGLA DE IMPLEMENTACIÓN 7

- Mantener el nivel de mejora alcanzado en este punto depende del apoyo que se le dé al desarrollo de una aplicación regular de las tareas de 5's. Hay que tener en cuenta que hasta ahora, el equipo de trabajo sólo está acostumbrado a ordenar el área cuando hay visitas importantes y un nivel de orden en el área de trabajo como el que proporciona 5's nunca ha sido mantenido con anterioridad. Cualquier indicio de vuelta a las condiciones anteriores mientras se hace la calendarización de 5's debe ser identificado de inmediato. Es en este paso donde se puede bloquear el camino hacia la implementación de cualquier otra técnica de *Lean Manufacturing*, por lo que se debe tener extremo cuidado de llevarlo a cabo de manera exitosa.

Implementar este paso en el Departamento de Embarques y Taller 21 consistirá simplemente en realizar un rol de actividades diarias que requieren de mínimo esfuerzo, y que ayudarán a mantener el área limpia y ordenada. Más que tareas específicas son guías de acción que se piensan para convertirse en actos involuntarios al realizar una actividad de trabajo común, ya sea de oficina o del taller, es decir, aplica tanto para documentos y artículos de oficina como para las herramientas, etiquetas y documentos del taller.

RECORDAR REGLA DE IMPLEMENTACIÓN 8

5.- Disciplina.

Por último, se deben practicar y repetir todos los procedimientos anteriores hasta convertirlos una forma de vida en el área.

5's debe ser incorporado en cada proceso hasta que forme parte de él. La habilidad en el área de continuar con las mejoras depende de este paso. La disciplina consiste en hacer de las 4's anteriores un hábito y una parte de la cultura laboral del área.

Con la implementación de la última S se logrará:

- Mayor seguridad gracias a una mejor área de trabajo.
- Elevada moral de equipo. Todos se sienten bien consigo mismos cuando saben que han desarrollado la disciplina necesaria para superar un problema.

Motivar a los trabajadores para que hagan de 5's un hábito es la parte más difícil del proceso de implementación. El ideal es que los trabajadores ejerzan el autocontrol para esta actividad de hacer un hábito el mantenimiento de esta filosofía y realizar actividades de mejora continua.

Contrario a la tradición de poner un objetivo a los trabajadores y darles premios o castigos dependiendo del resultado, el autocontrol se basa en las emociones como el orgullo o la vergüenza para influenciar a los trabajadores en lugar del premio o el castigo.

El rol de la gerencia es simplemente el de informar a sus subordinados el propósito de su trabajo, y proporcionarles todos los detalles del mismo. El motivador usado es la propia conciencia del trabajador. El resultado obtenido son trabajadores que no solo se encargan de hacer su trabajo sino que desarrollan un sentido de responsabilidad sobre la calidad de las cosas que hacen.

El desempeño de cada trabajador se mide con la comparación entre su desempeño anterior y el actual, así como entre su desempeño y el desempeño de sus compañeros. Es decir, el deseo de auto mejora y el espíritu de competencia son los factores manejados para motivar a la gente a tener autocontrol.

También se propone implementar un sistema de sugerencias en el Departamento de Embarques y Taller 21 como una forma de explotar el potencial ilimitado de los trabajadores para realizar actividades de mejora.

Como última recomendación, se pueden tomar fotografías de antes y después, de todos los escenarios del área, para recordar dónde se empezó y lo que se ha logrado.

HOJAS DE EVALUACION

Tabla 5.1. Hoja de evaluación de 5´s. (Fuente: Implementing World Class Manufacturing, Larry Rubrich)

	PUNTOS	DESCRIPCIÓN
ORGANIZAR	5	Los componentes innecesarios se han desechado por completo.
	4	Todos los componentes innecesarios se han alejado del área de trabajo (esperando ser desechados).
	3	Es fácil distinguir entre componentes necesarios e innecesarios.
	2	Es difícil distinguir entre componentes necesarios e innecesarios.
	1	Componentes necesarios e innecesarios están mezclados.
ORDENAR	PUNTOS	DESCRIPCIÓN
	5	Todas la herramientas e instrumentos de medición están identificados y en su lugar. Las áreas de materia prima y de consumibles están claramente marcadas con el número de parte.
	4	Código de colores, dibujo del contorno u otros métodos se usan para facilitar la colocación de herramientas, instrumentos de medición, consumibles y materiales.
	3	Indicadores de locación y de componente se usan para las herramientas, instrumentos de medición, consumibles y materia prima. Los pasillos están claramente marcados.
	2	Es difícil distinguir qué cosa va dónde y en qué cantidad.
	1	Es imposible determinar qué cosa va dónde y en qué cantidad.
LIMPIAR	PUNTOS	DESCRIPCIÓN
	5	Las tareas de limpieza se han combinado con métodos de prevención de polvo. Las herramientas, instrumentos de medición y dispositivos están libres de magnetismo residual.
	4	Se han combinado tareas de limpieza y listas de inspección de limpieza.
	3	El área de trabajo se limpia diariamente.
	2	El área de trabajo se limpia, pero no diariamente.
1	El área de trabajo no ha sido limpiada en un largo tiempo. El polvo y la suciedad son evidentes en todos lados.	
ESTANDARIZAR	PUNTOS	DESCRIPCIÓN
	5	Existe una metodología periódica para mantener los tres primeros pasos de 5´s al nivel más alto posible.
	4	Los tres primeros pasos de 5´s se han vuelto un hábito en la

	PUNTOS	DESCRIPCIÓN
		mayor parte del área.
	3	Los calendarios de limpieza se siguen diariamente.
	2	Los calendarios de limpieza se siguen irregularmente.
	1	Los calendarios de limpieza y la metodología existen, pero no se siguen.
	PUNTOS	DESCRIPCIÓN
DISCIPLINA	5	Hay un sistema disciplinado de control y mantenimientos para asegurar que la organización el orden y la limpieza están al nivel más alto posible.
	4	Las prácticas y auditorías de 5's se practican. Las oportunidades se identifican e implementan.
	3	Se practican auditorías de 5's. Las áreas de oportunidad están identificadas pero no se han implementado las soluciones.
	2	Las actividades de 5's son evidentes en algunas partes.
	1	Se realizó un adiestramiento de 5's para los empleados, pero no hay ninguna evidencia de otra actividad de 5's.

También se recomienda una lista de verificación.

 CHECK LIST 5'S		ENTREGA	RECIBE
Se tiene sólo el material necesario.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Todo el material de trabajo esta en su lugar.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tableros y reportes con información ordenada y actualizada.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Se entrega el lugar de trabajo limpio.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los contenedores de basura están listos para ser usados.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El material de limpieza esta en su lugar.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El equipo de trabajo se deja en su lugar.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FIRMAS		COMENTARIOS	
_____		_____	

Tabla 5.2. Lista de Verificación

 Plan de asignación de actividades		
Secciones de la célula	Responsable (ESPECIFICAR PUESTO)	Actividad

Tabla 5.3. Plan de asignación de actividades

5.2 Distribución de Planta por Células administrativas.

Justificación de la propuesta de implementación de Distribución de Planta.

Basándonos en la evaluación de las herramientas de *Lean Manufacturing* y su impacto en la reducción de problemas en el Departamento de Embarques y Taller 21 se identificó que es necesario realizar un análisis de Redistribución de planta. Además, es importante mencionar que en un futuro próximo, en dicho departamento se pretende hacer una ampliación, por lo que se utilizará el nuevo espacio físico destinado al departamento para la propuesta de Distribución de Planta.

Para la propuesta de implementación que se desarrolla en el presente trabajo de Tesis, se considera hacer uso del método S.L.P. (*Systematic Layout Planning*), el cual no forma parte de la filosofía de *Lean Manufacturing*, sin embargo se utiliza para el análisis de las áreas involucradas para la planeación de la Distribución de Planta.

Método S.L.P.: *Systematic Layout Planning* o Planeación Sistemática de la Producción en Planta.

El método S.L.P. es una forma organizada para realizar la planeación de la distribución de planta y está constituida por cuatro fases, en una serie de procedimientos y símbolos convencionales para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas de la mencionada planeación.

El método S.L.P., consiste en un esqueleto de pasos, un patrón de procedimientos de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta.

Toda distribución de planta se base en tres parámetros:

1. RELACIONES

Que indican el grado relativo de proximidad deseado o requerido entre máquinas, departamentos o áreas en cuestión.

2. ESPACIO

Indicado por la cantidad, clase y forma o configuración de los equipos a distribuir.

3. AJUSTE

Que será el arreglo físico de los equipos, maquinaria, servicios, en condiciones reales.

Por lo tanto, estos tres parámetros siempre constituyen la parte medular de cualquier proyecto de distribución de planta en su fase de planeación. Por lo que, el modelo de planeación correspondiente a sus procedimientos, se basa directamente en estos parámetros. Relaciones y espacio están esencialmente “unidas” en este punto. El diagrama de relación de espacios es casi una organización, pero, no es una organización tan efectiva hasta que está ajustado y manipulado para integrarse con las consideraciones de arreglo y modificación que también lo afectan, esto incluye algunas consideraciones básicas como métodos de manipulación, prácticas operativas, consideraciones de seguridad y otros aspectos.

Es importante planear la distribución de planta antes de llevarla a la práctica, ya que hacerlo físicamente resulta excesivamente caro. Se debe realizar de una manera racional, lógica y organizada.

El método SLP utiliza una técnica poco cuantitativa al proponer distribuciones con base en la conveniencia de cercanía entre departamentos. Emplea la simbología internacional:

Letra	Cercanía	Num. De líneas
A	Absolutamente Necesario	5 líneas rojas
E	Especialmente Importante	4 líneas rojas
I	Importante	3 líneas verdes
O	Comun	1 línea azul
U	Sin importancia	0 líneas
X	Indeseable	1 línea amarilla ondulada

Figura 5.4. Criterio para el diagrama de relación.
(Fuente: Evaluación de Proyectos, Gabriel Baca Urbina)

Numero	Razon
1	Por control
2	Por higiene
3	Por proceso
4	Por conveniencia
5	Por seguridad

Figura 5.5. Criterios de calificación de las relaciones.
(Fuente: Evaluación de Proyectos, Gabriel Baca Urbina)

Propuesta para la Distribución de Planta.

Antes de empezar con la redistribución del área, tenemos que entender el proceso, para poder realizar un diagrama de relación y detectar de qué manera interactúan las diferentes áreas que intervienen en los procesos principales. Ver anexos I, J y K.

A continuación se presenta la distribución actual del departamento de embarques y Taller 21.

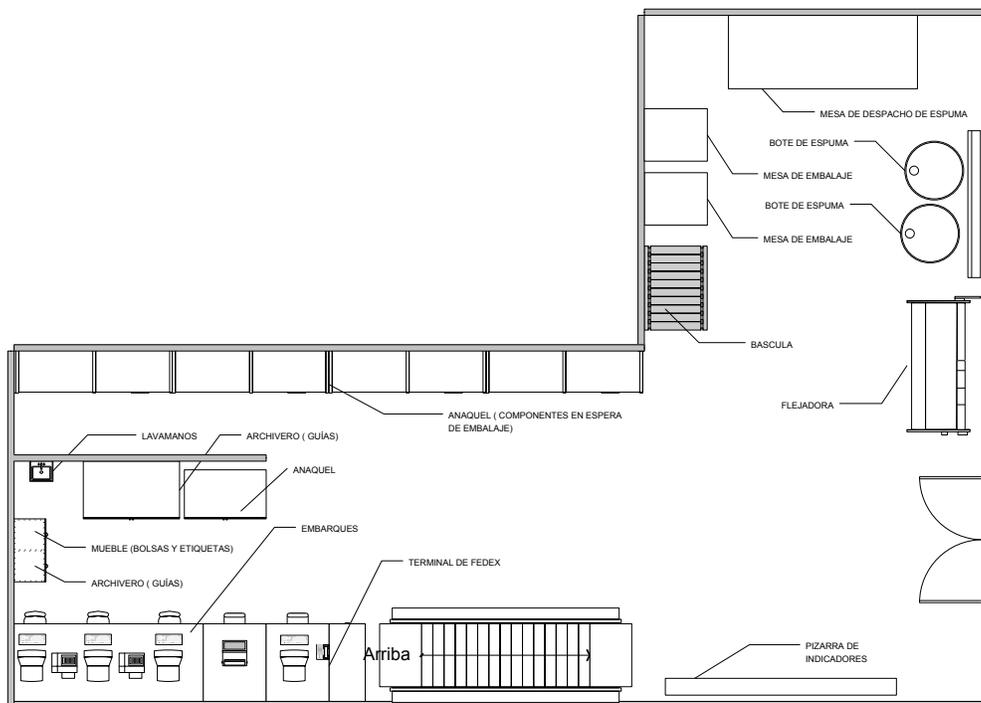


Figura 5.6. Distribución actual (planta inferior)

Es así como se obtienen los siguientes diagramas de relación, uniendo las áreas de acuerdo a las prioridades marcadas, mediante líneas de ayuda para visualizar con precisión el grado de relación.

Para poder determinar las áreas que son absolutamente necesarias que se encuentren separadas por la mínima distancia, ya que su función requiere dicha cercanía, se utiliza el Diagrama de las A's, como a continuación se describe.

De esta manera por cada una de las correlaciones y su distancia necesaria, se clasifican en E's, I's, O's, U's y X's, siendo estas últimas áreas las que por algún motivo no deben estar ubicadas a corta distancia una de la otra.

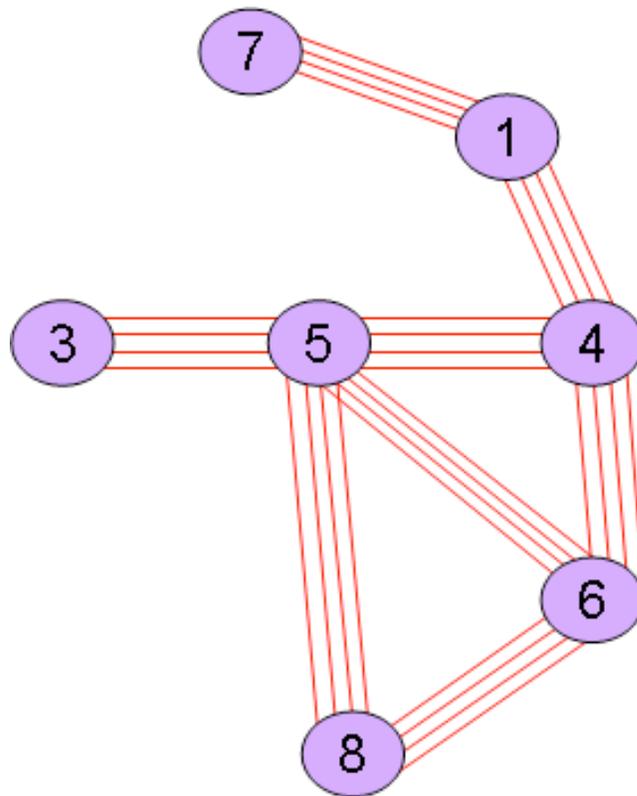


Figura 5.9. Diagrama de las A's.

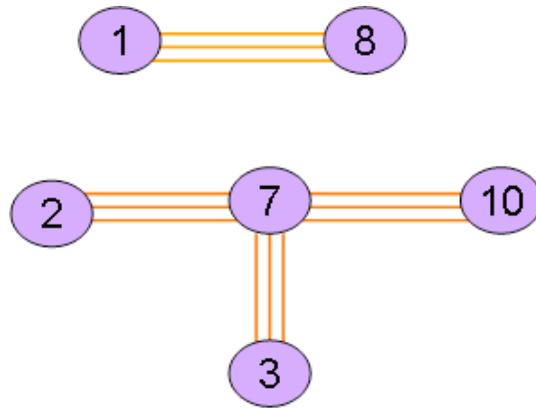


Figura 5.10. Diagrama de las E's.

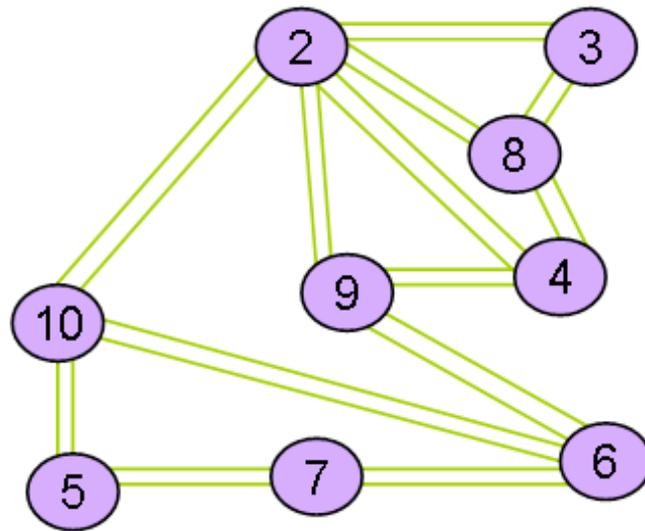


Figura 5.11. Diagrama de las I's.

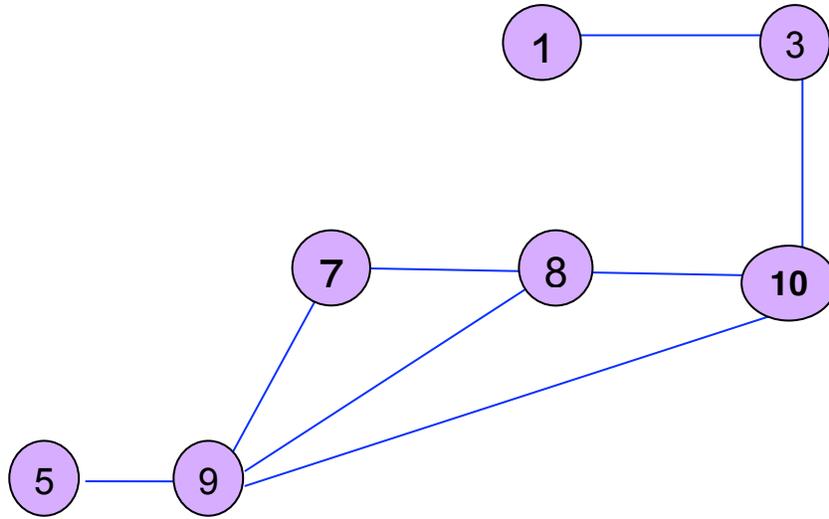


Figura 5.12. Diagrama de las O's.

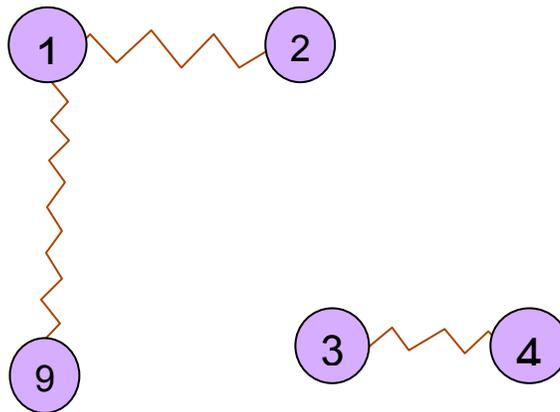


Figura 5.13. Diagrama de las X's.

Requerimiento de Espacio

Se establecen los requerimientos de espacio en pies o metros cuadrados. Estos valores se pueden calcular con base a los requerimientos de producción extrapolados a partir de las áreas existentes, proyectados a futuro por expansiones. Además de los metros cuadrados, se describe el tipo y la forma, o puede ser importante la localización respecto a los servicios requeridos.

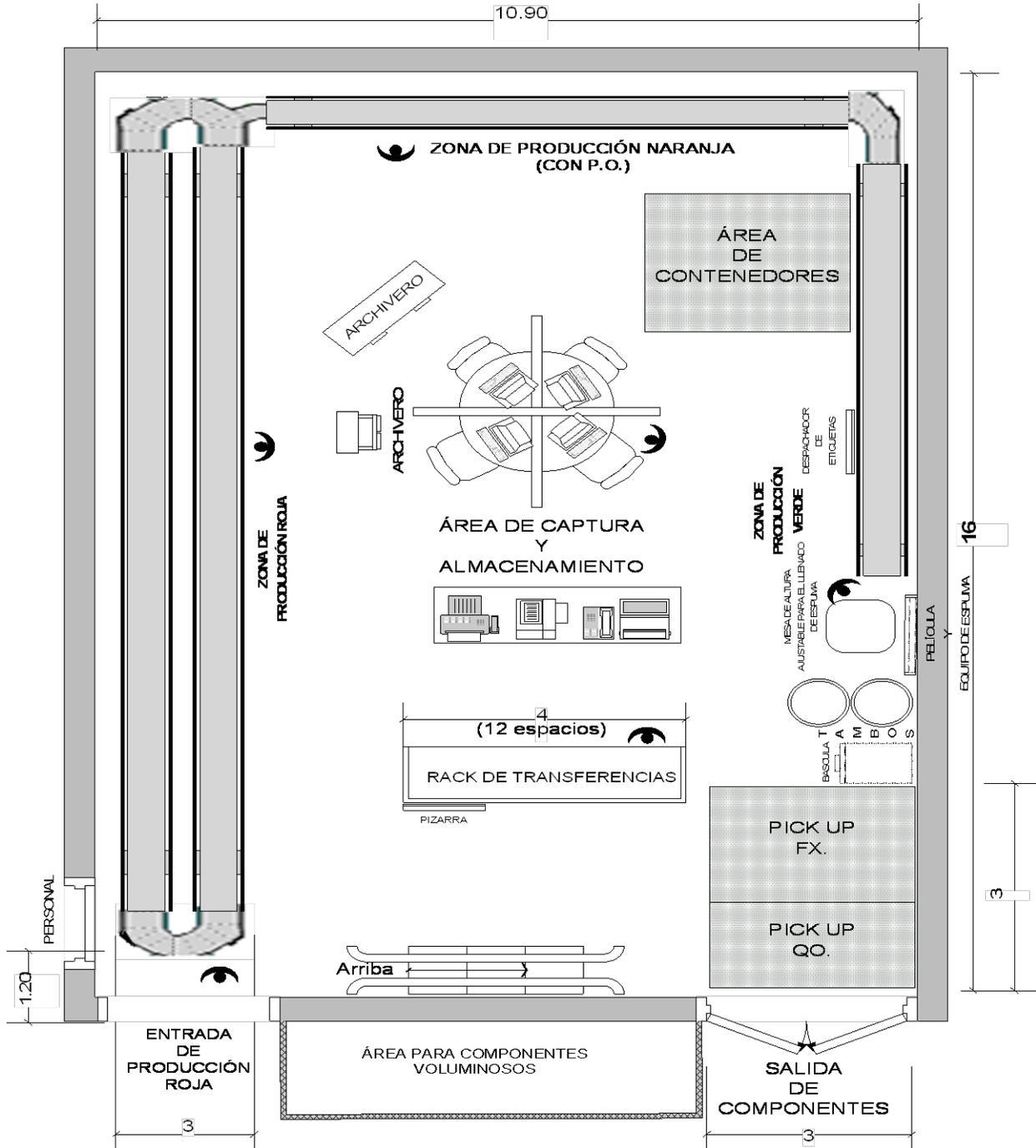


Figura 5.15. Lay out óptimo de nueva ubicación del Departamento de Embarques y Taller 21.

5.3 Célula Administrativa.

Justificación de la propuesta de implementación de la Célula Administrativa.

Una empresa o industria, depende del pleno funcionamiento de cada uno de sus áreas y departamentos por los cuales está conformada, la sincronía de éstos permite crear y desarrollar partes, bienes o servicios que hacen que la empresa funcione de manera eficiente.

Se detectó que en el Departamento de Embarques y Taller 21, existen desperdicios de tiempo de espera, debido a que los trabajadores involucrados en el flujo de embarque, se encuentran a distancias muy separadas lo que provoca comunicación deficiente, dando como resultado la generación de tiempos muertos y errores en la operación. Debido a lo anterior, se propone la creación de una Célula Administrativa que considera el involucramiento de un trabajador encargado de Compras, que provee una Orden de Compra que permite la selección del componente para determinar el destino de éste.

Además, considera un trabajador encargado de Rentas e intercambios, el cual realiza el filtro de los componentes que han sido adquiridos por un intercambio o que han sido alquilados. Esto con el fin de que los componentes que tienen garantía de reparación con los proveedores de éstos, no sean costeados por Compañía Mexicana de Aviación SA de CV y sean enviados a reparación por garantía.

También se involucra al encargado de cuarentena, el cual filtra los componentes que han fallado varias veces en un tiempo corto, para que antes de ser embarcado y enviado a reparación a un taller externo, sea analizado el medio ambiente en donde funciona el componente, y así determinar si es el componente el que tiene la falla o es el medio en el que funciona éste.

De igual manera, se considera al encargado de Planeación, quien se encarga de determinar la prioridad de reparación del componente y de esta manera evitar costos por enviar de manera urgente componentes con proveedores de mensajería externa.

Propuesta para la instauración de una Célula Administrativa.

Una vez que se tienen identificados a los principales involucrados en el flujo de embarques, entonces se propone una Célula Administrativa que permita la interacción cercana de éstos. Se pretende que el flujo de información sea más eficiente, además que el filtro de componentes que realmente se requiere que sean enviados con alta prioridad sea el adecuado, que el tiempo de

respuesta del área de compras sea menor para que los componentes sean enviados en tiempo y forma. También, disminuir los costos por enviar a reparación componentes que tienen garantía con el proveedor y que por falta de visibilidad de la información son enviados a reparar con altos costos, tanto de embarque como de reparación.

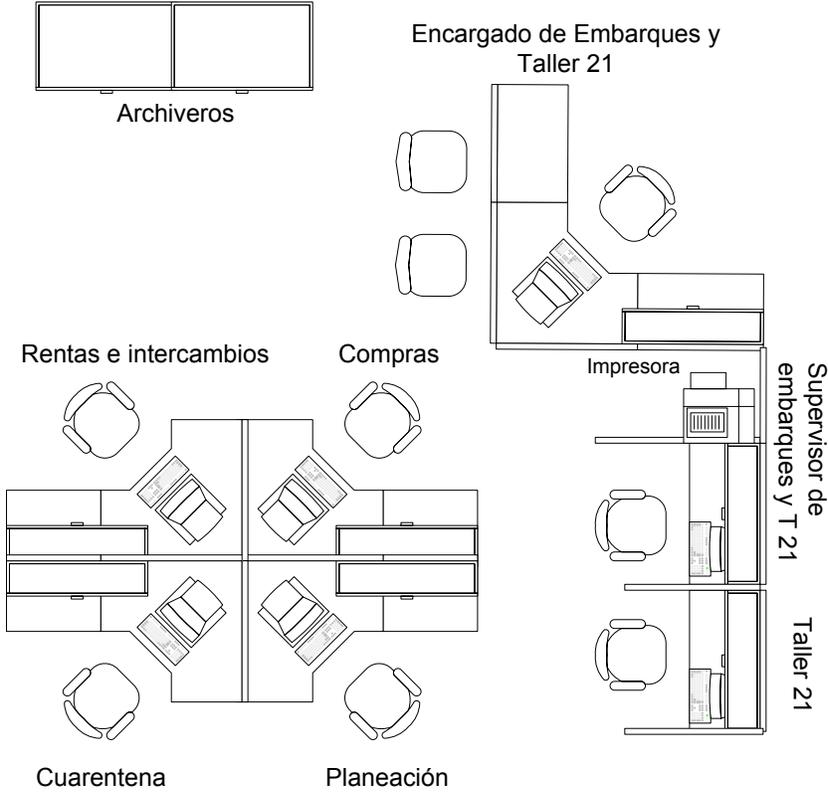


Figura 5.16. Propuesta de la Célula Administrativa para el Departamento de Embarques y Taller 21. (Fuente: Propia)

Justificación económica para la distribución de planta y la implementación de la Celula administrativa.

Como resultado del análisis de los envíos realizados durante los años 2007, 2008 y parte del 2009 (ver anexo XX con el desglose de la información), se desprende la siguiente tabla, la cual contiene el porcentaje de los envíos realizados por paquetería externa lo que genera costos de traslado para el área de embarques. Además se presenta el costo promedio unitario que esto implica.

Se puede observar que el cantidad de envíos realizados por mensajería externa se incrementa año con año, lo que da como resultado que el costo asociado también se vea afectado. En las ultimas dos columnas se visualiza el incremento del año 2007-al tercer trimestre de 2009.

MES	2007		2008		2009		Δ 2008 Vs 2007	Δ 2009 Vs 2008
ENERO	58.73%	\$41,789.28	65.50%	\$40,287.00	81.96%	\$53,687.92	-\$1,502.28	\$13,400.92
FEBRERO	67.32%	\$60,306.87	71.61%	\$43,127.11	69.74%	\$52,997.88	-\$17,179.76	\$9,870.77
MARZO	51.23%	\$37,903.06	61.90%	\$27,634.88	94.16%	\$65,839.02	-\$10,268.18	\$38,204.14
ABRIL	31.05%	\$19,559.54	78.69%	\$12,330.24	89.49%	\$67,142.01	-\$7,229.30	\$54,811.77
MAYO	37.95%	\$18,374.20	91.48%	\$52,403.52	97.42%	\$57,013.32	\$34,029.32	\$4,609.80
JUNIO	45.23%	\$27,503.97	75.81%	\$58,118.32	92.57%	\$69,138.42	\$30,614.35	\$11,020.10
JULIO	20.37%	\$11,302.72	76.72%	\$51,058.02	81.09%	\$65,582.66	\$39,755.30	\$14,524.64
AGOSTO	19.73%	\$14,946.36	77.83%	\$44,585.84	75.27%	\$73,604.44	\$29,639.48	\$29,018.60
SEPTIEMBRE	14.13%	\$6,678.88	76.58%	\$89,554.92	84.00%	\$68,566.68	\$82,876.04	-\$20,988.24
OCTUBRE	27.07%	\$15,749.24	79.55%	\$94,931.20			\$79,181.96	
NOVIEMBRE	60.78%	\$39,812.76	72.38%	\$57,531.24			\$17,718.48	
DICIEMBRE	68.20%	\$44,965.18	68.38%	\$50,782.81			\$5,817.63	
TOTAL	43.91%	\$338,892.06	74.81%	\$622,345.10			\$283,453.04	\$154,472.50

5.4 Beneficios de la Distribución de Planta por célula en el Departamento de Embarques y Taller 21.

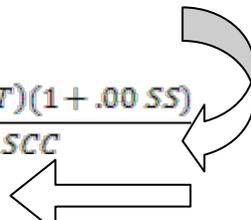
Sí se implementa de manera apropiada la Distribución de Planta en el Departamento de Embarques y Taller 21, se conseguirá una mejor visibilidad en los procesos, lo que permitirá reducir el tiempo de embarque de los componentes, así como el costo por enviar piezas obsoletas o que tienen convenio de garantía con el proveedor.

Además, con la Célula Administrativa, la comunicación entre los distintos encargados de los departamentos involucrados para el embarque y envío de los componentes a reparación, será más transparente y por lo tanto con menos errores en la operación.

Sistema Kanban.

Cálculo de Kanban (sistema Manual)

$$\text{Tarjetas de Kanban} = \frac{(ADD)(LT)(1 + .00 SS)}{SCC}$$



- +Tamaño de lote de kanban
Cantidad que debe estar disponible cuando se inicie la actividad de Kanban.
- +Cantidad a ordenar
Cantidad estándar del contendor

ADD = *Average daily demand* (Promedio de la demanda diaria)

LT = *Lead Time* (tiempo del ciclo)

SS = *Safety Stock* (se expresa como decimal y es el inventario de seguridad)

SCC= *Standar container capacity* (Capacidad estándar del contenedor)

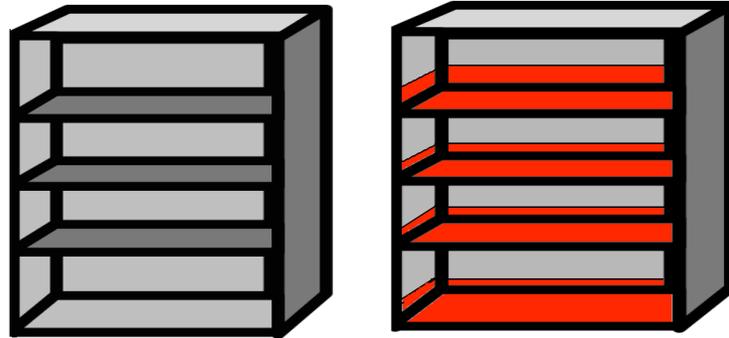


Figura 5.17. KANBAN.

Cálculo de ADD:

Tabla 5.4. Producción recibida.

PRODUCCIÓN RECIBIDA			
MES	TOTAL	DIAS/MES	PROMEDIO
SEPTIEMBRE	532	20	27
OCTUBRE	452	23	20
PROMEDIO	492		24

ADD: 24 embarques por día

Cálculo LT o RTC 1
RTC = Round Conveyance Lead time

RTC = La cantidad de tiempo que una tarjeta interna realiza un viaje redondo desde el punto de uso a la celda de reposición y regreso al punto de uso a la celda de reposición y regreso al punto de uso con la reposición autorizada.

$$\frac{2 \text{ hora RCT}}{8 \text{ hrs por día}} = 0.250 \text{ RTC}$$

Para el análisis del SCC (*Standard Container Capacity*) depende del componente que se requiere analizar, para este caso se consideraron 2 piezas por SCC

Tabla 5.5. Medidas promedio de los componentes.

MEDIDAS PROMEDIO DE COMPONENTES (CMS)			
<i>COMPONENTE HIDRAHULICOS</i>			
LARGO	ANCHO	ALTO	DIÁMETRO
28	11	32	19
<i>COMPONENTES ELECTRÓNICOS</i>			
30	18	15	
<i>EQUIPOS DE CALIBRACIÓN</i>			
30	38	21	
<i>CILINDROS</i>			
62			15
TOTAL			
37	22	23	17

VALOR MÁXIMO EN PESO

Tabla 5.6. Valor máximo en peso.

LARGO(CM)	ANCHO(CM)	ALTO(CM)	PESO(KG)	PESO VOLUMETRICO
70	70	90	25	73.50

VALOR MAXIMO EN LONGITUD

Tabla 5.7. Valor máximo en longitud.

LARGO(CM)	ANCHO(CM)	ALTO(CM)
120	70	45

Tarjetas de Kanban:

$$\text{Parte A} = (24 \text{ ADD})(0.25 \text{ LT})(1 + .00 \text{ SS}) = 3 \text{ Tarjetas internas } 2 \text{ SCC}$$

Puntos clave sobre Kanban interno.

1. Utilizar Stock de Seguridad (*Safety Stock*) al inicio del Kanban. Después reducirlo según la experiencia.
2. Considerar en el *Lead Time* interno cualquier elemento adicional que lo pueda alterar.
3. Utilizar este método para calcular el mejor estimado del Kanban interno. La decisión final es del supervisor del área.
4. Recalcular la cantidad de tarjetas por cambios en ADD, RTC, SCC, frecuencia de movimientos. En caso de que el consumo de la celda esté basado en un programa de transporte (acumular las tarjetas internas), agregar al lote de Kanban el tiempo de espera para la recolección. $\text{CWT} = \text{Collection wait time}$.



Figura 5.18. La figura A representa el manejo adecuado del Kanban ya que sólo se tiene el producto necesario, sin embargo en la figura B se nota que hay sobre inventario de algunos materiales y desabasto de otros, por lo que se ocasiona disminución en la productividad.

5.5 Estandarización de operaciones.

Justificación de la propuesta de implementación de Estandarización del Proceso de empaque y embalaje.

En el Departamento de Embarques y Taller 21 se detectó que los contenedores requeridos para el envío de componentes a su destino de reparación no se encuentran estandarizados, es decir, los operarios toman el contenedor que según su *expertise* es el mejor para enviar el material a su destino, por lo que el mismo tipo de componente podrá ser enviado en contenedores diferentes cada vez que sea necesario. También se detectó que cada uno de los operarios que realiza el proceso de empaque y embalaje de los componentes a enviar lo hace de manera diferente y en ocasiones se envían los componentes en contenedores que no son adecuados para éstos.

Propuesta de implementación para la estandarización de operaciones.

Se presenta una propuesta de estandarización del proceso de empaque y embalaje de los componentes aprovechando que el Departamento de Embarques y Taller 21 cuenta con un ERP (*Enterprise Resources Planning*) que administra los recursos del área.

Del universo de datos que se tienen, se tomó una muestra y se seleccionó el componente con mayor movimiento durante el año 2008. (Ver anexo N).

Para el presente trabajo de Tesis, se utilizará el componente (de la familia T2) que ha tenido mayor movimiento, según los datos generados en el año 2008 y que se tomará como ejemplo para diseñar la especificación de empaque para los demás componentes. A continuación se analizan los datos antes mencionados según la tabla 5.7.

PEDIDO	RCN	N/P	SERIE	PAR	FECHA DE ENVÍO.	PAIS	LONG (CM)	ANCHO (CM)	ALTO (CM)	PESO REAL EMBALAJE (KG)	PESO VOLUMETRICO	MULTIPLO SUPERIOR P.V	PESO NETEABLE
400007513	T200765	100313	26092358	40499	12/03/08	USA	75.00	70.00	25.00	50.00	21.88	22.00	50.00
400007514	T200765	100313	11092403	40500	12/03/08	USA	75.00	70.00	25.00	50.00	21.88	22.00	50.00
400007515	T200765	100313	11092405	40501	12/03/08	USA	75.00	70.00	25.00	50.00	21.88	22.00	50.00
400007973	T200765	100313	11092406	41028	8/04/08	USA	80.00	75.00	30.00	54.00	30.00	30.00	54.00
400008082	T200765	100313	11092408	41154	8/04/08	USA	80.00	75.00	30.00	54.00	30.00	30.00	54.00
400008143	T200765	100313	11092407	41156	12/04/08	USA	80.00	80.00	30.00	54.00	32.00	32.00	54.00
400008868	T200765	100313	11092410	42076	27/05/08	USA	75.00	70.00	30.00	50.00	26.25	26.50	50.00
400008901	T200765	100313	26092357	42097	31/05/08	USA	90.00	90.00	40.00	53.00	54.00	54.00	54.00
400008902	T200765	100313	11092411	42098	31/05/08	USA	90.00	90.00	40.00	53.00	54.00	54.00	54.00
400009363	T200765	100313	11092403	42191	23/06/08	USA	50.00	50.00	50.00	60.00	20.83	21.00	60.00
400009362	T200765	100313	11092404	42213	23/06/08	USA	50.00	50.00	50.00	60.00	20.83	21.00	60.00

Tabla 5.8. Análisis de datos.

En esta tabla se analiza el componente **T200765**, el cual tuvo **11** pedidos para ser reparado en los Estados Unidos de América. En la tabla se puede observar que el mismo componente se empacó en contenedores de diferentes medidas de largo, ancho y alto en la mayoría de los envíos, por lo que hubo diferencias en el peso con embalaje y en el peso tarifario, es decir, el mismo componente se envió 45% de las veces con un peso taxable de 54, un 35% con un peso de 50 y 20% con un peso de 60. Lo anterior ocasiona que los costos se eleven, ya que las empresas de mensajería cobran el envío por peso o por volumen según convenga. Debido a lo anterior se propone que se realice una estandarización del empaque y embalaje, de tal manera que cuando el mismo componente deba ser enviado a reparación, ya exista la especificación de acomodo, dimensiones y peso final de éste y con ello enviarlo al menor costo posible. Otra ventaja que se analiza es contar con la información para determinar con anticipación el costo del envío por mensajería externa.

Justificación económica de la estandarización de operaciones.

Del total de los envíos realizados (tomando como referencia la tabla anterior), se obtiene que el costo promedio para los tres pesos que se tomaron como referencia, son los siguientes:

Peso	Costo de envío por mensajería externa
50 kg	\$1,851.52 mxn
54 kg	\$1,999.54 mxn
60 kg	\$2,221.75 mxn

De lo anterior se obtiene que del 100% de los envíos, sólo el 35% se enviaron con un costo de \$1,851.52, mientras que el restante 65% se envió con un costo más elevado. Como resultado de este análisis se obtiene la justificación para enviar los componentes con el menor peso taxable posible a través de la estandarización del empaque y embalaje.

Como prerequisite se recomienda que los operarios del área conozcan las políticas establecidas con respecto al Manual de especificaciones y embalajes ATA 300 (Ver anexo E).

Paso 1. Realizar un inventario físico de los contenedores con el que cuenta el área para realizar el proceso de embalaje.

Los operarios del área deberán documentar el número de contenedores en buen estado con los que cuentan, para lo cual se propone el formato que se encuentra en el Anexo N Formato para

levantamiento de inventario. Una vez que se tenga el inventario de los contenedores del Departamento de Embarques y Taller 21, entonces se debe clasificar éste, tomando como criterio las dimensiones (largo, ancho y alto) y el tipo de material.

Paso 2. Asignar un número de artículo para cada tipo de contenedor (según la clasificación anterior).

Se debe crear una base de datos en la que se identifique el contenedor con un número de artículo. Además los aditamentos y materiales de ayuda al empaque y embalaje deberán estar referenciados en el sistema.

Paso 3. Asignar una ubicación a los contenedores en el almacén designado para éstos según la distribución de planta propuesta en el presente trabajo de tesis, tomando como referencia para su ubicación en los *racks* su número de artículo.

Paso 4. El ERP utilizado en el Departamento de Embarques y Taller 21 calculará por medio de la clasificación ABC de inventarios el punto de re orden de los contenedores. Se propone utilizar la clasificación ABC para los consumibles necesarios para el embalaje de los componentes, tales insumos son: hule espuma, cinta canela, etiquetas, esquineros, etc.

Paso 5. El supervisor o encargado del área y los operadores más experimentados, deben realizar las especificaciones de empaque. Por lo que se propone la siguiente especificación como versión inicial y se sugiere que sea mejorada y actualizada según los requerimientos futuros del Departamento de Embarques y Taller 21.

MEXICANA ESPECIFICACION DE EMPAQUE Y EMBARQUE
00000001 Versión 1.0.

Empaque Exportación
T200765

Capítulo ATA: _____

SECCION I

Descripción	Numero del artículo	Materia	Comentarios
Caja caple	12345678	Cartulina Caple	Introducir solo un componente
Caja corrugada	87654321	Cartón corrugado de 44,5 x 21,5 x 9,8	Insertar 4 cajas caple (4 componentes)
Hule espuma			Rellenar la caja con hule espuma

SECCION II

DESCRIPCION	REFERENCIA	MATERIAL	COMENTARIOS
Etiqueta de embalaje (Etiqueta A)	22MX000001	Papel autoadherible 15 x 10 cm	Pegar en caja caple de 1 componente (Costa frontal)
Par de etiquetas para manejo (Etiqueta B)	22MX000002	Papel autoadherible 10,2 x 5,1 cm	Pegar en caja con corrugada con los 4 componentes (las laterales deberán ir juntas)
Etiqueta de manejo	22MX000003	Papel autoadherible 10,1 x 12,7 cm	Pegar en caja con corrugada con los 4 componentes (frontal)
Packing list closed	22MX000004	Sobre de packing list	Pegar en la tapa de la caja corrugada.
Cinta de cierre	22402819	Cinta de cierre (cinta canela)	Cierre caja con cinta
Esquineros	22403165	Cartón	Colocar al rededor del pallet (Ver imagen)
Tárima		tárima plástica de 120 x 80 cm	Colocar cajas en la tarima (Ver imagen)

NOTA IMPORTANTE:

SHIP TO:
COMPANY: HONEYWELL INTERNATIONAL INC
ADDRESS: 1 CLIFF GARRETT DRIVE
ANNISTON, AL 36001
NAME / TITLE: RICKY COMER
E-MAIL / PHONE: 256-835-4122

NOTA: Esta etiqueta deberá estar pegada en el pallet ya armado y terminado. (colocar 5, una por cara)

SECCION III

acomodo en tarima

Acomode 4 cajas corrugadas de forma vertical (ver imagen), selle con cinta. Coloque 7 de estas cajas en una tarima de 120 x 80 cm, por ejemplo, como se muestra en la figura, intercambiando el acomodo de una cama a otra (máximo 5 camas), una vez terminado de armar el pallet colocar tres tiras de fleje como lo indica la figura y amarrando la tarima con este fleje. Emplee con película de empaque (mínimo 5 vueltas). Coloque cinta con el logo de Mexicana Embarques alrededor del pallet ya empaquetado (mínimo dos vueltas), como se muestra en la figura y pegue la etiqueta Ship to.

PESO APROXIMADO Y VOLUMEN DE LAS CAJAS CON COMPONENTES

CAJA	MEDIDA EXTERNA	MATERIAL	PESO REAL CON EMBALAJE	VOLUMEN
Caja caple	45 X 11 X 5,5 cm	caple	5 KG	87.500 cm3
Caja corrugada	45,5 X 22,5 X 11 cm	carton corrugado	20 KG	11261,26 cm3
pallet c/100 componentes	120 X 80 X 70 cm		500 KG	672000 cm3

SECCION IV

Encargado de Embalaje: _____ FECHA: _____

Supervisor del área: _____ FECHA: _____

Figura 5.19. Hoja de Especificaciones de Empaque y Embalaje. (Fuente: Propia)

Cada una de las secciones de la hoja de especificación se describe a continuación:

En el encabezado se coloca el número de referencia del componente padre, el cual no es un producto en sí, sino que engloba a todos los materiales que se utilizarán para el empaque del componente a embarcar. Además deberá tener la última revisión realizada a la hoja de especificación para llevar un control de las actualizaciones (Ver punto 1)

En el punto 2 se deberá colocar la descripción del empaque y también el Capítulo ATA (es la clasificación que utiliza Mexicana de Aviación para los diferentes componentes que se manejan en los aviones (hidráulicos, eléctricos, mecánicos, etc.)), que como ya se mencionó anteriormente, para el presente trabajo de tesis se consideró el componente con mayor recurrencia de envío en el año 2008 para tomarlo como referencia.

En el punto 3, que es la Sección I de la hoja de especificación, se sugiere que se coloque la descripción de los componentes a utilizar para el empaque con su número de identificación (el cual deberá estar registrado en la base de datos del ERP utilizado en la Base de Mantenimiento); así como un texto descriptivo de los materiales y los comentarios en los cuales se deberá mencionar cómo es utilizado este material para el proceso de empaque.

Además se sugiere sea acompañado por gráficos que describan la manera de llevar a cabo el empaque de los componentes a enviar.



Figura 5.20. Sección I de la Hoja de Especificaciones de Empaque y Embalaje.

En la siguiente figura se muestra la Sección II de la hoja de especificación, en donde en el número 4 se sugiere que se realice la descripción de las etiquetas y aditamentos que debe llevar el empaque. Además, colocar el número de referencia de éstos en la base de datos del Sistema, así como el texto descriptivo del material o aditamento y en los comentarios se sugiere colocar la forma en como éstos deben estar en el empaque.

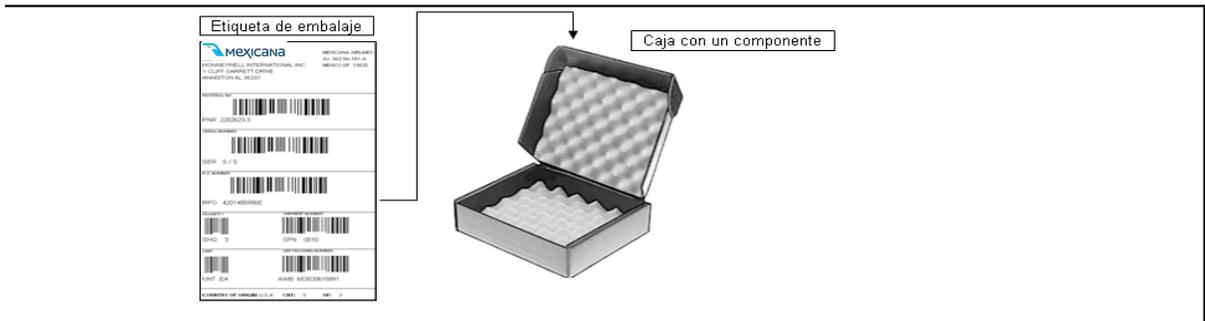
El número 5, describe como se deberán colocar las etiquetas en los contenedores.

En el número 6, se describe como deberán ser colocadas las etiquetas que contienen las direcciones destino del o los componentes embalados.

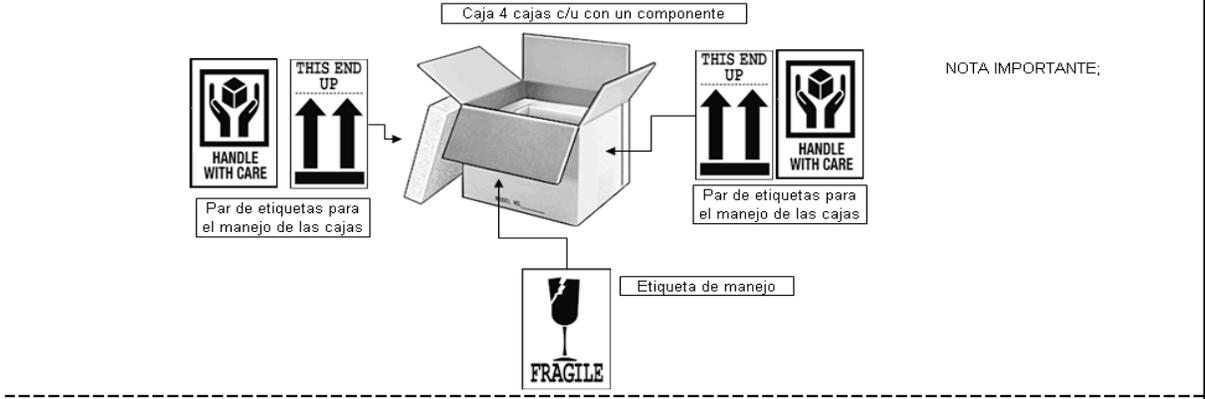
SECCIÓN II

DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	MATERIAL	COMENTARIOS
Etiqueta de embalaje (Etiqueta A)	22MX000001	Papel autoadherible 15 x 10 cm	Pegar en caja caple de 1 componente (vista frontal)
Par de etiquetas para manejo (Etiqueta B)	22MX000002	Papel autoadherible 10,2 x 5,1 cm	Pegar en caja con corrugada con los 4 componentes (las laterales deberán ir juntas)
Etiqueta de manejo	22MX000003	Papel autoadherible 10,1 x 12,7 cm	Pegar en caja con corrugada con los 4 componentes (frontal)
Packing list closed	22MX000004	Sobre de packing list	Pegar en la tapa de la caja corrugada.
Cinta de cierre	22402619	Cinta de cierre (cinta canela)	Cierre caja con cinta
Esquineros	22403165	cartón	Colocar al rededor del pallet (Ver imagen)
Tárima		tárima plástica de 120 x 80 cm	Colocar cajas en la tarima (Ver imagen)

4



5



6

SHIP TO:
 COMPANY: HONEYWELL INTERNATIONAL INC
 ADDRESS: 1 CLIFF GARRETT DRIVE
 ANNISTON, AL 36201
 NAME / TITLE: RICKY COMER
 E-MAIL / PHONE: 256-835-4122

NOTA: Esta etiqueta deberá estar pegada en el pallet ya armado y terminado. (colocar 5, una por cara)

Figura 5.21. Sección II de la Hoja de Especificaciones de Empaque y Embalaje.

En esta figura se muestra la Sección III en donde se sugiere que se coloque las descripciones gráficas con dibujos de cómo deberán ser embalados los componentes a ser enviados a reparación (ver número 7). En el punto 8 se sugiere que se realice la descripción textual del proceso de embalaje de los componentes que ya se encuentran en los contenedores con sus respectivas etiquetas.

En el punto 9 se sugiere colocar una tabla que contenga el peso aproximado de los componentes ya empacados y embalados, así como sus medidas externas, material y volumen, ya que como se explicó anteriormente, el cobro del envío se realiza tomando como base el volumen o el peso según la empresa de mensajería externa.

SECCION III

acomodo en tarima

7

8

Acomode 4 cajas corrugadas de forma vertical (ver imagen), selle con cinta.
 Coloque 7 de estas cajas en una t rrega de 120 X 80 cm, por ejemplo, como se muestra en la figura, intercambiando el acomodo de una cama a otra (máximo 5 camas), una vez terminado de armar el pallet colocar tres tiras de fleje como lo indica la figura y amarrando la t rrega con este fleje.
 Emplee con película de emplaye (máximo 5 vueltas). Coloque cinta con el logo de Mexicana Embarques alrededor del pallet ya emplayado (máximo dos vueltas), como se muestra en la figura y pegue la etiqueta Ship to.

PESO APROXIMADO Y VOLUMEN DE LAS CAJAS CON COMPONENTES

9

CAJA	MEDIDA EXTERNA	MATERIAL	PESO REAL CON EMBALAJE	VOLUMEN
Caja caple	45 X 11 X 6,5 cm	caple	5 KG	87 500 cm ³
Caja corrugada	45,5 X 22,5 X 11 cm	carton corrugado	20 KG	11261,25 cm ³
pallet c/100 componentes	120 X 80 X 70 cm		500 KG	672000 cm ³

Figura 5.22. Sección III de la Hoja de Especificaciones de Empaque y Embalaje.

La  ltima Sección de la hoja de especificación es la IV y en ésta se deberán colocar las firmas de validación por parte de los encargados del área, de esta manera se lleva un control del proceso de empaque y embalaje de cada uno de los componentes que son enviados a reparación. Además se sugiere colocar la fecha en la que se firma.

_____	_____
Encargado de Embalaje	Supervisor del área
_____	_____
FECHA	FECHA

Figura 5.23. Sección IV de la Hoja de Especificaciones de Empaque y Embalaje.

5.6 Propuesta de implementación de un Hub Logístico en la costa este de los Estados Unidos con un enfoque Justo a Tiempo.

Justificación para implementación del hub logístico en la costa este de los Estados Unidos de Norte América

Actualmente el 72 % de las órdenes de reparación de componentes de Compañía Mexicana de Aviación S.A. de C.V. se concentran en USA, esto obedece a que gran parte de los proveedores de reparación son de origen Norte Americano, tal es el caso de Honeywell International Inc., SABENA Technics, Boeing Co., etc.

El alto porcentaje de las órdenes de reparación ubicadas en USA implica que la logística para enviar y traer componentes sea mucho más eficiente para evitar problemas en el inventario de refacciones.

La gran mayoría de los proveedores en USA envía, una vez efectuado su trabajo, las unidades al *Hub* Logístico de Los Ángeles, CA, donde personal de Mexicana tiene la responsabilidad y facultad de re-expeditar el material a MEX sin ningún costo.

El tiempo de tránsito de los materiales es de suma importancia para contar con el nivel de refacciones adecuado y con el histórico del indicador del Área de Embarques, el cual es el SPT que permitirá calcular el nivel de criticidad de cada una de las unidades.

El proceso de exportación e importación en USA de las órdenes de reparación se describe de la siguiente manera:

- Exportación
 1. Se elabora la orden.
 2. Se envía al área de embarques para su proceso de envío.
 3. De acuerdo a la prioridad se determina su forma de envío.
 4. Se ejecuta el envío.
 5. Se reporta el número de guía al área de reparaciones.
 6. Se da seguimiento con el número de guía hasta que lo reciba el proveedor.

- Importación
 1. El proveedor envía el material por mensajería (vía FedEx) con sus documentos correspondientes a las instalaciones de Mexicana en LAX.
 2. Personal de Mexicana en LAX recibe el material y verifica condiciones físicas.
 3. Procesa envío a MEX de manera libre de cargo (COMAT)
 4. El área de comercio exterior tramita la liberación de la aduana.
 5. Se entrega al área de receptora MEX.

Propuesta.

Se determinó que para disponer en MEX lo más pronto posible de las refacciones se debía tener un nuevo *HUB LOGISTICO* en la costa este de USA, específicamente en el estado de la Florida, el cual permitiera:

- Recolección directa a los talleres ubicados en FL, para el transporte inmediato a través de los compartimientos de carga de las aeronaves de la empresa
- Administración con base en los tiempos del SPT de cada Repair Order para la programación de la recolección
- Confirmación de recolección
- Corte de guía COMAT y puesta en vuelo con ruta MIA-MEX.

En la Florida se encuentran cerca de 20 talleres reparadores de unidades, de los cuales 7 se pueden considerar de suma importancia para la Compañía dado el tipo de unidades que reparan cada uno de estos, se puede mencionar.

1. Luftansa Technik (Ft. Lauderdale), reparador de unidades eléctricas y electrónicas.
2. Barfield INC (Miami), reparador unidades eléctricas y equipos de prueba.
3. TSI Aviation (Miramar), reparador de equipo hidráulico y equipo eléctrico.
4. Elite Aerospace (Miramar), reparador de equipos para el aire acondicionado.
5. United Aerospace (Miramar), reparador de partes de tren de aterrizaje.
6. Hamilton Sundstrand (Miramar), reparador de equipos hidráulicos y eléctricos.
7. Rockwell Collins (Miami), reparador de equipos de comunicación.

Del 100% de las reparaciones efectuadas en la Florida, el 97% se concentra en el área circundante de Miami, tal como se muestra en la siguiente tabla:

CIUDAD	2006		2007		2008	
	%	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%	CANTIDAD
MIAMI	66%	456	42%	367	36%	191
MIRAMAR	24%	166	42%	365	33%	170
FT. LAUDERDALE	1%	9	13%	115	21%	107
CLEAR WATER	1%	10	2%	16	1%	4
CABO CAÑAVERAL	2%	14			0	0
OTRAS	6%	35	2%	10	9%	48

5.9. Tabla con histórico de órdenes de reparación en estado de la Florida, USA.

Durante el 2007 la frecuencia de envíos a cada uno de los proveedores de Florida y que permitió determinar con cual de ellos se podría empezar a realizar este proyecto es la siguiente:

PROVEEDOR	2007	
	TOTAL DE ENVIOS	%
Barfield	230	27
TSI Aviation	152	18
Lufthansa	103	12
United Aerospace	60	7
Hamilton	59	7
Elite	50	6
Rockwell Collins	49	6

5.10 Tabla con envíos por proveedor en el estado de la Florida, USA en 2007

El costo y el tiempo que se tomo como referencia para efectuar dicho análisis, es el resultado de haber simulado el traslado de las unidades ya reparadas desde cualquier punto de Florida hasta California en las instalaciones de Mexicana de Aviación en Los Ángeles, de lo que se obtuvo lo siguiente:

Se determinó realizar un análisis JIT para el tiempo de tránsito de los materiales durante la importación y exportación de Órdenes de Reparación. Así mismo, debido a la co-relación TAT-Nivel de Inventario (Directamente proporcional) esta disminución de tiempo en tránsito representaría una gran aportación en inventario disponible.

PAISES	2006		2007		2008	
	%	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%	CANTIDAD
USA	78%	3306	77%	2941	72%	1631
CANADA	14%	598	11%	401	16%	361
MEXICO	7%	288	11%	406	11%	248
EUROPA	1%	59	1%	56	1%	30

Tabla 5.11. Indicadores de Embarque.

Fuente: Indicadores de embarque 2005-2007. Para el caso de 2007 se trata del 1er. Semestre (Para todos los datos presentados)

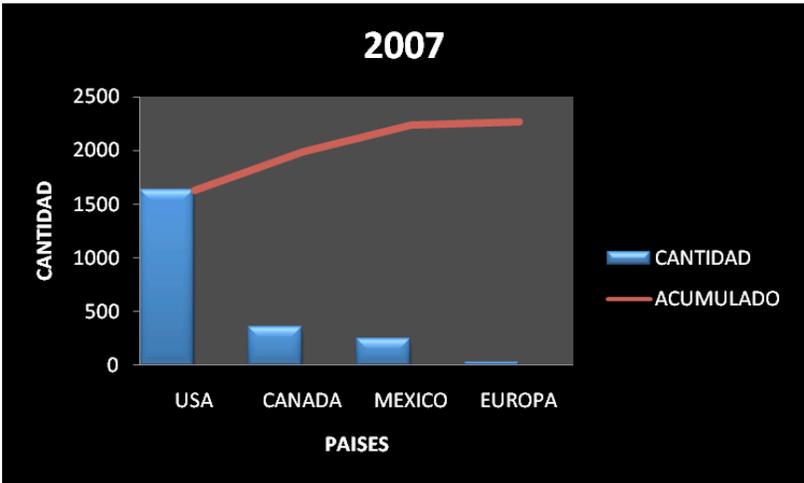


Figura 5.24. Gráfica de Cantidad de Embarques a diferentes países.

Como se puede observar en la grafica anterior, el 72% de las reparaciones que se realizan dentro de USA, el 25.% se concentra en el Estado de la Florida (FL).

ESTADOS	2006		2007		2008	
	%	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%	CANTIDAD
CALIFORNIA	22%	736	22%	650	25%	404
FLORIDA	26%	865	23%	690	21%	348

Tabla 5.12. Embarques de California y Florida.

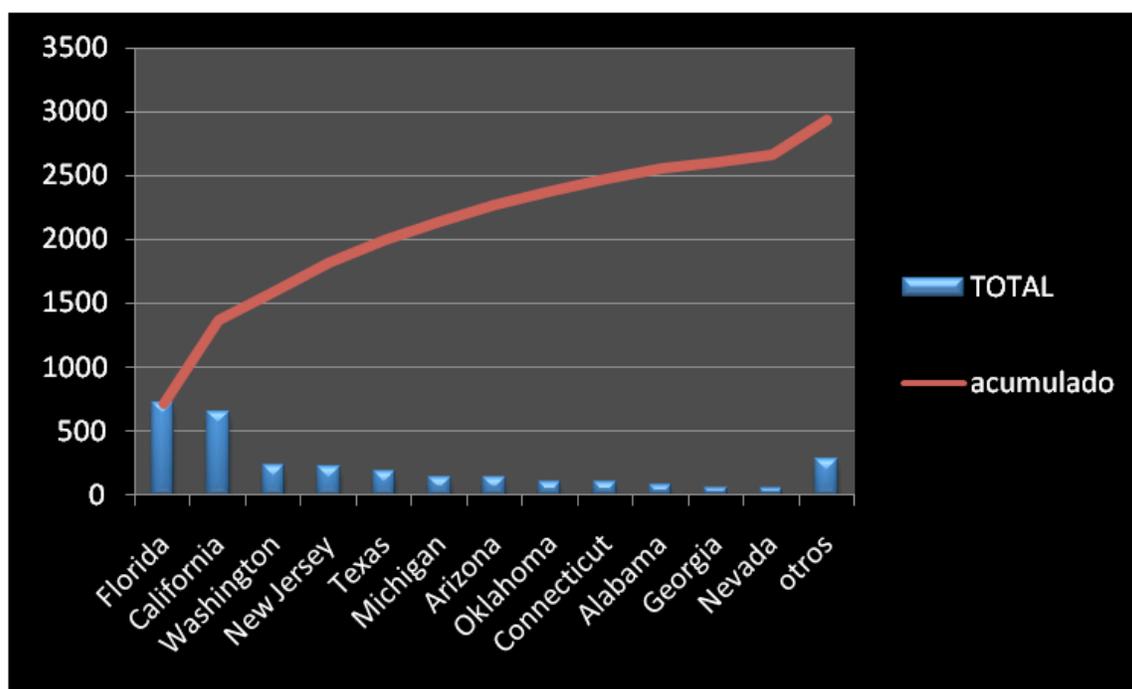


Figura 5.25. Reparaciones en Estado Unidos de Norte América.

Teniendo así con el hub logístico de LAX cubiertas el 46% de las reparaciones dentro de USA. Lo que se pretende lograr con la implementación de este nuevo *Hub* es atacar los dos problemas que atañan a cualquier línea aeronáutica: el tiempo y el costo.

- TIEMPO

Reducción en el transito, por realizarse de manera directa (Origen- Destino)

Disponibilidad

- COSTO

Reducción de rentas /intercambios

Desintegración de flotas

Aumento de cobertura en flota

Consolidación de transporte

COMAT

ACTUAL	COSTO (usd)	TIEMPO
Fedex	\$ 8,626.21*	5 días
Costo de operación LAX	\$4,854.60	
Total	\$13,508.71 USD	

Tabla 5.13. Costo incurrido por el envío de los materiales vía LAX.

El proyecto *Hub MIA*, comprende 4 etapas:

- Importación de componentes a reparación a Florida, mediante el uso de los compartimientos de carga de las aeronaves de la empresa.
- Exportación directa a Florida de componentes a reparar mediante de los compartimientos de carga.
- Exportación e Importación de componentes a reparar en toda la costa este de USA.
- Exportación e Importación de componentes a reparar y materiales de compra en toda la costa este de USA.

Para el desarrollo de la primera etapa del proyecto se tuvo que analizar la factibilidad de poner una nueva oficina en MIA con personal de Mexicana o bien contratar una empresa con la infraestructura necesaria, la cual entendiera el proyecto y por supuesto cubriera las necesidades respecto a costo y tiempo.

Para ello se lanzo la convocatoria con los freight forwarder que actualmente prestan diferentes tipos de servicio a Mexicana de Aviación para que cotizaran y presentaran sus propuestas, las cuales se presentan a continuación:

FORWARD	*COSTOS (USD)
SCHENKER	\$ 12,150.36
PANALPINA	\$ 14,530.90
SDV	\$ 18,873.50
SOLORI	\$ 29,930.00
DHL	\$ 34,323.81

Tabla 5.14. Costo ofertado por los diferentes freight forwarder para el proyecto hub.

De lo anterior se determino que Schenker International se presentaba como la mejor opción para que llevara a cabo este proyecto, teniendo así el compromiso por parte de ellos en mantener los costos y tiempos pactados.

PROPUESTA	COSTO (USD)	TIEMPO
Schenker	\$ 12,150.36	3 días

Tabla 5.15. Costo y tiempo de la mejor propuesta de freight forwarder

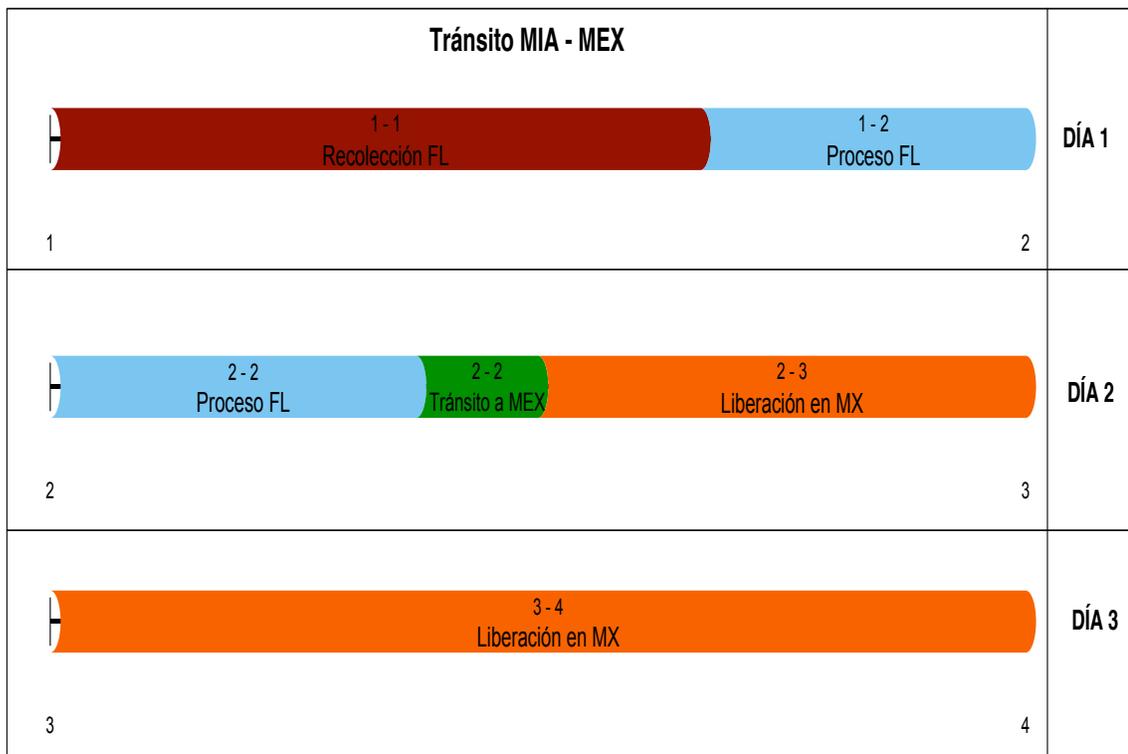


Figura 5.26. Tránsito esperado para las ordenes de reparación con ruta MIA - MEX.

Es muy importante señalar que para implementar este proyecto con SK se tiene que efectuar pruebas piloto con alguno de los proveedores de mayor envergadura para Mexicana de Aviación y que obviamente representaran un negocio rentable para el carrier.

Se determino que la opción ideal era Lufthansa Technik, ya que actualmente se cuenta con un convenio por FHA y día con día crecen los envíos hacia este proveedor.

5.7 Propuesta de implementación de un modelo de importaciones Europeas y Asiáticas con un enfoque Justo a Tiempo.

Justificación para el desarrollo de un modelo de importaciones Europeas y Asiáticas.

Las importaciones de materiales para Compañía Mexicana de Aviación S.A. de C.V., representa y representara uno de los mayores beneficios ya que permitirá tener en tiempo los insumos necesarios para las aeronaves. Sin lugar a dudas el proveer de un modelo de importación bajo el concepto Justo a Tiempo permitirá la eliminación de los elementos innecesarios con el fin primordial de aumentar el beneficio mediante la reducción de costos. La idea básica que se pretende radica en producir, en todas las fases del proceso de importación, lo que se necesita, en el momento adecuado y en la cantidad requerida en cada caso.

Al ser el JIT un sistema basado en la demanda, ésta, al situarse en el extremo del canal logístico, tira de los productos hacia el mercado y la producción y los aprovisionamientos y las compras se generan de una manera concatenada a medida que el cliente, que para el caso de la empresa se trata de Mantenimiento, consume.

El departamento de Embarques y Taller 21, hasta hace 2 años era únicamente responsable de enviar todo tipo de materiales al destino donde estos fueran requeridos, conforme la flota de aviones de Mexicana de Aviación se fue incrementando, la demanda para la disponibilidad de las refacciones fue mucho mayor, por lo que el área no sólo se enfoco en la exportación de materiales sino también en la importación de ellos desde cualquier parte del mundo.

El 15 % de los proveedores de Mexicana de Aviación de Repair Order's y Purchase Order's se concentran en Europa y Asia, cuando es requerido que manden los materiales lo hacen directamente al *Hub* logístico de LAX en USA a través de la empresa de mensajería mundial FedEx, empresa con la cual Mexicana de Aviación tiene firmado un contrato para el manejo de sus materiales menores a 900 kgs. con un tiempo de transito de 4 a 5 días sumándole a esto el tiempo del proceso para su re-expedición vía COMAT en LAX, lo que traía como consecuencia que la disponibilidad de los materiales era mucho menor a causa de un doble manejo para los mismos.

El incoterm muchas veces negociado en la compra del material o en la reparación de los componentes es el *EXW*, en donde los ejecutivos encargados de la compra o reparación no tenían conocimiento de cómo trasladar el material que ya habían comprado desde cualquier parte del mundo y mas aun cuando se trataba de volumen, optando así por que el mismo proveedor si

hiciera responsable del flete hasta un punto convenido para Mexicana con estos costos del transporte y manejo a cargo de la Compañía.

Propuesta.

El área de oportunidad para proponer el modelo surge cuando el área de logística se percata de que los costos asociados al flete eran mucho mas caros de los que se podían conseguir si Mexicana asumía esta responsabilidad.

El equipo de trabajo desarrolló para el departamento de embarques perteneciente a la gerencia de logística, durante un lapso de 3 a 5 meses, una propuesta la cual consistía en tener un *pull* de proveedores de transporte aéreo y marítimo que en el mercado son conocidos como *freight forwarder* y que son empresas que sirven de apoyo para el traslado de materiales siempre y cuando la infraestructura de Compañía Mexicana de Aviación o cualquier otra no alcance a cubrir las necesidades para dichos embarques.

Para determinar el transportista que fuera el responsable de mover las mercancías de la empresa, se solicito, con base en el histórico de movimientos, la cotización simulando un embarque de diferente punto de Europa y/o Asia, a fin de evaluar tres aspectos fundamentales para la empresa: Costo, Tiempo y Servicio.

Para la selección de los freight forwarder, muy interesados en trabajar con Compañía Mexicana de Aviación S.A. de C.V. en el manejo de sus importaciones, era requisito indispensable que contaran con una división de *Aerospace* que fuera sensible a la necesidades del principal cliente interno (Mantenimiento), además de entender y manejar perfectamente las tres prioridades de manejo y transito de materiales en la industria aeronáutica:

1. Aircraft On Ground (AOG): Es la máxima prioridad en la industria, significa que cualquier aeronave de cualquier compañía se encuentra parada en tierra por falla de algún componente y se tiene poco tiempo (máximo 1 días) para poder repararla y de nuevo ponerla en servicio.

- Recolección especiales
- 24H/24 – 7/7 Manejo, despacho y envío.
- Express flete Aéreo
- Real Time Informacion via 24/7 AOG desk



Figura 5.27. Características principales de un embarque AOG.

2. Crítico: Prioridad media en la industria, significa que cualquier aeronave que se encuentra a punto de salir de su servicio de mantenimiento se les es detectada una falla que tiene que ser solventada un lapso no muy largo de tiempo (máximo 5 días).



Figura 5.28. Características principales de un embarque Crítico.

3. Rutinario: Utilizada para el transito de materiales que se requieren usar en un lapso largo de tiempo (máximo 15 días).



Figura 5.29. Características principales de un embarque Rutinario.

Otro de los requisitos indispensables para la selección de los *freight forwarder*, es que contaran con una fuerte red mundial de subsidiarias que permitieran a Compañía Mexicana de Aviación S.A. de C.V. el manejo de sus materiales desde cualquier parte del mundo.

La selección fue la siguiente:

1. **SDV, International Logistics**

Oficina matriz: Francia

Cobertura: mas de 88 países

Numero de empleados a nivel mundial: 27,000

Numero de agencias a nivel mundial: 500

Oficinas en México: 6

Principales clientes internacionales: Thales Group, Messier Dowty, SNECMA, The Safran Group, Airbus Industries, Eurocopter, etc.

Principales clientes nacionales: Mexicana, Volaris, Turbo Reactores, Alma de Mexico, etc.



2. SCHENKER, DB Logistics:

Oficina matriz: Austria

Cobertura: mas de 100 países

Numero de empleados a nivel mundial: 39,000

Numero de agencias a nivel mundial: 800

Oficinas en Mexico: 5

Principales clientes internacionales: Honeywell, Rockwell Collins, Boeing Company, EADS Sogerma, Goodrich, Air France Industries, Pratt and Whitney, Sabena Technics, etc.

Principales clientes nacionales: Mexicana, Aeroméxico, Aviacsa, Abromar, etc.



3. PANALPINA

Oficina matriz: Alemania

Cobertura: mas de 90 países

Numero de empleados a nivel mundial: 15,000

Numero de agencias a nivel mundial: 500

Oficinas en México: 9

Principales clientes internacionales: Airbus, Rolls Royce, Boeing Co, etc.

Principales clientes nacionales: Mexicana, Aeromar, Interjet, etc.



4. Kuehne & Nagel

Oficina matriz: Alemania

Cobertura: mas de 100 países

Numero de empleados a nivel mundial: 53,000

Numero de agencias a nivel mundial: 850

Oficinas en México: 20

Principales clientes internacionales: Rolls Royce .

Principales clientes nacionales: Mexicana y Aeroméxico.



5. Solori Forwarding S.A. de C.V.

Oficina matriz: México

Cobertura: mas de 30 países

Numero de empleados a nivel mundial: 1,000

Numero de agencias a nivel mundial: 100

Oficinas en México: 5

Principales clientes internacionales: Wesco Group.



6. Ceva Logistics.

Oficina matriz: USA

Cobertura: mas de 100 países

Numero de empleados a nivel mundial: 5,000

Numero de agencias a nivel mundial: 100

Oficinas en México: 3

Principales clientes internacionales: Honeywell.

Principales clientes nacionales: Aeromexico.



La evaluación de los proveedores de transporte se efectuó bajo tres directrices principales: Servicio, Costo y Tiempo. El resultado que se obtuvo fue el siguiente. (ver anexos para ver la evaluación)

FACTOR	SDV	Schenker Logistics	Panalpina	Kuehne & Nagel	Ceva Logistics	Solori Forwarding
SERVICIO	47	48	40	40	28	22
COSTO	11	10	12	6	3	0
TIEMPO	16	8	6	5	4	5
Total	74	66	58	51	35	27

Tabla 5.16. Resultado de la evaluación de los proveedores

La jefatura de embarques, con base en el estudio presentando, tomará la decisión de saber quien de ellos se encargará de manera permanente de hacer las importaciones desde cualquier parte del mundo y bajo cualquier prioridad. A continuación se describe el proceso propuesto para el manejo de las mercancías bajo cada una de las prioridades:

1. Servicio Rutinario

Comprende el manejo de materiales que por su requerimiento final en las instalaciones de mantenimiento de Mexicana de Aviación se tienen por lo menos 10 días para el transito de los mismos. Cabe mencionar que cuando se hacen este tipo de requisiciones es por que la aeronave de la empresa se encuentra en lo que le denominan un Servicio A o mayor.

Las áreas involucradas (mantenimiento, compras y logística) conocen y dan por entendido el tiempo empleado en este tipo de servicio desde que se efectúa la compra hasta que se realiza el transito, para ello se proponen una serie de pasos simples para el manejo de estos materiales:

- a. El departamento de Compras o Reparaciones solicita a embarques mediante un correo el traslado del componente, en donde viene especificado(*ver formato*)

anexo):

i. DATOS DEL SOLICITANTE

- Nombre del ejecutivo de compra o reparación
- Departamento al que pertenece
- Teléfono y extensión

ii. DATOS DEL MATERIAL

- El numero de orden (pedido de compra o reparación)
- La cantidad de material (se trata de la piezas contenidas en la orden, que puede variar dependiendo de la presentación del mismo, ej. 10 latas, 2 botes, 1 pieza, etc.)
- Numero de bultos (presentación final del material, ej. 1 caja, 1 pallet, etc.)
- Descripción
- Numero de parte (numero interno que se identifica con el sistema de la empresa)
- Dimensiones (medidas de la presentación final de la cual muchas veces depende el cobro del flete)
- Peso
- Si se trata de material peligroso o DG(cuando el material esta restringido para ser transportado de forma aérea es de suma importancia que se le solicite al proveedor elabore el documento de formas peligrosas de acuerdo a la regulación internacional de la IATA o en su defecto indique la clasificación UN para que el forwarder elegido por Mexicana de Aviación lo elabore)
- Fecha en la que el material estará listo para ser recolectado
- Incoterm negociado en la compra
- Orden de trabajo o Centro de Costo al que se cargara el traslado (ordenes internas en las cuales esta autorizado cargar el flete del material)

iii. DATOS DEL PROVEEDOR(Embarcador)

- Nombre
- Dirección
- Estado o provincia
- Código postal

- País
- Contacto directo
- Teléfono
- E-mail.

iv. DATOS DE ENTREGA(Consignatario)

- Nombre de la compañía
- Dirección (en la gran mayoría de los casos el requerimiento del material técnico es en la base de mantenimiento de Mexicana de Aviación, sin embargo es importante que se especifique cual es el punto de entrega ya que para el caso de material comisariato puede ser en otra de las instalaciones de la empresa)
- Nombre de la persona a la cual se elaboraran lo documentos de embarque (factura comercial y guía aérea)
- Fecha para cuando es requerido en destino final

El formato deberá ser debidamente requisitado para asegurar el traslado del material en tiempo y forma.

- b. El departamento de embarques tomará y validará dicha requisición de transito y solicitará a sus proveedores de fletes mediante un e-mail una cotización formal y el tiempo estimado del embarque. Es muy importante señalar que solo se contará con 2 días después de su solicitud para recibir las propuestas, para que se entre en la etapa del análisis de la mejor opción en tiempo y costo que permitirá elegir siempre la mejor opción para la jefatura que se traducirá en beneficios a la empresa.
- c. Se notificara al transportista ganador mediante un e-mail, que su propuesta ha sido la mejor y se le dará la autorización por parte de Mexicana que es el responsable de mover la carga a México. A los proveedores que quedan fuera del movimiento por su costo o tiempo alto se les hace mención que están en un rango por encima de la mejor opción.
- d. El departamento de embarques solicita al freight forwarder 4 estatus sobre el embarque:
 1. Fecha en que se efectúa la recolección.
 2. Fecha y numero de vuelo en que se programará su envío a México.
 3. Confirmación de salida en origen del vuelo con la carga y fecha

estimada para su arribo.

4. Confirmación de llegada del material y ubicación dentro del recinto aduanal del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM).

2. Servicio Crítico (Critical Service)

A diferencia del Rutinario, aquí el tiempo de respuesta que se tiene que dar para mantenimiento (usuario final) es mucho menor, regularmente aquí la aeronaves de la compañía están próximas de salir de su servicio de mantenimiento mayor y cuando se encuentran en una inspección final se les detecta un error por falla de un componente, esto provoca que se tenga conseguir el componente en el almacén técnico en el mejor de los casos o con un proveedor externo que cuente con dicha unidad, siendo así solo se tienen 5 días como máximo para efectuar todo el proceso de abastecimiento (búsqueda, negociación, compra y traslado).

Es muy importante señalar que para este tipo de movimiento no hay una cotización previa para el tránsito por la urgencia con la que se requiere en México. Aquí dependerá de mucho la decisión que tome la jefatura con base en el estudio previo para elegir al transportista que fuera el más eficiente en manejar materiales bajo esta prioridad.

Para el manejo de este tipo de materiales se determinó que se debía de seguir el mismo procedimiento que el de la prioridad Rutinaria con algunas adecuaciones en el formato que permitiera ser más rápido su llenado obviando algunos datos (*ver formato anexo*).

3. Servicio Aircraft On Ground (AOG Service)

Para el diseño del procedimiento del manejo de materiales bajo esta prioridad se tomó en cuenta para la propuesta el costo estimado que se tiene por dejar un avión sin operar en sus rutas habituales y sin poder generar ganancias para la aerolínea como para la empresa que se encarga de administrar sus compartimientos de carga que es alrededor de unos 20,000 USD por viaje.

El tiempo de respuesta que tiene que dar Compras y Logística a Mantenimiento es de 1 día como máximo por ende muchos de los pasos que se tienen para el manejo de carga Rutinaria y Crítica se obvian por cuestiones de tiempo.

La única función del comprador será dar aviso mediante un e-mail al área de embarques de la necesidad de trasladar la unidad a MEX lo antes posible, para ello solo se requiere mencionar la cantidad de material y los datos de la recolección (*ver formato anexo*).

Embarques recibirá esta información y la transmitirá directamente a su forwarder canalizado a través de su AOG Desk en origen y su Main AOG desk a nivel mundial donde se le deberá solicitar contacte al proveedor de la mercancía para programar en una recolección especial del material. Antes de recolectar la unidad el *forwarder* tendrá la responsabilidad de reservar un espacio con alguna aerolínea que tenga mayor frecuencia de vuelos hacia MEX y tenga por su puesto la capacidad de trasladar el material, esto se plantea a fin de ganar el mayor de horas posibles y así asegurar la entrega del material a tiempo con la aerolínea.

La copia de los documentos deberá ser faxeada o enviada a través de un e-mail por parte del AOG desk del forwarder una vez que los tenga disponibles para que sean proporcionados al apoderado aduanal de la empresa y este a su vez solicitara un servicio extraordinario a la Aduana del AICM para que una vez que llegue el vuelo se permita liberar el material y no esperar al día siguiente.

La figura que a continuación se muestra, permitirá tener una visión objetiva de varios escenarios dependiendo el país donde se encuentre el material, referente a los tránsitos y por ende una respuesta a Mantenimiento de la disponibilidad de refacciones.

Las ventajas competitivas que se pueden obtener con esta implementación, iban estar diferenciándose de las demás: consiguiendo productos y servicios a un coste más bajo o a una mejor calidad y plazo de entrega más reducido o una combinación de todo ello, y mejorando la gestión de la cadena de suministros.

SERVICIO AOG				
Caso	Día	Escenario 1 Directo	Escenario 2 c/conexión	Escenario 3 s/conexión
Reino Unido	1	Recolección + Envío a MEX	Recolección + Envío a hub	Recolección + Envío a hub
	2		Recepción en hub + Envío a MEX	Recepción en hub y espera de booking para el siguiente vto directo.
	3			Envío a MEX
Francia (Toulouse)	1		Recolección + Envío a hub	Recolección + Envío a hub
	2		Recepción en hub	Recepción en hub
	3		Envío a MEX	Espera de booking para el siguiente vto directo.
	4			Envío a MEX
Alemania (Hamburgo y Kaltenkirchen)	1	Recolección + Envío a MEX	Recolección + Envío a hub	Recolección + Envío a hub
	2		Recepción en hub + Envío a MEX	Recepción en hub y espera de booking para el siguiente vto directo.
	3			Envío a MEX
Holanda	1	Recolección + Envío a MEX	Recolección + Envío a hub	Recolección + Envío a hub
	2		Recepción en hub + Envío a MEX	Recepción en hub y espera de booking para el siguiente vto directo.
	3			Envío a MEX

Figura 5.30. Escenarios para los embarques AOG desde Europa

Conclusiones

El presente trabajo de Tesis fue desarrollado como una propuesta de metodología de implementación debido a que, por decisiones estratégicas de los responsables del Departamento de Embarques y Taller 21, será implementado en un futuro próximo. Por el momento, el equipo de Tesis sólo implementó la Primer S (Organizar). Además, la Distribución de planta propuesta en el

presente trabajo de Tesis, se implementará una vez que el nuevo espacio sea oficialmente otorgado al Departamento de Embarques y Taller 21.

Debido a lo anterior, los resultados son esperados una vez que las propuestas sean llevadas a cabo y sólo se mencionará en este apartado los resultados esperados de acuerdo a las adaptaciones que se hicieron a las técnicas según las necesidades del área y siempre suponiendo el pleno involucramiento de todo el personal del área.

Las herramientas cuya implementación se propone en este trabajo son las adecuadas para atacar de fondo los problemas mayores que afectan la correcta operación del área de embarques, por lo que su posterior implementación repercutirá en un aumento general en el nivel de desempeño del área en todos los procesos que lleva a cabo normalmente e, incluso, elevando el nivel de otras áreas que, en algún momento de proceso, interactúan con éste taller.

A continuación se describen los resultados esperados después de implementar cada herramienta seleccionada.

1. Sistema 5's.

Muchas compañías han optado por implementar un sistema 5's antes de abordar otras herramientas *lean*, puesto que 5's constituye la base para un sistema de producción ágil o *Lean Manufacturing*, es decir, un Sistema Esbelto. Los beneficios diarios directos de la aplicación de 5's son variados: menor necesidad de búsquedas y desplazamientos, reducción del tiempo improductivo, menor riesgo de accidentes, mejora del flujo de trabajo, menos errores y mejor utilización del espacio. Y la consecuencia de todo esto no es otra que una mejora de productividad, Calidad, costos, entrega, seguridad y moral de los trabajadores.

Por otro lado, 5S tendrá un impacto indirecto en los resultados producidos por las subsecuentes técnicas utilizadas, al propiciar un ambiente favorable para los cambios requeridos por las distintas herramientas y porque, además, muchos de los problemas a atacar con las distintas herramientas, comienzan a ser eliminados con las sencillas tareas diarias de 5S.

Con la consolidación del área de embarques/taller 21 en una isla de excelencia de 5S, se espera una mejora sustancial en la realización de las actividades diarias de los empleados, no sólo en la cuestión del tiempo, el cual disminuirá inevitablemente al seguir la disciplina de 5S, sino en cuestiones de seguridad, eficiencia, trabajo en equipo y moral del trabajador, factores todos que sumados repercuten en un incremento de la productividad del área.

Todo esto, esperando que el área se convierta en un ejemplo para las demás áreas, un

modelo a seguir, e incluso a perfeccionar, propiciando la aportación de nuevas ideas y, lo más importante, aplicando dichas ideas a las áreas, ya sea que resulten ser correctas o que tengan que ser replanteadas al ser puestas a prueba por la realidad diaria.

2. Distribución de Planta y Células de Manufactura.

Apoyándonos en la idea de crear una Isla de excelencia y la oportunidad de crear un nuevo *lay-out* para Departamento de Embarques y Taller21 (ya que se cuenta con el espacio y el interés por parte de los directivos), se diseñó un nuevo *lay-out* basado en la teoría de células de manufactura, las cuales nos ayudan a optimizar todo el proceso de embalaje. Con esto se podrá garantizar el envío oportuno de los componentes para su reparación así como la selección efectiva de éstos; disminuyendo de esta manera el envío de componentes como estado “urgente”, factor principal en los costos elevados de embarque.

Otro beneficio es el aprovechamiento *adecuado* del espacio, contrario a la tradición del aprovechamiento *máximo* del espacio, utilizando sólo el espacio necesario para las actividades normales de trabajo del área, asegurando un lugar de trabajo seguro para los empleados, libre de barreras visuales y auditivas

Con este nuevo *lay-out*, se podrá realizar el proceso de embalaje de una manera adecuada y más eficiente, al reducir las distancias que los empleados deben recorrer para realizar su trabajo. Siendo uno de los beneficios con los que cuentan las células de manufactura la creación de trabajadores polivalentes o multifuncionales, podremos eficientar la capacidad y disponibilidad del Recurso Humano en los cuellos de botellas, con la intención de reducirlos al mínimo. También ayudará a evitar paros del proceso por causa de ausentismo

Actualmente, se cuenta con tres áreas diseñadas para el almacenamiento de contenedores, los cuales son utilizados para el empaque de los componentes. Sin embargo, ninguna de éstas tres se encuentra en un lugar óptimo para el manejo de este material, lo cual genera retrasos en la línea de embalaje, además del excesivo costo por almacenamiento que representan tres almacenes para un área.

Con el nuevo modelo de distribución, se espera concentrar todo este material en sólo 2 ubicaciones, una de ellas será un almacén balanceado y organizado basado en la teoría de control de inventarios, estandarización de operaciones y 5` s; y el otro (mucho más pequeño) se encontrará dentro de la célula de manufactura y además será manejado por medio del sistema Kanban. Con esto garantizamos el surtimiento adecuado y continuo a la línea de embalaje, así como la reducción de tiempo de búsqueda del contenedor adecuado al unificar los criterios de selección de contenedores, reducción del tiempo de tránsito para abastecer la línea, al situar los lugares de

almacenamiento más cerca de donde se necesitan, cero faltantes de material y, más importante, no tener un sobrante de contenedores en inventario, gracias al sistema Kanban.

También, se diseñó una propuesta de Célula Administrativa, que tiene como objetivo reducir el tiempo de repuesta de cada uno de los departamentos involucrados durante todo el proceso de embarque, así como la correcta toma de decisiones sobre el destino de cada componente, y por consiguiente se logrará una correcta planeación de los embarques a realizar, disminuyendo con esto los errores en que cada departamento puede incurrir y los respectivos costos.

Además esta Célula de Manufactura también ayudará a reducir el tiempo de ciclo del área de embarques, ya que se trabajara en embalajes que son realmente ejecutables porque se cuenta con todos los elementos necesarios para su envío. También se espera contar con un grupo interdisciplinario especializado para los embarques, el cual dará un juicio certero sobre el destino de cada componente, evitando perder tiempo en contradicciones o redundancias de criterio.

3. Estandarización.

Una de las causas que provocan que los costos de envío de los componentes de Mexicana de Aviación SA de CV, sean elevados en el Departamento de Embarques y Taller 21, es que no se cuenta con un método estandarizado de empaque y embalaje.

De los resultados obtenidos de la muestra de componentes que fueron enviados a reparación durante el año 2007, se obtuvo que el mismo componente se envió 45% de las veces con un peso tarifario⁴⁰ de 54, un 35% con un peso de 50 y 20% con un peso de 60. De lo anterior se deduce que al no tener un proceso estandarizado de empaque y embalaje, el mismo componente es enviado con diferentes pesos tarifarios, en lugar de irse con el más pequeño para que el costo de envío sea menor ya que las empresas de mensajería cobran la tarifa de envío por volumen o por peso, según sea conveniente. Es decir, se pagaron diferentes precios por un mismo servicio.

Para lograr que los componentes que son enviados a reparación a talleres externos, sean enviados al menor tiempo y costo posibles, se diseñó una Hoja de Especificación de Empaque y Embarque como primera versión y para el componente que tuvo mayor recurrencia de envío a reparación durante el año 2007. Esta hoja contempla el componente que se enviará como el material principal y los materiales que son utilizados para el embalaje y empaque como materiales secundarios, definitivamente asociados al primero, para facilitar el proceso y evitar errores.

Además, dicha hoja describe la manera en la que debe ser empacado el componente, es

decir, el número de que debe ir por cada contenedor, su posición y las etiquetas que se adhieren, así como el material que deberá ser utilizado para rellenar el espacio vacío para proteger el componente (como hule espuma y cinta adhesiva), además de los dibujos que explican de forma más clara el proceso.

Asimismo, se describe la forma de embalar los componentes que ya están empacados. Y considera además la información básica para el costo del envío, tal como el peso final con embalaje, el volumen y las medidas.

De esta manera, se espera que al unificar el criterio de embalaje de los componentes, a fin de conseguir las tarifas mínimas de envío, se reducirá de manera significativa el costo de envío de componentes con empresas de mensajería externa, además de que se facilitará la labor de pronosticar el presupuesto futuro.

Cabe mencionar que, a manera de ejemplo, sólo se consideró para realizar la Hoja de Especificación de Empaque y Embarque, al componente con mayor recurrencia de envío durante el año 2007. Por lo que se recomienda que las personas expertas en empaque y embalaje, realicen las Hojas de Especificación para los componentes más recurrentes en el Departamento de Embarques y Taller 21.

4. JIT

Dado que un alto porcentaje de las operaciones del departamento de embarques se concentran en USA, y de éstas, una buena parte se realizan en la costa este, se decidió analizar la propuesta de la implementación de un *Hub* logístico en algún punto de ésta zona, pretendiendo así agilizar las exportaciones e importaciones, reduciendo costos de transporte hacia LAX, y significativamente reduciendo el tiempo en el que los componentes estaban fuera del almacén, aumentando la disponibilidad de dichos componentes.

Debido a que varios de los talleres más importantes para mexicana, por el tipo de unidades que reparan, se encuentran en La Florida, se optó por colocar el *Hub* en este lugar

Se procedió a realizar un análisis de los *freight forwarders* con los que usualmente trabaja la compañía, basado en cotizaciones de costo y tiempo que ellos mismos mandaron, siendo Shencker el que mejores números mostraba.

Para poder implementar este *Hub* logístico, se pretende realizar pruebas piloto con un proveedor que obviamente sea de los que más impacto tiene y que sea rentable como proyecto

para el *carrier*.

Con esta propuesta se pretende reducir el tiempo que los componentes pasan en transporte, por el hecho de que esta es una actividad que no genera ningún valor al servicio dado a dicho componente, aunque si representa una parte muy importante del costo total.

Además, los riesgos que se corren siempre al tener un componente en tránsito, tales como el robo de la unidad, el daño físico por el mal manejo o un accidente, los cuales repercutirían en un costo adicional que no debería existir.

También se espera que la disponibilidad de los componentes en el almacén aumente, derivado de la reducción en el tiempo de transporte, logrando con esto que el componente se tenga justo en el momento en que es requerido por el técnico.

Para el caso del modelo de importaciones europeas y asiáticas, se consideraron 3 factores: tiempo, costo y servicio.

Los motivos sobre tiempo y costo son los mismos por los cuales se desarrolló la propuesta anterior sobre el *Hub* logístico. Obviamente, las cantidades de tiempo y de costos asociados al movimiento de componentes desde Europa o Asia a México son mucho mayores que las de USA, por lo que, teniendo un porcentaje considerable de proveedores de partes en éstas partes del mundo, se optó por tomar ésta responsabilidad del transporte de los componentes, misma que anteriormente se dejaba en manos del mismo proveedor del componente.

Al reparar en el hecho de que el costo por manejar el componente a través de un *freight forwarder* era menor que si se le dejaba al proveedor ésta obligación, se desarrolló éste modelo. Poniendo a concurso a los transportistas para así elegir al mejor en cada ocasión.

Cabe señalar que se realizó el modelo en tres partes, mismas que son las diferentes prioridades que maneja la industria aeronáutica para la requisición de componentes.

Con este modelo se espera una reducción en los tiempos y costos por el transporte de los componentes hacia México, pero, sobre todo, se garantiza que el transportista designado por la empresa proveerá un servicio de excelencia, asegurando tener el componente en el tiempo requerido y en óptimas condiciones.

Lean manufacturing es una filosofía de trabajo que demanda una constancia y disciplina que sólo puede ser mantenida a través de un verdadero ambiente empresarial que permita e incentive

el desarrollo personal y laboral de cada uno de sus integrantes, que fomente el trabajo en equipo y que valore sobre todo el factor humano como sostén de toda la estructura de la empresa y como aportador de ideas que pueden representar la supervivencia de la misma.

Este trabajo de tesis se enfocó en la eliminación de desperdicios en un área específica; cosa que, sin duda, es un importante primer paso para el cambio de mentalidad que se requiere para entrar de lleno en la competencia con las empresas de clase mundial del ramo. Es, sin embargo, insuficiente e incompleta la labor aquí propuesta, al ser necesario un largo proceso de estandarización calendarización de las actividades y sobre todo, poner a prueba métodos, algunos de los cuales fracasarán, otros tendrán éxito, pero todos siendo observados en el área misma donde se pretenden implantar.

Por último, cabe recomendar a las áreas interesadas en seguir el camino hacia la esbeltez, paciencia para la implementación de cualquier herramienta, pues el tiempo de asimilación de las técnicas por parte de los trabajadores es prolongado, aunque una correcta comprensión por parte de los encargados de transmitir las ideas a los demás facilitará esta labor.

Si cada trabajador sabe su lugar en la historia de la empresa y la importancia que tiene su trabajo diario para el éxito en las operaciones de la empresa, no tendría problemas en embarcarse junto con sus jefes en los nuevos proyectos que pudieran presentarse. Más aún, si comprende que el éxito de la empresa significa su propio éxito, lo hará con mayor entusiasmo.

Las técnicas han probado su eficacia en muchas empresas por varios años. Pero ninguna representa por si sola una solución a los problemas de los que adolece cualquier empresa en algún momento de su existencia.

Sólo una óptima sinergia de las herramientas adecuadas para atacar los problemas detectados conducirá a solucionar los problemas de raíz, y no sólo a mitigar los síntomas de la enfermedad real.

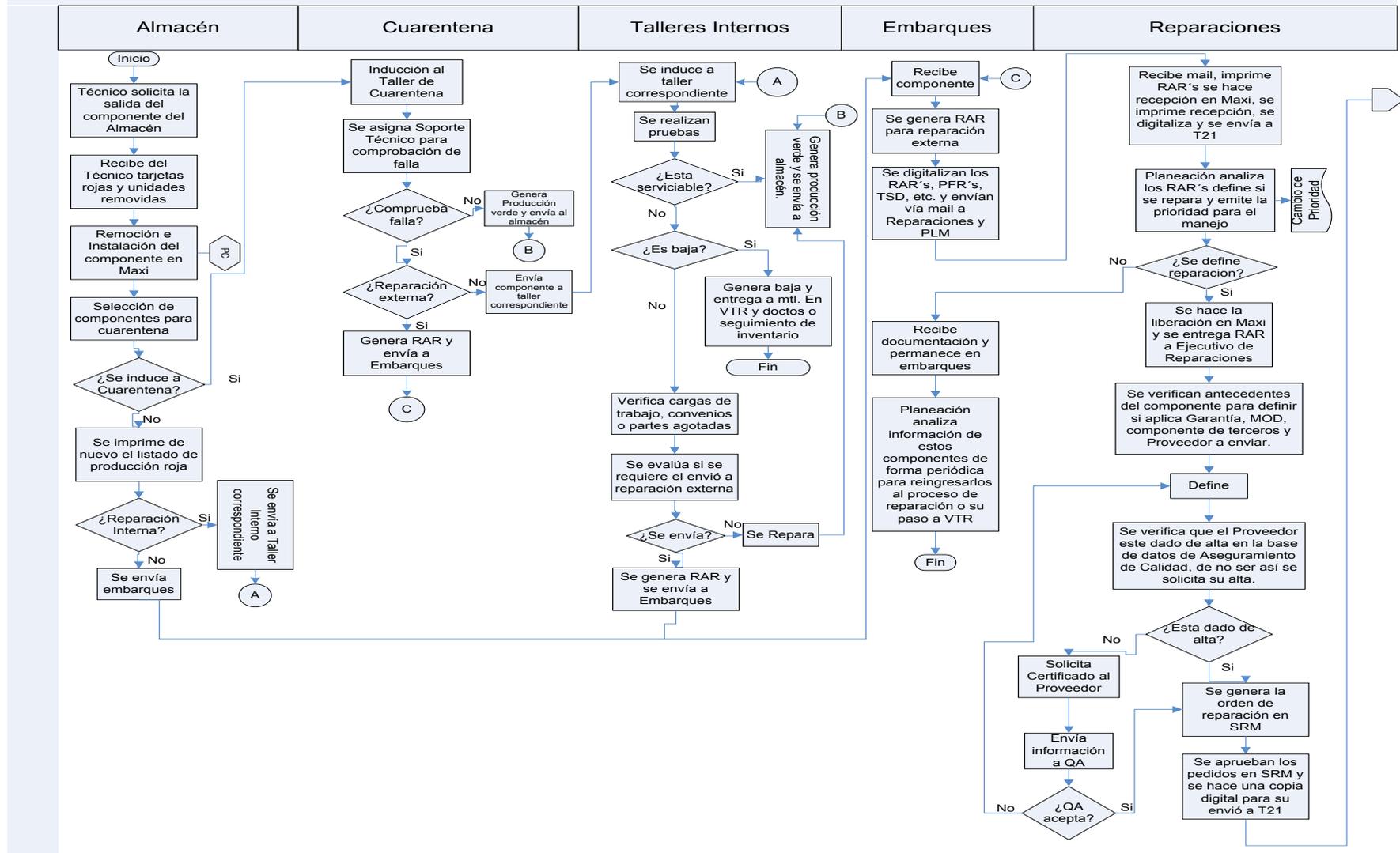
Bibliografía

- Mexicana de Aviación: 85 años volando por México, Enrique Krauze, ED. Clío 2006
- CORIAT Benjamin. Pensar al Revés. Trabajo y Organización de la Empresa Japonesa, editorial Sigo XXI, 1992
- CORIAT Benjamin. El taller y el cronómetro, editorial Siglo XXI, 1988
- OHNO Taiichi. Toyota Production System (Beyond large-Scale Production), editorial Productivity Press, Nueva York, 1988
- K. LIKER Jeffrey. The Toyota Way, editorial McGraw Hill, Nueva York, 2004
- TOKUTARO Suzuki. TPM in process Industries, editorial Productivity Press, Portland Oregon, 1992
- MONDEN Yasuhiro. El Sistema de Producción Toyota, editorial Ediciones Macchi, Buenos Aires Argentina, 1993
- MONDEN Yasuhiro. Toyota production system. An integrated approach to Just-In-Time. 3rd. Edition, Engineering & Management Press. 1998
- E. MEYERS Fred. Motion and Time Study for Lean Manufacturing, editorial Prentice Hall, Nueva Jersey, 1999
- Revista Manufactura, 2008, México.
- RUBRICH Larry & WATSON Madelyn. Implementing World Class Manufacturing. A Bridge to your Manufacturing Survival. Shop Floor Manual. WCM associates. Fort Wayne, Indiana, 1998.
- PERAÑA BRAND Jaime. Dirección y Gestión de Proyectos, editorial Diaz de Santos SA, segunda edición, 1996.
- S.BLANCHARD Benjamin. Logistics Engineering and Management, editorial Pearson Prentice Hall, USA, 2004.
- T. LUBBEN Richard. Jus in time an aggressive manufacturing strategy, editorial MCGraw-Hill, primera edición, USA, 1988.
- SHINGO Shigeo. A study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering viewpoint, editorial Productivity Press, USA, 1981.
- SOCCONINI Luis y BARRANTES MARCO. El proceso de las 5's en Acción, editorial Grupo Norma, 2004.
- *Lean* En México. Texto tomado de Sistema de Información Empresarial Mexicano www.canacindra.com.mx
- ISHIKAWA Kaouro. Introducción al Control de la Calidad, editorial Díaz de Santos SA, 1994.
- http://www.ingenieria_industrial/manufacturaesbelta

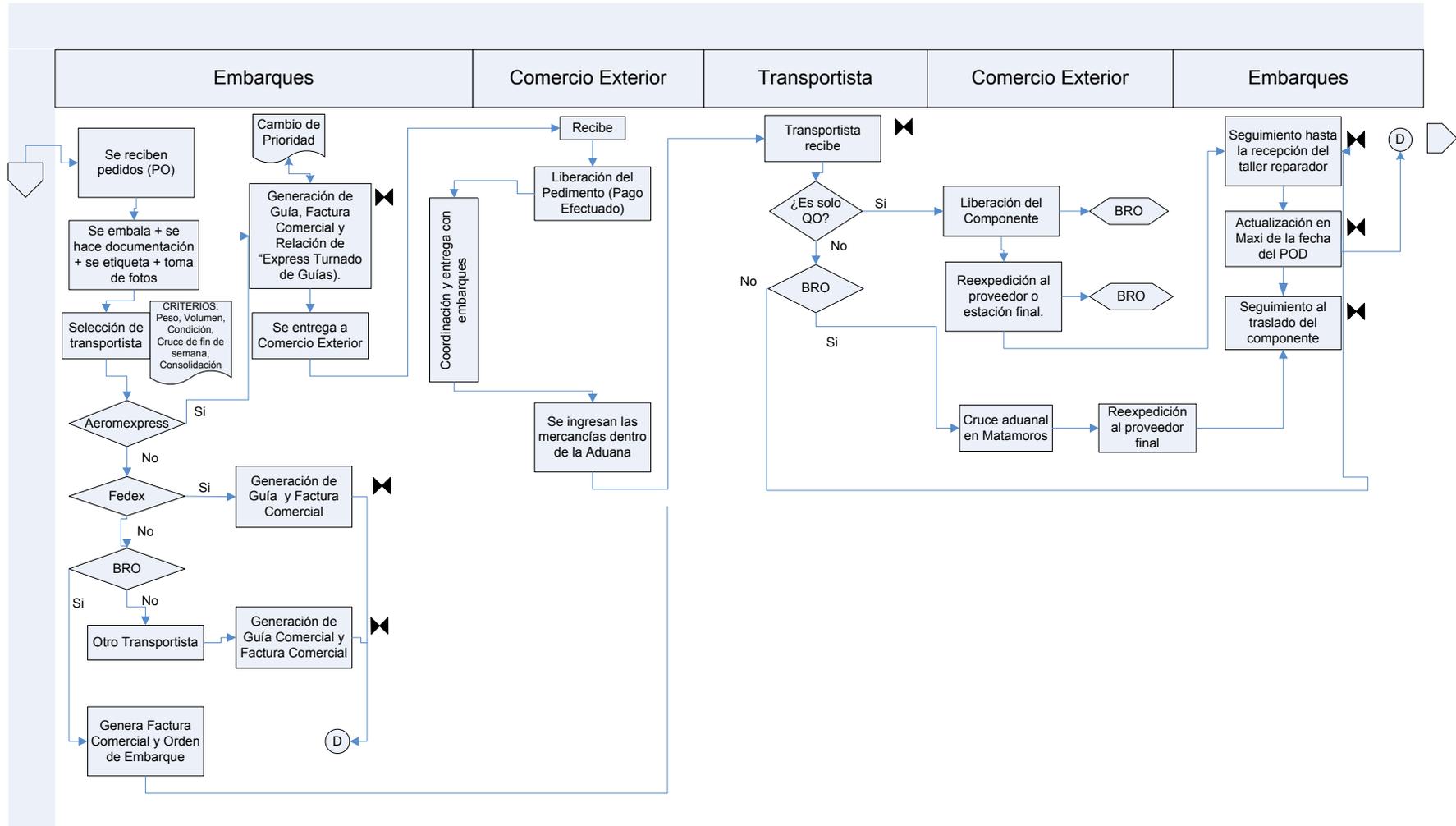
Anexos

Anexo A. Diagrama de envío taller externo.

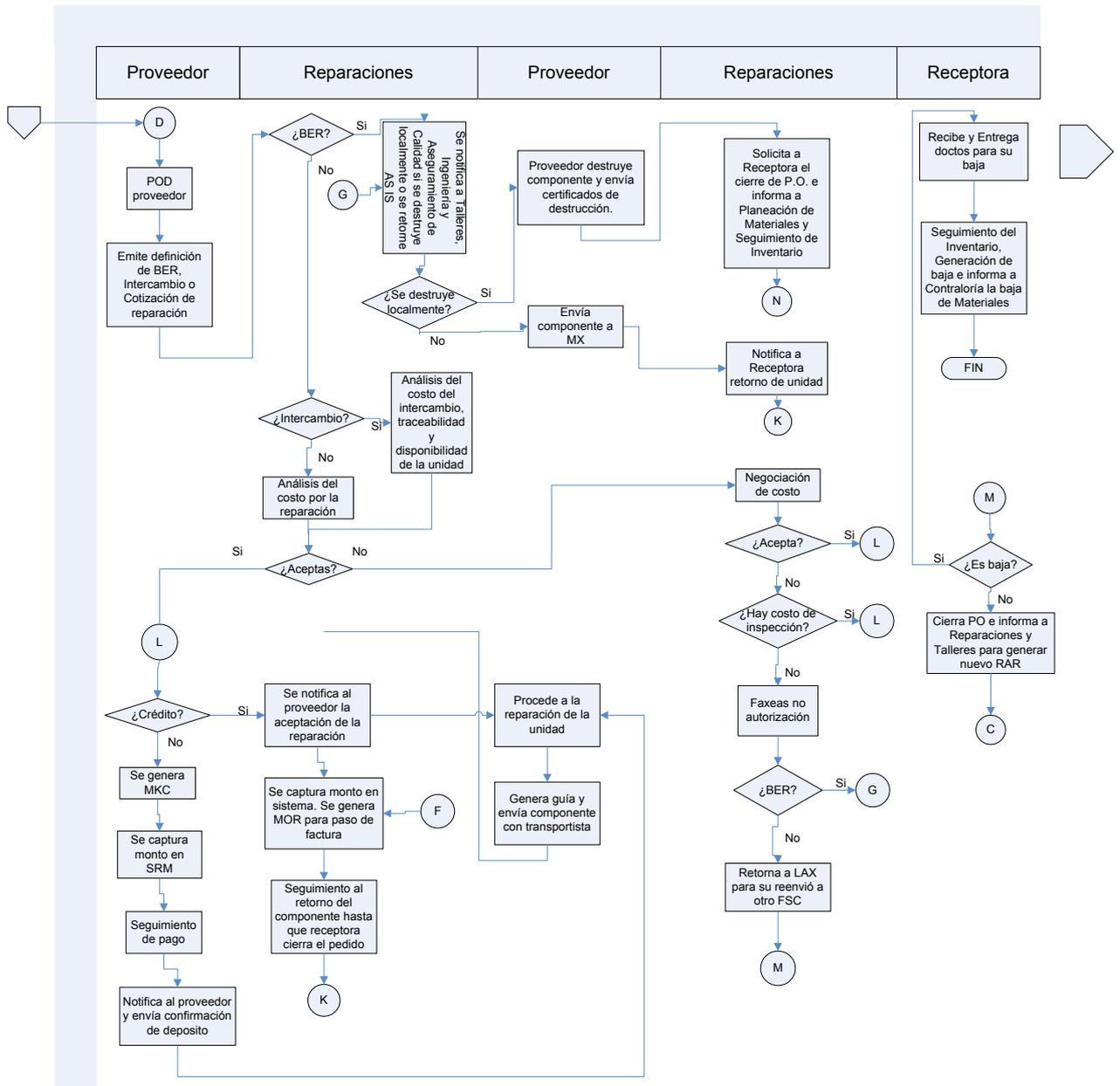
PROCESO DE ENVIÓ A TALLER EXTERNO



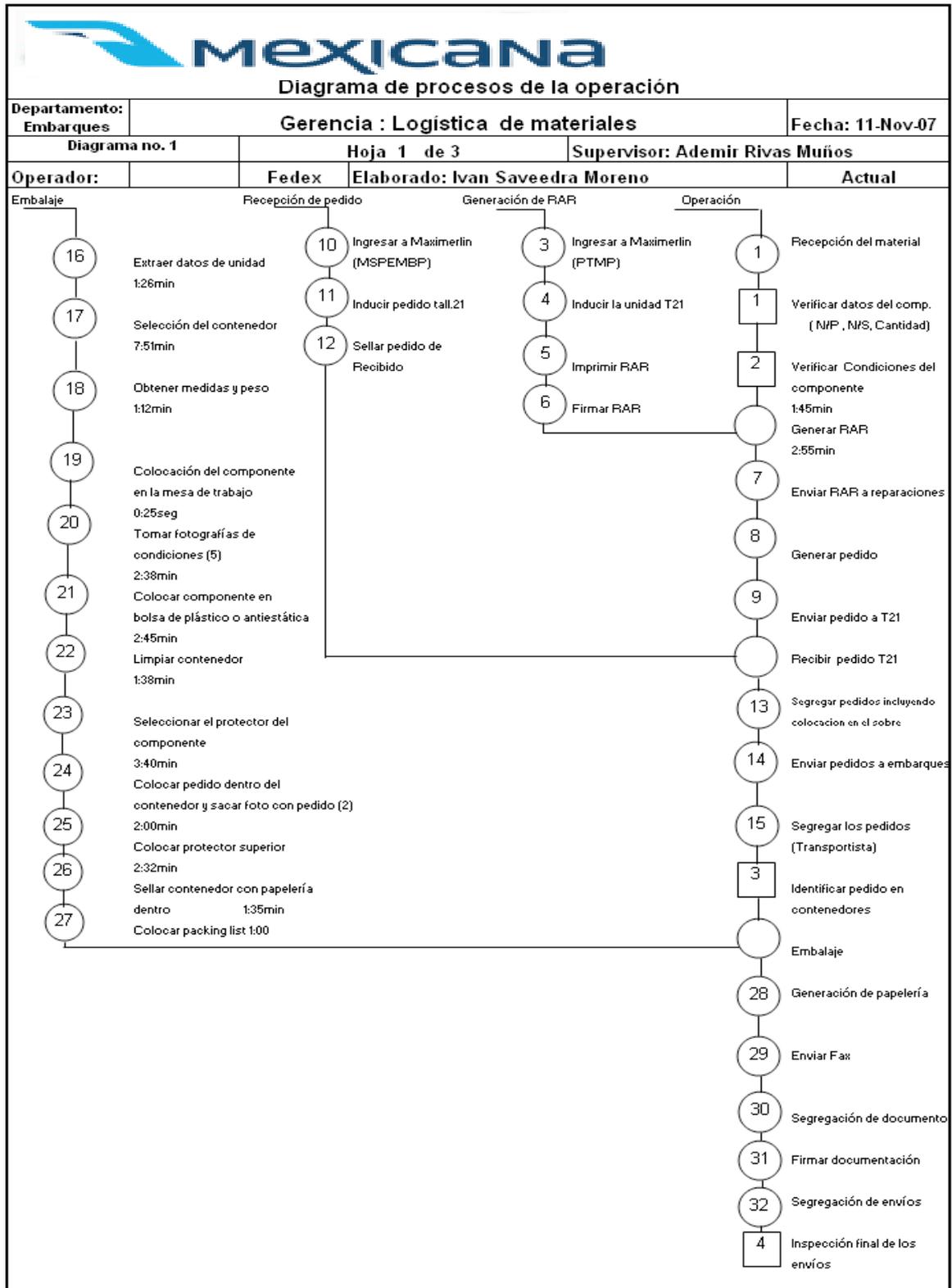
Anexo A. Continuación



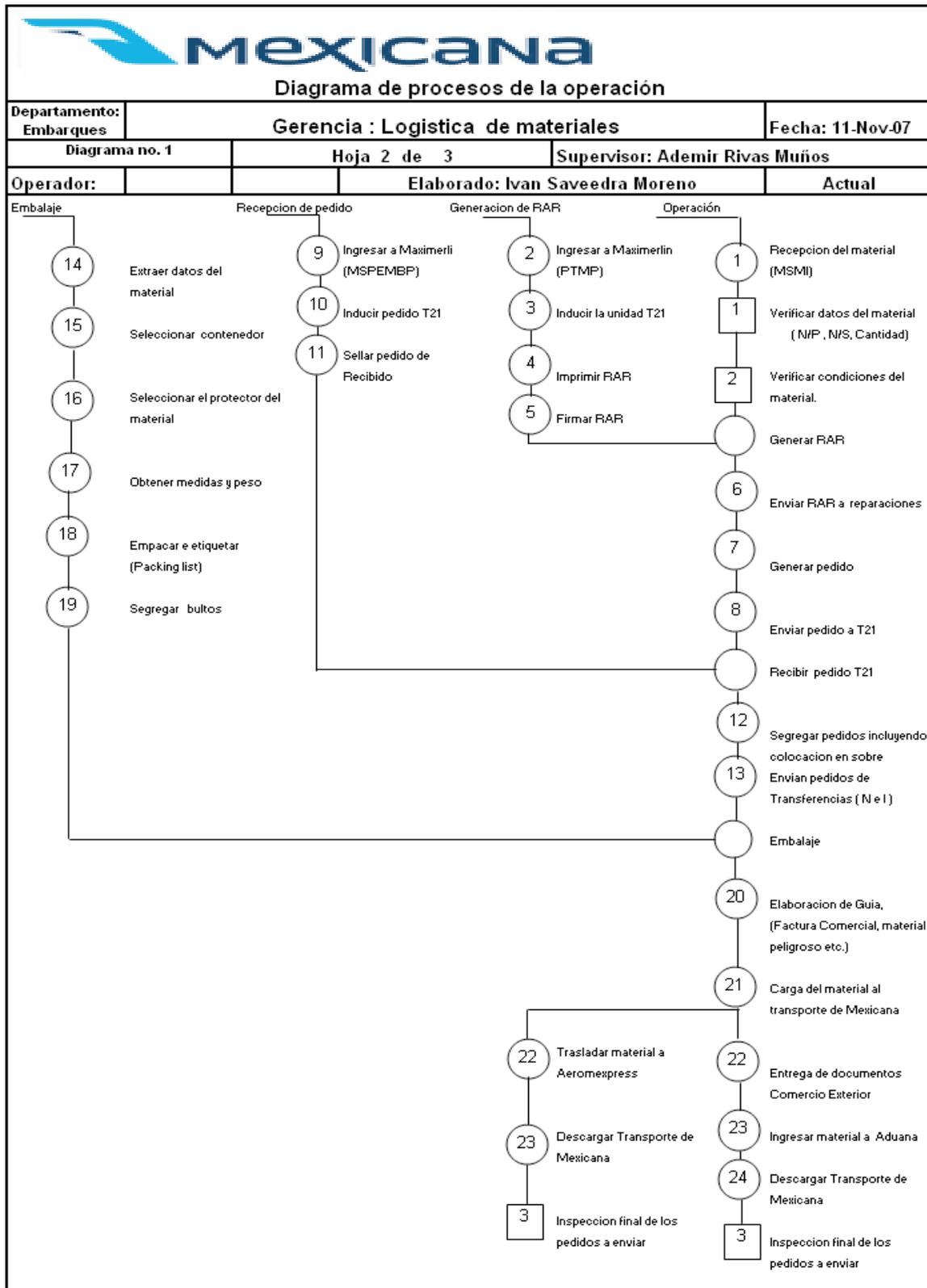
Anexo A. Continuación



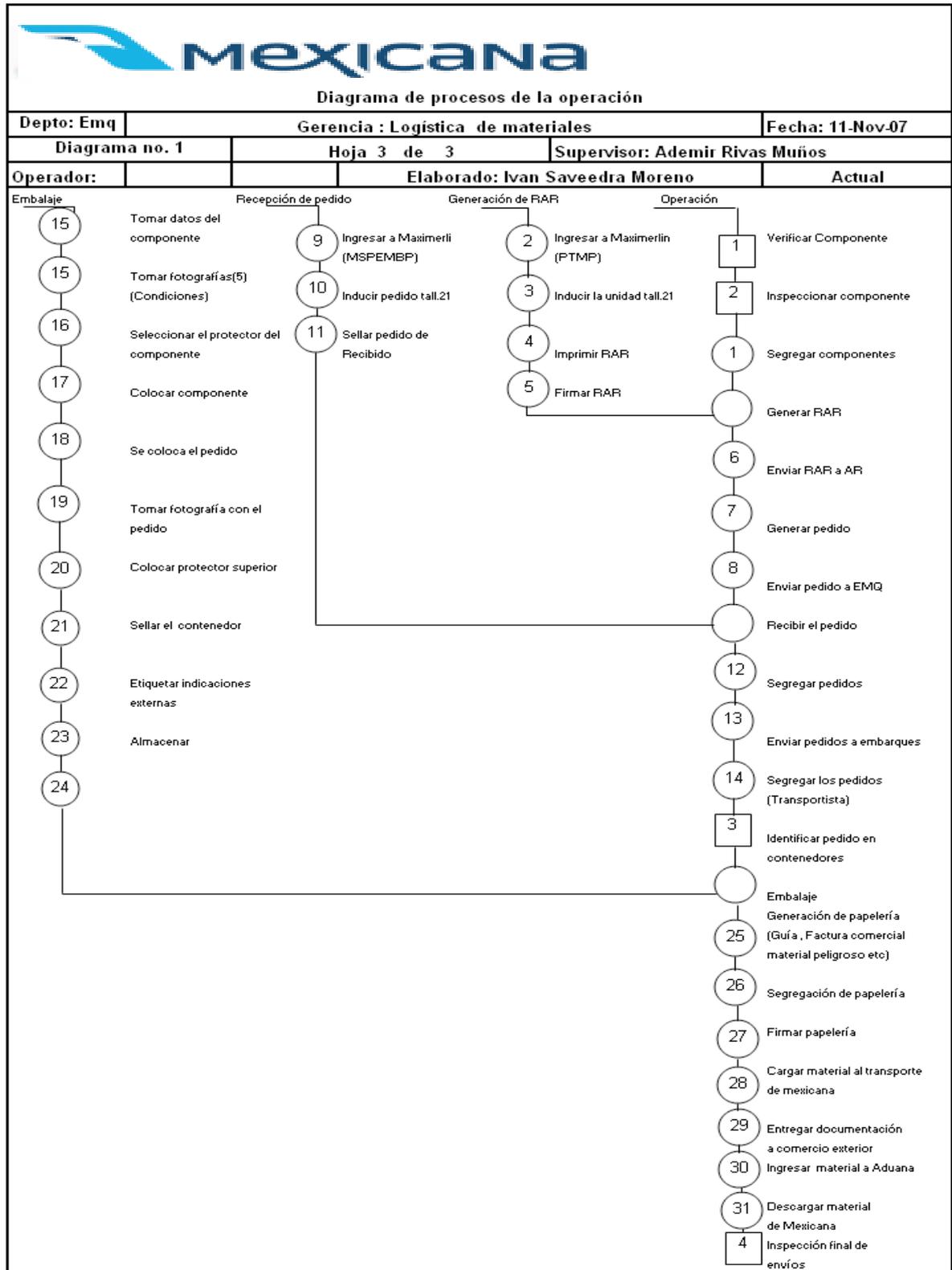
Anexo B. Diagrama del Proceso de la Operación del Dpto. de Embarques y Taller 21



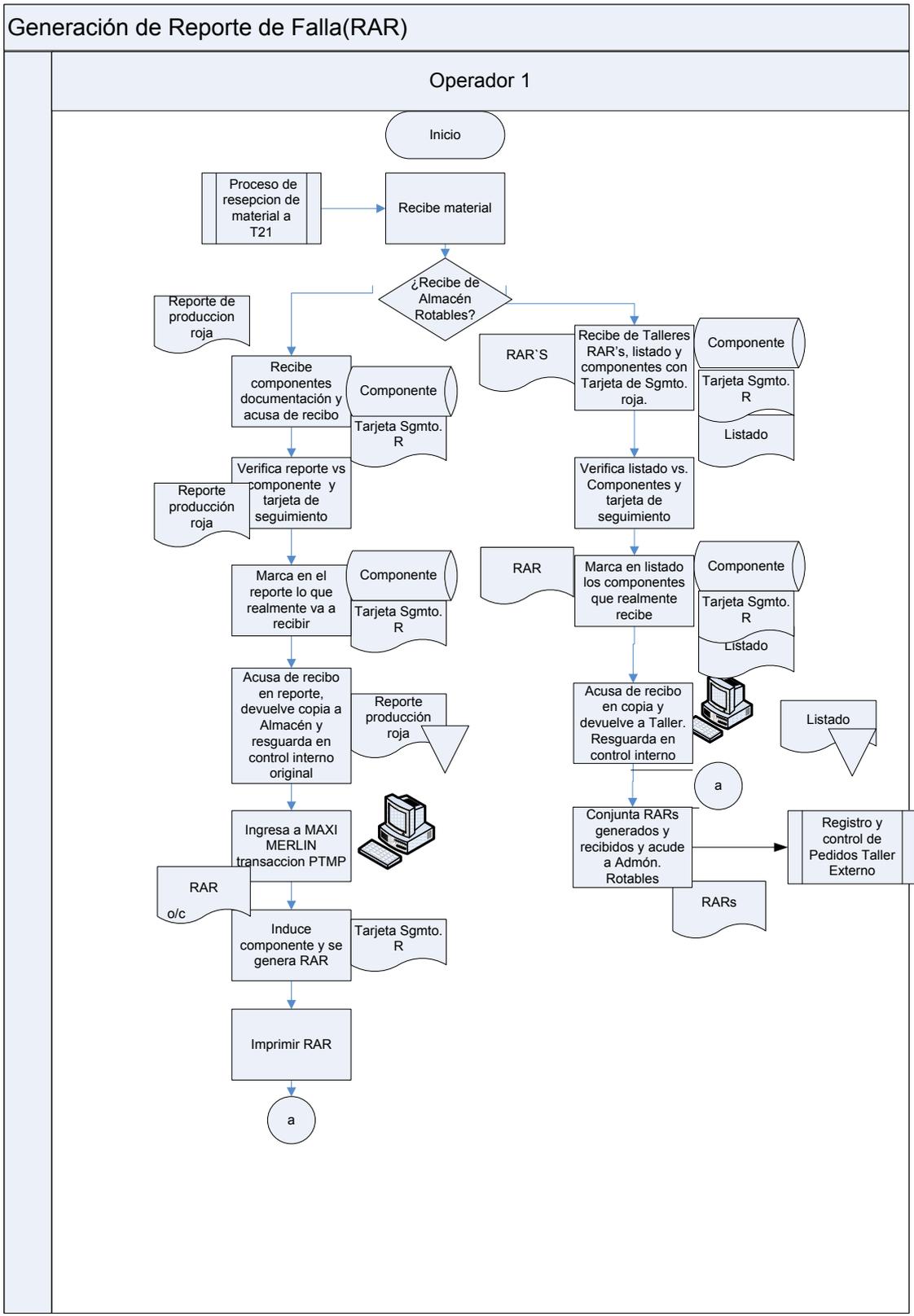
Anexo B. Continuación



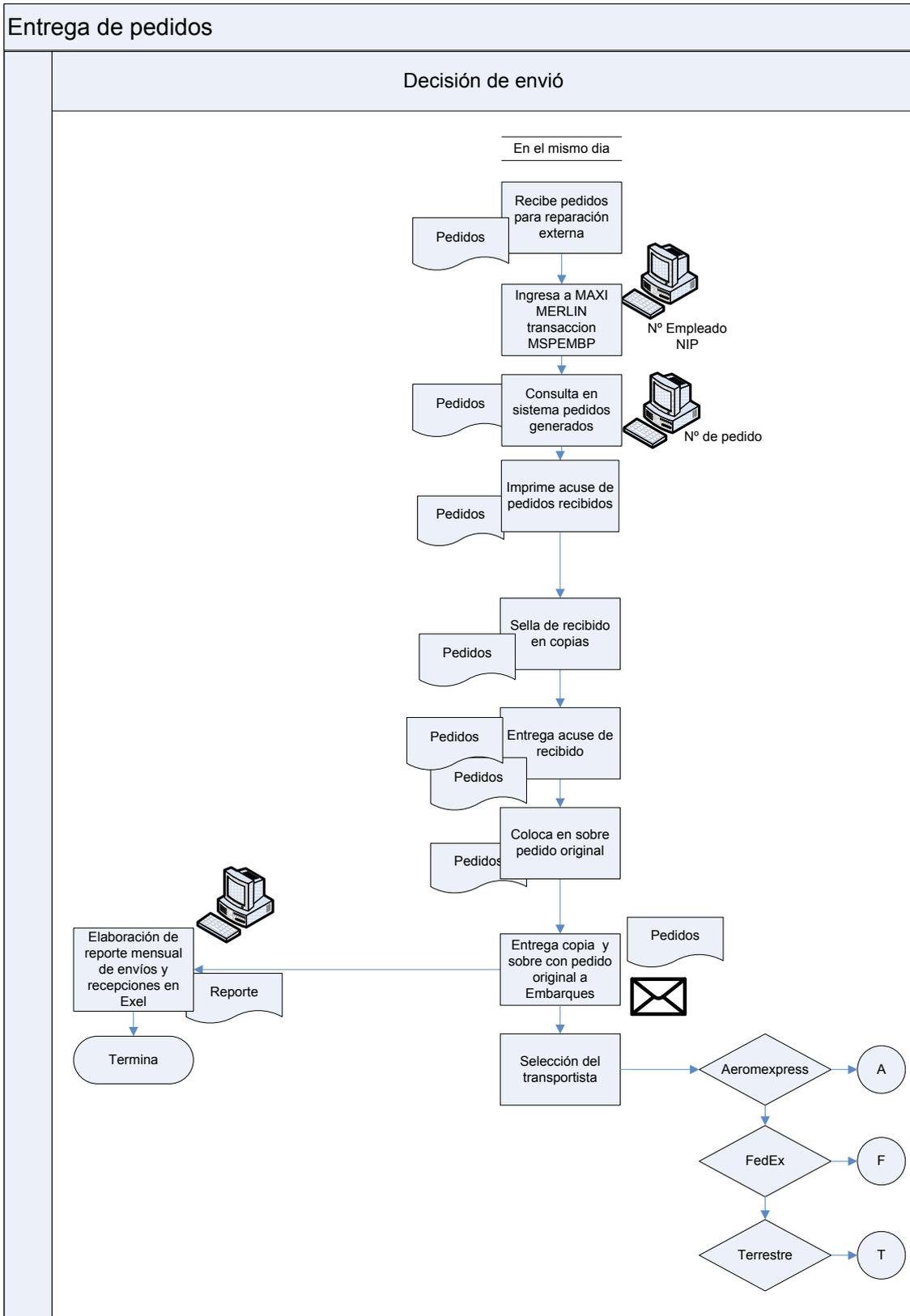
Anexo B. Continuación



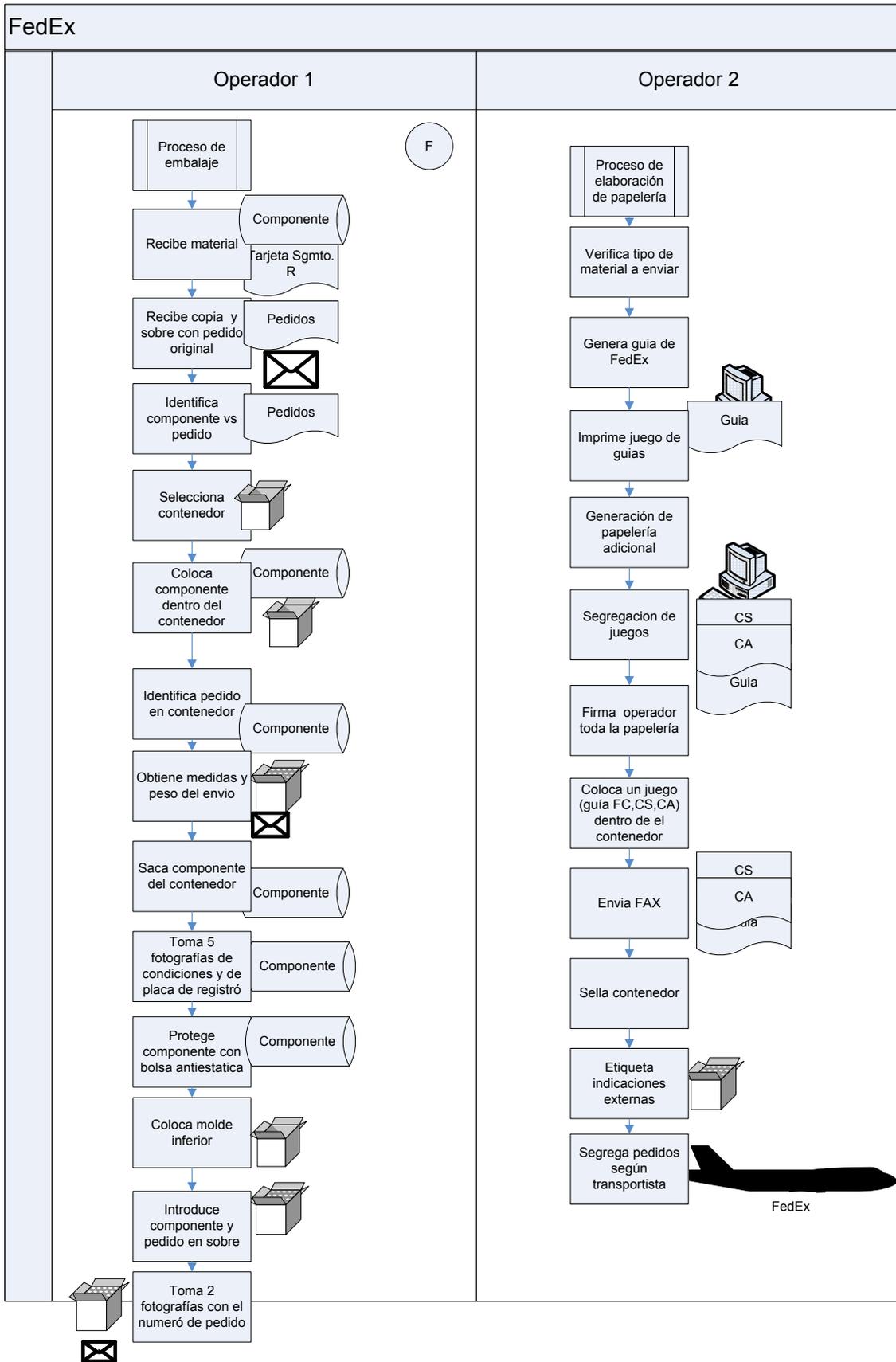
Anexo B. Continuación



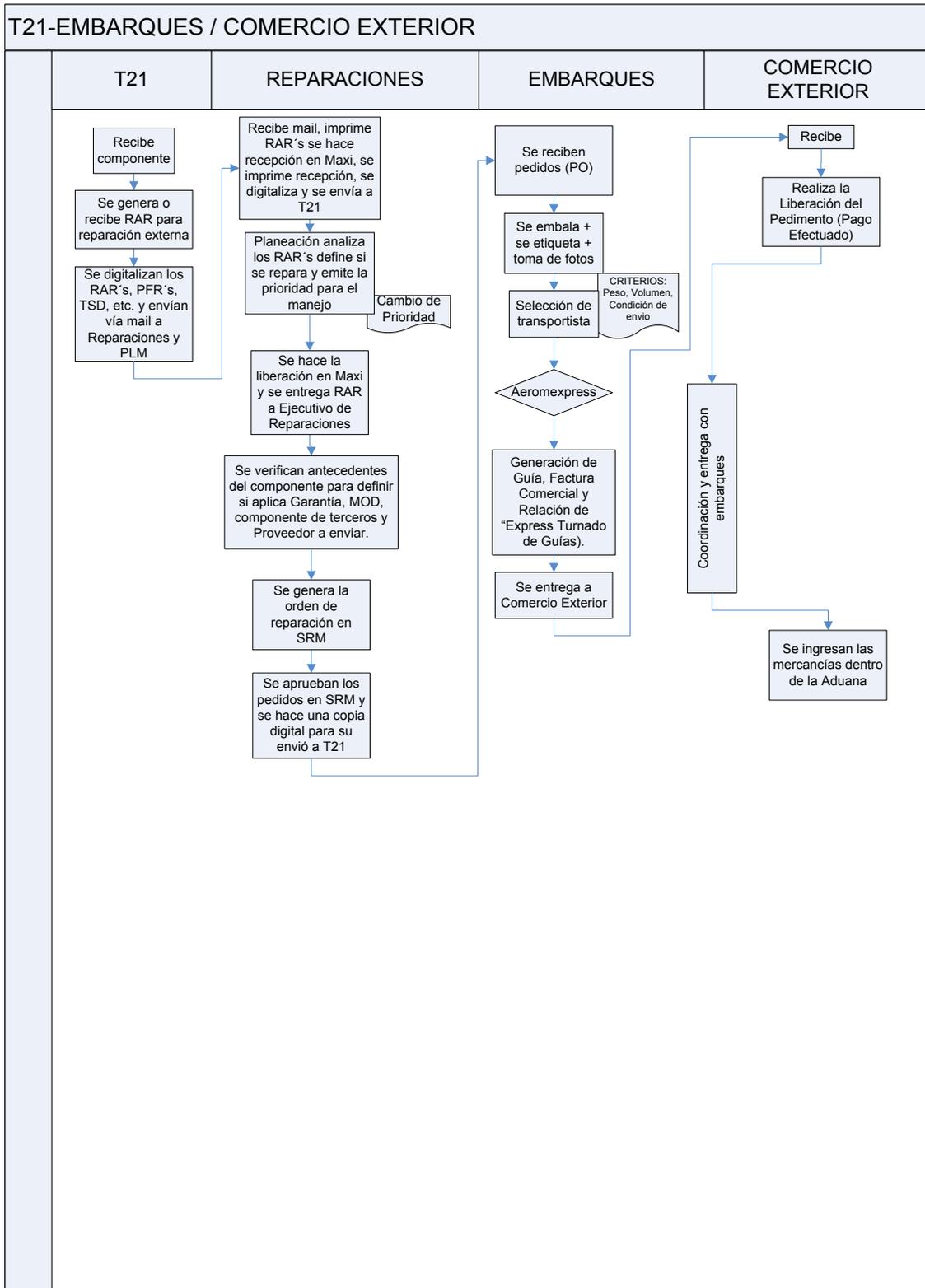
Anexo B. Continuación



Anexo B. Continuación



Anexo B. Continuación.



Anexo C. Extracción del Manual de la Asociación del Transporte Aéreo Internacional (IATA).

Embalaje de partes reparables.

Proveer los requerimientos para las partes reparadas que son almacenadas individualmente en contenedores re-usables de acuerdo a las especificaciones.

Aplicación de los estándares.

Todos los artículos son removidos de los aviones y re-almacenados en una condición completamente servicable y teniendo el soporte del *Overhaul Manual* (OCM) con la lista recomendada de partes o con *Component Maintenance Manual* (CMM) será colocado en un empaque re-usable de la aereolínea. Estos puntos son especificados por que es necesario proteger la pieza durante su estancia en el almacén, transportación, etc. hasta el momento de la instalación y la pieza repita su ciclo de vida.

Para el propósito de esta especificación, los contenedores re-usables son diseñados de la siguiente forma:

Categoría I. Re-usable para un mínimo de 100 viajes.

Categoría II. Re-usable para un mínimo de 10 viajes.

Categoría III. Re-usable para un mínimo de 1 viaje.

Esta clasificación depende del tipo de material usado en la construcción del material y a las pruebas realizadas al mismo.

Cuando sea impráctico mandar componentes muy pequeños en un contenedor, éstos podrán ser enviados o empacados como una sola unidad en un consolidado.

Artículos separados y embalados individualmente deben ser consolidados en un sólo empaque o en múltiples empaques.

Las consideraciones especiales de embalaje, manejo, etc. deberán ser dadas por el fabricante. Esta información deberá contener si el material es sensible a las descargas eléctricas, a los campos electromagnéticos y todo aquello que pos su naturaleza puede dañar la integridad del componente.

El fabricante deberá publicar el tamaño (longitud, ancho, etc.) y un esquema a detalle del componente. El fabricante deberá de proporcionar todas las características en todas las unidades.

Los componentes se encontrarán embalados en un contenedor categoría I solamente por petición del cliente. El vendedor de un componente reparable deberá empacar los componentes en un contenedor categoría II.

Los contenedores re-usables de la compañía, los cuales son recibidos por el proveedor con equipo para ser instalado en el avión deben ser regresados en el contenedor de la aereolínea.

Los proveedores que reciban componentes enviados por la aereolínea, en contenedores categoría I y categoría II podrían ser reutilizados por el proveedor para regresar los componentes reparados a la aereolínea, a menos de que el contenedor se encuentre en malas condiciones y ya no pueda proteger el componente.

Requerimientos especiales de empaque.

Vida e instrucciones de almacenamiento.

El fabricante de una unidad o componente establecerá e informará al cliente, de la vida de almacenamiento del componente y de las instrucciones de almacenamiento para cada tipo de producto. Artículos sujetos a deterioros anormales, corrosión o reacciones químicas durante el almacenamiento por líquidos, vapores, gases o polvos deberán ser empacados en contenedores los cuales neutralicen el efecto de los agentes dañinos y no tengan efectos tóxicos.

Campos magnéticos.

Componentes que generan campos magnéticos deben ser empacados y propiamente espaciados en materiales blindados que resguarden en su contenedor el campo magnético y no afecten cualquier otro componente que se encuentre almacenado cerca de este tipo de partes.

Si existen materiales los cuales son sensibles a los campos magnéticos, el contenedor debe estar protegido con una rejilla protectora (blindaje) de fuente generadoras de campos magnéticos.

Materiales delicados.

Componentes los cuales pueden ser dañados por golpes o vibraciones durante la transportación deberán contar con su respectiva documentación por arte del fabricante que identifique al material como "FRAGIL". La documentación deberá contener el nivel de fuerzas G y la aceleración que puede soportar el componente.

Cuando algún fluido como combustible o fluido hidráulico estén presentes en una parte del avión, el contenedor o empaque debe ser capaz de contener la cantidad de fluido en caso de

fugas. Los fluidos que sean considerados como peligrosos que apliquen en las regulaciones del “*Dangerous Goods*” deberán contar con la documentación de ésta.

El material de amortiguamiento del contenedor que es permanentemente anexo al contenedor no debe ser capaz de absorber el fluido.

Embalaje de materiales peligrosos.

Identificar los documentos regulatorios aplicables a cada gobierno en el transporte comercial acerca de los materiales y sustancias peligrosas.

Clasificación de las sustancias peligrosas.

Los materiales peligrosos se definen como aquellos que satisfacen los criterios de una o más de las nueve clases de riesgo de las Naciones Unidas cuando corresponda, a uno de los tres grupos de embalaje de las Naciones Unidas de conformidad con los requerimientos de esta sección. Las nueve clases se refieren al tipo de riesgo, mientras que los grupos de embalaje se refieren al grado de peligro dentro de la clase.

Los desechos deberían transportarse bajo los requisitos de la Clase apropiada considerando sus riesgos y los criterios de esta reglamentación. Los desechos que no estén incluidos en esta reglamentación pero incluidos en el *Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal* (Convención de Basilea sobre el control del movimiento fronterizo de Desechos peligrosos y su eliminación), pueden ser transportados como Clase 9.

Clase de riesgo.

Algunas clases de riesgo se subdividen, además en divisiones de riesgo, debido al amplio alcance de la clase. Las nueve clases de riesgos y sus divisiones se relacionan a continuación. El orden en que están numeradas las clases por conveniencia y no implica un grado relativo de riesgo.

Clase 1. Explosivos.

Clase 1.1. Artículos y sustancias que tienen un riesgo de explosión masiva.

Clase 1.2. Artículos y sustancias que tienen un riesgo de proyección, pero no de explosión masiva.

Clase 1.3. Artículos y sustancias que tienen un riesgo de incendio, un riesgo de que se produzcan pequeños efectos de onda explosiva y/o un pequeño riesgo de proyección, pero no un riesgo de explosión masiva.

Clase 1.4. Artículos y sustancias que no representan ningún riesgo considerable.

Clase 1.5. Sustancias muy sensibles que tienen un riesgo de explosión masiva

Clase 1.6. Artículos extremadamente insensibles que no tienen un riesgo de explosión masiva.

Clase 2. Gas.

División 2.1. Gas inflamable.

División 2.2. Gas no inflamable, no tóxico.

Clase 3. Líquido inflamable

Esta clase no tiene subdivisiones

Clase 4. Sólidos inflamables.

División 4.1. Sólidos inflamables.

División 4.2. Sustancias propensas a combustión espontánea.

División 4.3. Sustancias que en contacto con el agua, emiten gases inflamables.

Clase 5. Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos.

División 5.1. Comburentes (oxidantes)

División 5.2. Peróxidos orgánicos.

Clase 6. Sustancias tóxicas e infecciosas.

División 6.1. Sustancias tóxicas.

División 6.2. Sustancias infecciosas.

Clase 7. Material radiactivo.

Esta clase no tiene divisiones.

Clase 8. Corrosivos.

Esta clase no tiene divisiones.

Clase 9. Mercancías peligrosas diversas.

Esta clase no tiene divisiones.

Anexo D. Pasos para el Mapeo de la Cadena de Valor.

1. Escoger el área e identificar los límites. Siempre se deberá cubrir mejor el recorrido entero del flujo de puerta a puerta pero es posible que haya áreas afectando indirectamente el flujo que se creen fuera del alcance de este ejercicio de mapear. La claridad del alcance es esencial en el comienzo.

2. Considerar no sólo el flujo de materiales sino también el flujo de información necesaria para permitir el flujo del material.

3. Caminar por la cadena al revés para obtener un expediente de la vista general del proceso. Identificar los pasos principales, regresar con cronómetro y trazar el proceso más detallado.

4. Tomar nota del recorrido, comenzando en la izquierda del papel con el punto de partida, y avanzar al punto final en el lado derecho del papel.

5. Cada proceso en el recorrido se anota como una "caja de proceso", por ejemplo: La caja del proceso indica un proceso de la cadena "los flujos por". Cada proceso diferente en la cadena es cubierto por una caja. Una caja particular del proceso para cuando el flujo deja de fluir por ese proceso y aguarda la próxima etapa.

6. Los pasos individuales del proceso en el flujo de la cadena se unen de izquierda a derecha. En ocasiones existen varios senderos que pueden convergir en varios puntos.

7. Reunir los datos que son importantes para determinar lo que en el mapa de estado futuro se reflejará. Esto incluirá los datos que se han medido en este paso particular del proceso. La decisión de cuáles datos reunir dependerán del proceso particular que está siendo investigado.

8. Determinar qué datos reunir en cada paso. Los ejemplos siguientes proporcionan algunas medidas útiles comunes de sistema que pueden ser aplicadas fácil y cuidadosamente.

a. El tiempo del ciclo (C.T.). Tiempo requerido para completar un ciclo de una operación. Se busca igualar al "*takt time*" para poder tener "flujo de una sola pieza", es decir, es el tiempo que pasa entre una persona que termina un proceso y a la próxima persona que terminan.

b. El tiempo del valor agregado (VA). El tiempo que agrega realmente el valor a la Cadena de Valor.

- c. El tiempo de cambio de modelo. El tiempo tomado para cambiar un tipo del proceso a otro.
- d. El número de personas (NP). El número de personas requeridas a emprender un proceso particular.
- e. Trabajar Disponible tiempo (EN). El tiempo de trabajo disponible del personal.
- f. El plazo de espera (LT). El tiempo que lo toma al flujo mover completamente por una corriente de proceso o valor. Se deben determinar qué datos reunir y reunir el mismo conjunto de datos en cada paso del proceso. La medida del tiempo debe estar en **segundos**.

9. En la parte izquierda de cada proceso esta un triángulo en el que muestra el número de materiales o productos que esperan el próximo proceso, y el tiempo que lo toma para procesar cada material o producto.

10. Al tener el flujo de la cadena y los datos registrados en cada paso, se debe agregar en el flujo de información. Esto se muestra encima de la senda con flechas. Las flechas rectas para la información de papel y flechas de relámpago para la información electrónica de la siguiente manera: en cada paso en el flujo es necesario considerar qué información es proporcionada a ese paso, de donde viene y en qué forma.

11. La parte final del mapeo es la adición de una línea de tiempo en el pie de página. Bajo cada proceso (tiempo tomado para completarlo) sobre el valor que agrega tiempo en ese proceso. Este entonces puede ser sumado en el lado derecho de la página para determinar el plazo de espera completo para el flujo en el mapa, y el valor completo que no agrega tiempo.

12. Se deben tener identificados todos los pasos del proceso en flujo y los números que esperan en cada paso, la fuente y el flujo de información a cada paso, si los pasos se empujan o son tirados, y finalmente son determinados el tiempo del plazo de espera y el valor para cada paso y el proceso entero.

Tips del Mapeo

- Tomar la información del estado actual mientras se camina a través del flujo de material e información.
- Empezar con una caminata rápida a toda la Cadena de Valor "puerta a puerta".
- Empezar en el área de embarque y de allí hacia atrás en el proceso.
- Llevar un cronómetro y no confiarse en los tiempos estándar.
- Mapear la Cadena de Valor completa, siempre dibujando a mano y con lápiz.

Anexo E. Procedimiento para preparar la ruta estándar de operaciones.

1.- El ciclo de fabricación se dibuja mediante una línea roja en la dirección de la coordenada de tiempo de la ficha.

2.- Habrá que determinar por anticipado el tipo aproximado de procesos que un trabajador puede manejar. El tiempo total de operaciones, que será aproximadamente igual al ciclo de fabricación señalado en rojo, se computará utilizando la ficha de capacidad de producción (Figura A), debiendo concederse tiempos suplementarios para trasladarse de unas máquinas a otras, lo que se medirá mediante cronómetro y se registrará adecuadamente.

3.- Los tiempos de operación manual y el tiempo-máquina correspondientes a la primera máquina, se expresan en primer lugar tomando los datos de la ficha de capacidad de producción para la pieza en cuestión.

4.- Seguidamente habrá que determinar la segunda operación del trabajador. Debe recordarse que el orden del proceso no es necesariamente idéntico a la ruta de operaciones. Además, en esta fase deberán tenerse en cuenta los traslados entre máquinas, el punto en que se verifica el control de calidad, y las precauciones específicas a adoptar por razones de seguridad. Si resulta necesario algún tiempo de movimiento entre máquinas, se representa en la ficha mediante una línea ondulada que va desde el punto final del tiempo de operación manual precedente al comienzo del siguiente tiempo de operación manual.

5.- Las fases 3 y 4 se repetirán hasta finalizar con el conjunto de la ruta de operaciones. Una vez concluidas dichas fases, si la línea de puntos del tiempo de proceso de la máquina llega hasta la línea continua de la próxima operación manual, la secuencia de operaciones no es factible y habrá que elegir alguna otra.

6.- Puesto que la ruta de operaciones se articula para cubrir la totalidad de los procesos establecidos en la fase 2, la ruta debe haberse completado en el momento de inicio del siguiente ciclo. Si se precisa tiempo de traslado, se dibujará la correspondiente línea ondulada.

7.- Si el punto final coincide con la línea roja del ciclo de tiempo, la ruta de operaciones corresponde a una combinación adecuada. Si la operación final termina antes de la línea del ciclo de tiempo se habrá de considerar si se pueden añadir más operaciones. Si la operación final sobrepasa la línea del ciclo de tiempo, habrá que pensar en reducir lo que sobre, lo que podrá conseguirse mejorando algunas operaciones del trabajador.

8.- Finalmente, el supervisor deberá intentar ejecutar la ruta estándar de operaciones final. Si lo consigue de modo confortable dentro del ciclo de fabricación, la ruta podrá enseñarse a los trabajadores.

La asignación de las diversas operaciones entre los trabajadores debe ser tal que cada uno de los operarios pueda concluir las operaciones que le hayan sido asignadas dentro del ciclo de fabricación especificado. También la distribución en planta de los procesos debe ser tal que cada trabajador tenga el mismo ciclo, de modo que pueda realizarse el equilibrado de la línea de producción entre los diferentes procesos.

Si hay demasiado tiempo de espera al final de la ruta de las operaciones podrá instrumentarse un doble ciclo de fabricación para llevar a cabo de modo simultáneo operaciones por parte de dos o tres trabajadores sujetos a la misma ruta de operaciones, lo que ayudará a eliminar los tiempos muertos en el ciclo de tiempo. Por otra parte, mediante una mejora de operaciones del proceso en cuestión, podría introducirse en el ciclo una operación más.

FICHA DE CAPACIDAD DE PRODUCCION			ITEM N°						DENOMINACION		CANTIDAD NECESARIA AL DIA	NOMBRE DEL OPERARIO
Orden de procesos	Operaciones	Maquina n°	Tiempo Base						Cambio de Herramienta		Capacidad de produccion (960 min.)	Referencias Operación manual _____ Proceso Mecanizado
			Manual		Maquina		De Ejecucion por Unidad		Unidades por cambio	Tiempo de cambio		
			min.	seg.	min.	seg.	min.	seg.			units.	
1	Taladrar centro	CD-300		7	1	20	1	27	80	1'00''	655	
2	Chafanar	KA-350		9	1	35	1	44	20	30''	549	
									50	30''		
3	Escariar	KB-400		9	1	25	1	34	20	30''	606	
									40	30''		
4	Escariar	KC-450		10	1	18	1	28	20	30''	643	

Figura A. Ficha de capacidad de producción.

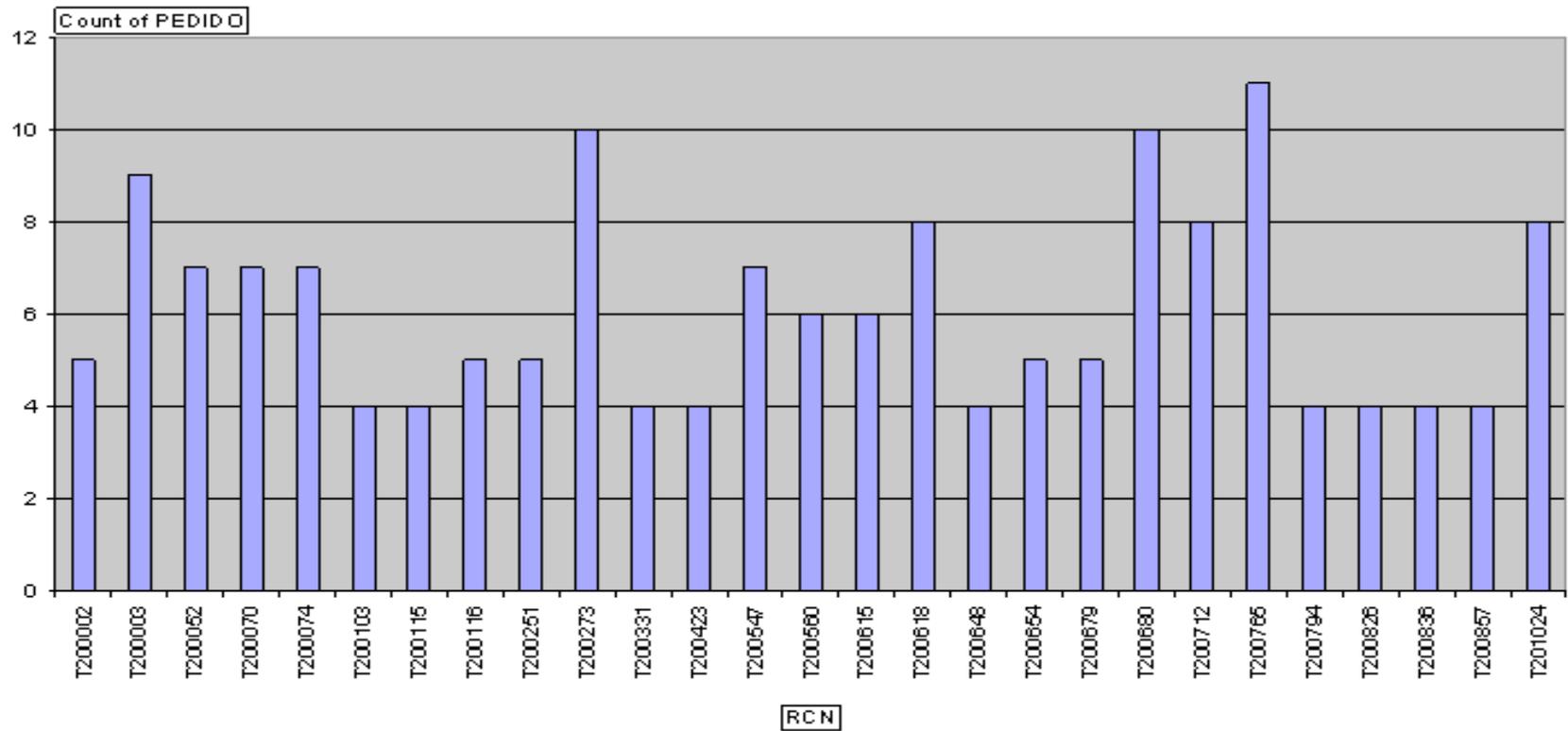
Anexo F. Evaluación de las herramientas de *Lean Manufacturing* aplicadas al Departamento de Embarques y Taller 21.

Herramientas de Lean Manufacturing	Distribución de Planta			5s			TPM			Kaizen			A pruebas de Errores			Kanban			Justo a tiempo			Estandarización de Operaciones			Cambio rápido de herramientas		
Problema	Optimizar el área de trabajo (Células administrativas)	Determinar la distribución de planta que permita el flujo óptimo de información.	Determinar la polivalencia de los espacios mediante abojphis.	Áreas de trabajo limpias y libres de estorbos.	Organizar, ordenar, limpiar, estandarizar y mejorar Base para cualquier implementación de Lean	Optimizar el uso de las máquinas y herramientas en el trabajo.	Determinar un plan estandarizado de Mantenimiento preventivo y predictivo.	Conservar el buen funcionamiento de las máquinas y herramientas.	Mejora continua, aunque sea mínima.	Políticas, reglas, directrices, procedimientos y disciplina.	Técnicas de Control Total de Calidad.	Mecanismos para la detección de errores.	Retroalimentación y acción correctiva.	Tipificación de errores.	Información de producción (qué, cuánto, a través de qué, cómo transportarlo)	Eliminación de la sobreproducción.	Flexibilidad en la calendarización de la producción y la producción en sí.	Mejorar la relación con los proveedores.	Eliminación de desperdicios (incluye desperdicios por inventarios)	Mejorar los procesos, "bien a la primera"	Utilizar el mínimo de Mano de obra.	Trabajo eficiente.	Número mínimo de unidades necesario para las operaciones estandarizadas a	Utilización total del tiempo máquina, al reducir el tiempo de preparación.	Mayor productividad por trabajador.	Adaptación y flexibilidad a los cambios de producción.	
1	3	5	4	0	1	5	0	0	0	3	2	0	0	4	0	5	0	4	3	2	4	0	5	0	0	0	0
2	4	5	3	3	5	4	0	0	0	5	2	0	0	4	0	2	0	4	3	2	4	5	0	0	0	0	0
3	3	1	0	5	5	5	2	0	2	5	1	0	0	2	2	0	0	0	0	4	0	5	0	0	0	0	0
4	4	2	0	4	3	5	4	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	5	0	0	0	4	0
5	4	0	0	5	5	5	4	0	0	5	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	5	0	0	0	4	0
6	3	2	0	5	5	5	4	0	1	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	5	0	0	0	3	0
7	4	5	5	0	0	5	0	0	0	5	3	0	0	4	0	3	0	4	5	0	4	0	5	0	0	2	0
8	4	5	5	0	0	5	0	0	0	5	3	0	0	4	0	3	0	4	5	0	4	0	5	0	0	2	0
9	4	5	5	0	0	5	0	0	0	5	3	0	0	4	0	3	0	4	5	0	4	0	5	0	0	2	0
10	2	5	5	0	0	5	0	0	0	5	4	0	0	0	0	5	0	5	3	0	4	0	5	0	0	5	0
11	2	5	5	3	4	5	0	0	0	5	3	0	4	4	2	0	0	0	5	5	0	5	0	0	0	5	0
12	5	5	5	5	5	5	2	4	3	5	5	0	0	4	2	2	2	2	0	0	5	5	2	5	0	5	1
13	5	5	5	5	5	5	0	0	0	5	3	0	0	3	0	5	5	5	0	5	5	3	5	5	4	5	0
14	2	3	5	0	0	0	0	0	0	5	3	5	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3	0	0	0	0	0
15	0	0	0	1	2	5	0	0	0	3	5	4	0	0	0	0	0	5	1	1	1	4	2	3	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	4	0	0	0	5	0	3	2	4	1	1	1	0	0	0	0

Anexo H. Componentes (items) con mayor movimiento durante el año 2008.

PAIS(AID) TRANSPORTISTA(AID)

ESTA GRAFICA REPRESENTA LOS ITEMS CON MAYOR MOVIMIENTO DURANTE EL 2008 CONSIDERANDO EL GRUPO DE FAMILIA T2



Anexo I. Ejemplo de Etiquetas y factura comercial para envío de componentes.

PURCHASE ORDER: 4201485956E

SOLD TO:	SHIP TO:
HONEYWELL INTERNATIONAL INC 1 CLIFF GARRETT DRIVE ANNISTON AL 36201	COMPANY: HONEYWELL INTERNATIONAL INC ADRESS: 1 CLIFF GARRETT DRIVE ANNISTON, AL 36201 NAME / TITLE: RICKY COMER E-MAIL / PHONE: 256-835-4122
BILL TO:	AIR WAY BILL / BILL OF LADING
COMPANY: HONEYWELL AEROSPACE SERVICES ADRESS: 1944 SKY HARBOR CIRCLE PHOENIX, AZ 85034 UNITED STATES OF AMERICA NAME / TITLE: E-MAIL / PHONE:	
BILLING INFORMATION	SHIPPING INFORMATION
PAYMENT TERMS: NET 30 DAYS CURRENCY: USD NAME / TITLE: COLLECT	SHIP DATE: Monday, October 04, 2010 SHIPPING METHOD: FX FedEx International Priority CARRIER ACCT. NO: HONEYWELL 126903782 INCOTERMS: EXW SELLER'S FACILITY AWB / BILL OF LADING: 653020615891 CONTAINER: CARTON AND WOOD BOXES

ITEM	MATERIAL NUMBER	SERIAL NUMBER	DESCRIPTION	QTY	REPAIR VALUE (USD)	PO NUMBER
	CUSTOMER PART. NO.	UCN			CUSTOMS VALUE (USD)	PO ITEM
001	2201968-2	NONE	CHAMBER PLENUM	1	3,000.00	4201485956E
002	2201968-1	NONE	CHAMBER PLENUM	1	3,000.00	4201485956E
003	2202623-3	NONE	CHAMBER PLENUM	1	3,000.00	4201485956E
COMMENTS			VALUE FOR CUSTOMS: 9,000.00 USD			
CIVIL AIRCRAFT PART'S			SIGNED BY: _____			
MANUFACTURED BY: HONEYWELL AEROSPACE INC.						
MADE IN: U.S.A						
No. Of containers: 3						
Dimensions (cm):						
Gross Wt (kg): 95.0						

Anexo I. Continuación

		MEXICANA AIRLINES Av. 602 No.161-A MEXICO DF 15620	
SHIP TO: HONEYWELL INTERNATIONAL INC 1 CLIFF GARRETT DRIVE ANNISTON AL 36201			
MATERIAL NO  PNR 2202623-3			
SERIAL NUMBER  SER S / S			
P.O. NUMBER  RPO 4201732439			
QUANTITY  SHQ 1		SHIPMENT NUMBER  SPN 0030	
UNIT  UNT EA		LIFE TRACKING NUMBER  AWB 653020648117	
COUNTRY OF ORIGIN: U.S.A CNT: 1 OF: 1			



COMPAÑÍA MEXICANA DE AVIACION S.A. DE C.V.
 AV. 602 NO 161-A COL SAN JUAN DE ARAGON
 MEXICO, D.F. 15620 MEXICO



172-7396 8263

MEX - GLA

1 PIECE 2,357.0 K

CARGOLUX (CV)

Anexo J. Análisis de propuestas de transportistas para el manejo de materiales desde Europa y Asia

A. SERVICIO

	SERVICIO						0 PESIMO
Concepto	Schenker Logistics	SDV	Panalpina	Kuehne & Nagel	Ceva Logistics	Solori Forwarding	1 MALO
Atencion de solicitudes	4	4	3	4	2	1	2 REGULAR
Manejo de informacion	3	5	3	2	2	2	3 SATISFACTORIO
Respuesta en casos AOG	5	5	2	4	1	1	4 MUY SATISFACTORIO
Seguimiento de embarques	4	5	4	5	2	1	5 PERFECTO
Manejo de embarques voluminosos	4	4	5	3	4	3	
Manejo de embarques DG	3	4	2	3	2	1	
Manejo de NO partes de avion	3	2	5	3	3	4	
Envios maritimos	4	2	4	2	2	1	
AOG Staff's	5	2	2	2	2	2	
Corresponsales en el mundo	5	5	5	5	3	1	
Manejo de un sistema <i>inside</i>	3	4	1	4	1	1	
Trato con Mexicana	5	5	4	3	4	4	
Total	48	47	40	40	28	22	

B. COSTO

	COSTO						0 CARO
Concepto	Schenker Logistics	SDV	Panalpina	Kuehne & Nagel	Ceva Logistics	Solori Forwarding	1 COMPETITIVO
Carga < 10 kgs.	2	0	1	1	0	0	2 BARATO
Carga 10 a 50 kgs.	2	1	1	1	0	0	
Carga 50 a 100 kgs.	2	1	2	1	0	0	
Carga > 100 kgs.	1	1	2	0	0	0	
Carga DG	0	2	0	0	0	0	
Servicio de re-embalaje	0	1	0	0	0	0	
Manejo en origen	1	2	2	1	1	0	
Manejo en destino	1	2	2	1	1	0	
Otros cargos	1	1	2	1	1	0	
Total	10	11	12	6	3	0	

C. TIEMPO

	TIEMPO						0 NO ACEPTABLE
Concepto	Schenker Logistics	SDV	Panalpina	Kuehne & Nagel	Ceva Logistics	Solori Forwarding	1 CONSIDERABLE
Manejo para carga < 10 kgs.	1	2	1	0	1	0	2 RAPIDO
Manejo de carga de 10 a 50 kgs.	1	2	1	0	1	0	
Manejo de carga de 50 a 100 kgs.	1	1	1	1	0	1	
Manejo de carga > 100 kgs.	0	1	1	1	0	2	
Manejo de carga DG	0	2	0	0	0	0	
Manejo de carga AOG	1	2	0	0	0	0	
Manejo de carga AOG y DG	0	2	0	0	0	0	
Manejo de carga CRITICAL	1	2	0	1	1	0	
Manejo de carga CRITICAL y DG	1	2	0	1	0	0	
Manejo de NO partes de avion	2	0	2	1	1	2	
Total	8	16	6	5	4	5	

ANEXO K. Formatos de Embarque para las 3 prioridades. Rutinario

	
GERENCIA DE LOGISTICA JEFATURA DE EMBARQUES SOLICITUD DE EMBARQUE RUTINARIO	
DATOS DEL SOLICITANTE	
Nombre: EDITH MIRAFUENTES PONCE	Telefono / Extension: 8719
Departamento: COMPRAS TECNICAS	
DATOS DEL MATERIAL	
PO/RO:	300047089
Piezas:	1 EA
Bultos:	1
Descripcion:	ENGINE INTERFACE UNIT
PN:	3957985114
Dimensiones cm:	60 X 40X 30
Peso kg:	4
Material Peligroso:	NO UN: Clase:
Fecha y hora local de recoleccion :	15/08/2008 11:00 hrs.
Inconterm:	EXW (Exworks)
Centro de Costo / Orden de Trabajo:	CC: OT: O 800
DATOS DE RECOLECCION	
Nombre del Proveedor:	THALES GROUP
Direccion:	Orly Airport - Zone des Guyards, 17 Rue Helen Boucher
Estado:	Athis Mons
Codigo Postal:	09210
Pais:	FRANCE
Nombre del contacto:	Bill Hall
Telefono / Extension:	011-33-149-75-45-73
E-mail:	william.hall@us.thalesgroup.com
DATOS DE ENTREGA:	
Nombre de la Compañia:	COMPAÑÍA MEXICANA DE AVIACION S.A. DE C.V.
Direccion:	AV. 602 No. 161-A COL SAN JUAN DE ARAGON
Estado:	DF
Codigo Postal:	15620
Pais:	MEXICO
Nombre del contacto:	Raymundo Morales
Telefono / Extension:	+ (51 52) 57 86 6500 EXT.8522
E-mail:	
Fecha limite de entrega en destino:	15/08/2008

ANEXO K. Formatos de Embarque para las 3 prioridades. Critico

		GERENCIA DE LOGISTICA JEFATURA DE EMBARQUES SOLICITUD DE EMBARQUE CRITICO	
DATOS DEL MATERIAL			
PO/RO:	300047089	Fecha limite de entrega en destino:	15/08/2008
Piezas:	1 EA		
Bultos:	1		
Descripcion:	ENGINE INTERFACE UNIT		
PN:	3957985114		
Dimensiones cm:	60 X 40X 30		
Peso kg:	4		
Material Peligroso:	NO	UN:	Clase:
Fecha y hora local de recoleccion :	15/08/2008 11:00 hrs.		
Inconterm:	EXW (Exworks)		
Centro de Costo / Orden de Trabajo:		CC:	OT: 0 800
DATOS DE RECOLECCION			
Nombre del Proveedor:	THALES GROUP		
Direccion:	Orly Airport - Zone des Guyards, 17 Rue Helen Boucher		
Estado:	Athis Mons		
Codigo Postal:	09210		
Pais:	FRANCE		
Nombre del contacto:	Bill Hall		
Telefono / Extension:	011-33-149-75-45-73		
E-mail:	william.hall@us.thalesgroup.com		

ANEXO K. Formatos de Embarque para las 3 prioridades. AOG

AOG SERVICE		
Shipper Name: SABENA TECHNICS, Address: ZONE DE FRET 4, 5 RUE DE LA JEUNE FILLE, 95724 ROISSY CDG Contact: YANNINCK HENRY Ph: 01 48626642 Fax: Cell: E-mail: Supplier AOG desk #: PH:	Customer name: Compañía Mexicana de Aviacion S.A. de C.V. Address: Av. 602 No. 161-A Col. San Juan de Aragón Contact: Raymundo Morales Ph: 57 86 65 00 ext. 8522 Fax: Cell: E-mail:	
PO# 300047400	P/N# 7923267J	S/N#
Description of goods: SHUT OFF VALVE Pcs: 1EA Weight: 5 KG. Dimensions in cm: 80 x 40 x 40 If cargo DGR: NO	Incoterm: EXW Date when AOG required in MEX: August 22th Special instructions:	

ANEXO L. Ejemplo de análisis de cotizaciones transportistas



**GERENCIA DE LOGISTICA
JEFATURA DE EMBARQUES
ANALISIS DE PROPUESTAS**

CASO

Traslado de vajilla para operaciones de comisariato desde China

Material

Descripción: Plato de porcelana para clase ejecutiva
 Cantidad: 5,000 EA
 Bultos o pallet: 2 pallet
 Tipo de empaque: Cajas de carton
 Incoterm: EXW
 Peso (kg): 600
 Dimensiones (cm) 100 x 100 x 120 cm/ pallet
 PRIORIDAD: RUTINARIO
 Metodo de embarque: AEREO

PROPUESTAS

SCHENKER

CONCEPTO	COSTO
Recoleccion	1.000,00 USD
Manejo	500,00 USD
Corte de guia	100,00 USD
Export clearance	50,00 USD
Flete	2.500,00 USD
Fuel surcharge	1.500,00 USD
Security	700,00 USD
Tiempo de transito	6 dias
Ruta	HKG - LAX - MEX
Total	6.350,00 USD

SDV

CONCEPTO	COSTO
Recoleccion	800,00 USD
Manejo	600,00 USD
Corte de guia	75,00 USD
Export clearance	50,00 USD
Flete	3.000,00 USD
Fuel surcharge	1.760,00 USD
Security	800,00 USD
Tiempo de transito	7 dias
Ruta	HKG - AMS - MEX
Total	7.085,00 USD

PANALPINA

CONCEPTO	COSTO
Recoleccion	500,00 USD
Manejo	200,00 USD
Corte de guia	75,00 USD
Export clearance	50,00 USD
Flete	2.500,00 USD
Fuel surcharge	1.500,00 USD
Security	600,00 USD
Tiempo de transito	6 dias
Ruta	HKG - CDG - MEX
Total	5.425,00 USD

SOLORI FORWARDING

CONCEPTO	COSTO
Recoleccion	1.200,00 USD
Manejo	800,00 USD
Corte de guia	100,00 USD
Export clearance	75,00 USD
Flete	4.000,00 USD
Fuel surcharge	2.000,00 USD
Security	1.200,00 USD
Tiempo de transito	7 dias
Ruta	HKG - LAX - MEX
Total	9.375,00 USD

KUEHNE & NAGEL

CONCEPTO	COSTO
Recoleccion	1.000,00 USD
Manejo	300,00 USD
Corte de guia	75,00 USD
Export clearance	50,00 USD
Flete	2.500,00 USD
Fuel surcharge	1.500,00 USD
Security	800,00 USD
Tiempo de transito	8 dias
Ruta	HKG - HAM - MEX
Total	6.225,00 USD

CEVA LOGISTICS

CONCEPTO	COSTO
Recoleccion	700,00 USD
Manejo	500,00 USD
Corte de guia	100,00 USD
Export clearance	50,00 USD
Flete	4.000,00 USD
Fuel surcharge	2.000,00 USD
Security	400,00 USD
Tiempo de transito	7 dias
Ruta	HKG - AMS - MEX
Total	7.750,00 USD

RESUMEN

FORWARDER	COSTO(USD)	TIEMPO
Panalpina	5.425,00 USD	6 dias
Kuenhe & Nagel	6.225,00 USD	8 dias
Schenker	6.350,00 USD	6 dias
SDV	7.085,00 USD	7 dias
CEVA Logistics	7.750,00 USD	7 dias
Solori forwarding	9.375,00 USD	7 dias

Anexo M



SISTEMA DE TRANSPORTADORES PARA EL MANEJO DE MATERIALES

CALLE SOLON ARGUELLO No. 46, STA. MARTHA ACATITLA MEXICO, D.F.
 TEL. 57 73 85 33, 57 73 85 32, 26 33 44 33, 26 33 44 39, 26 33 44 40
 E-mail: grupoidimsa@prodigy.net.mx

EQUIPO MECANICO A SUMINISTRAR: (Ver Dibujo No. 0709244.DWG)

Part.	Cant.	Descripcion
TG-1	01	Transportador de rodillos galvanizados de 1.9" de Ø calibre 16, eje hexagonal 7/16" y baleros troquelados, ancho 24", longitud de 2.00 mts., fabricado en bastidor en acero al carbón acabado electrostático, incluye soportes al piso tipo "h" para una altura de trabajo de 0.90 mts. Importe.....\$ 6,350.00
TG-2 TG-4	02	Transportador de rodillos galvanizados de 1.9" de Ø calibre 16, eje hexagonal 7/16" y baleros troquelados, ancho 24", longitud de 5.30 mts., fabricado en bastidor en acero al carbón acabado electrostático, incluye soportes al piso tipo "h" para una altura de trabajo de 0.90 mts. P.U.....\$ 12,400.00 Importe.....\$ 24,800.00
TG-3 TG-5	01	Transportador de rodillos galvanizados de 1.9" de Ø calibre 16, eje hexagonal 7/16" y baleros troquelados, ancho 24", longitud de 6.10 mts., fabricado en bastidor en acero al carbón acabado electrostático, incluye soportes al piso tipo "h" para una altura de trabajo de 0.90 mts. P.U.....\$ 14,210.00 Importe.....\$ 28,420.00
TG-6	01	Transportador de rodillos galvanizados de 1.9" de Ø calibre 16, eje hexagonal 7/16" y baleros troquelados, ancho 24", longitud de 8.50 mts., fabricado en bastidor en acero al carbón acabado electrostático, incluye soportes al piso tipo "h" para una altura de trabajo de 0.90 mts. Importe.....\$ 20,100.00
TG-7	01	Transportador de rodillos galvanizados de 1.9" de Ø calibre 16, eje hexagonal 7/16" y baleros troquelados, ancho 24", longitud de 7.80 mts., fabricado en bastidor en acero al carbón acabado electrostático, incluye soportes al piso tipo "h" para una altura de trabajo de 0.90 mts. Importe.....\$ 17,850.00

Equipo Mecánico.....\$ 97,520.00
 Instalación Mecánica.....\$ 8,000.00

 Total..... \$ 105,850.00 M.N.

Precios en M.N. más I.V.A.

Glosario de términos

Componente unserviceable: Parte de avión que no se encuentra en condiciones óptimas para operar y que tiene que ser removido del avión para su envío a reparación o para su análisis.

Componente serviceable: Parte de avión listo para desarrollar su función después de haber sido reparado, calibrado y probado.

Isla de excelencia: Las islas de excelencia son áreas de una planta desarrolladas como modelos de 5´s para que el resto de la fábrica las use como guía.

Contenedor: Es un recipiente de carga para el transporte aéreo, marítimo o terrestre.

Componente de avión: Son artículos o componentes aprobadas para su instalación en aviones certificados.

ERP Maxi merlin: Es el sistema de información gerencial que integra y maneja muchos de los negocios asociados con las operaciones de producción y de los aspectos de distribución de Compañía Mexicana de Aviación S.A. de C.V. comprometido en la producción de bienes o servicios.

HUB Logístico: Es una infraestructura logística en la cual se almacenan productos y se embarcan órdenes de salida para su distribución. Generalmente se constituye por uno o más almacenes, en los cuales ocasionalmente se cuenta con sistemas de refrigeración o aire acondicionado, áreas para organizar la mercancía y compuertas, rampas u otras infraestructuras para cargar los vehículos.

Célula administrativa: Grupo de trabajo conformado por diversas personas de aéreas asociadas con el desempeño de una actividad, trabajo o tarea.

Outsourcing: Modalidad de contratación por la que una compañía contrata a otra compañía externa para realizar servicios que originalmente se realizaba en la propia empresa. El objetivo es reducir costos y mejorar los servicios.

Skydrol: Es un fluido hidráulico avanzado para naves aéreas, manufacturado por Solutia Inc.

Producción Roja: Conjunto de componentes removidos de naves aéreas en espera de ser reparados.

Aeromexpress: Es una empresa mexicana que opera servicios de carga aérea.

Componente rotatable: Parte de avión que puede ser restituido repetida y económicamente aun una completa condición serviceable

Ford Production System: Se refiere a la forma de producir de manera estandarizada fabricando en serie.

Autonomatizacion: Es la habilidad de un proceso para detenerse al momento de suceder cualquier anomalía.

Kanban: Es un término que es utilizado en el mundo de la fabricación para identificar unas tarjetas que van unidas a los productos intermedios o finales de una línea de producción. Las tarjetas actúan de testigo del proceso de producción.

Rank and File: Miembros de un sindicato que no son líderes.

Economías de escala: Se refiere al poder que tiene una empresa cuando alcanza un nivel óptimo de producción para ir produciendo más a menor costo, es decir, a medida que la producción en una empresa crece, sus costos por unidad producida se reducen.

Kaizen: Término Japonés para un acercamiento gradual a mayores estándares de aseguramiento de calidad y reducción de desperdicios, a través de pequeñas pero continuas mejoras involucrando a todo el personal.

Pull Production: Es un método de control de producción en el que las actividades envían una señal de sus necesidades a las actividades precedentes.

Poka Yoke: Sistema a prueba de errores que emplea señales visuales que permiten que las fallas sean claramente notorias o bien son aquellos dispositivos que paran la línea de ensamble si falta una parte del proceso.

Jidoka: Véase Autonomatización.

Fábrica mínima: Es la fábrica reducida a las funciones, los equipos y el personal estrictamente requeridos para satisfacer la demanda diaria o semanal.

Visual Management: Término usado cuando los estados normal y anormal pueden ser visualmente definidos, por medio de herramientas visuales simples.

Gestión de existencias: Actividad consistente en el manejo y control de los inventarios con el fin de disminuir su volumen al máximo posible, sin poner en peligro el proceso productivo y comercial.

Andon: Nombre Japonés de un dispositivo *Poka Yoke* visual para el control de la producción que muestra continuamente el estatus de la línea de producción y hace sonar una alerta si un problema es inminente.

ISO 9000: Familia de estándares internacionales auditables y guías suplementarias para la administración y aseguramiento de la calidad.

Takt Time: Unidad de tiempo ajustable usada en la producción esbelta para sincronizar el ritmo de producción con el ritmo de la demanda.

Corrida de producción: Es la cantidad obtenida de producto terminado en un ciclo de producción.

Sub-ensamble: Es la unión de una o más componentes para formar parte de un producto.

Layout: Dibujo o representación gráfica que indica la relación de los elementos y sus valores.

Polivalencia: Calidad de alguien que cuenta con varias especialidades o competencias.

Stock: Cantidad mínima de productos o material para la producción y/o venta.

Célula de trabajo: Disposición física o lógica de todos los recursos asociados con el desempeño de una actividad.

Cadena de valor: Actividades interconectadas que agregan valor, las cuales convierten insumos en salidas.

Visual Control: Arreglo en el que todos los indicadores de las actividades relacionadas con un proceso o sistema son colocadas a la vista de todos los involucrados.

Ciclo Deming: Proceso de cuatro pasos usado en el control de calidad (planear, hacer, revisar y actuar).

Marketing: Proceso administrativo a través del cual los bienes y servicios van del concepto al cliente.

Análisis P-M: Es una metodología para analizar y eliminar los problemas crónicos que se han descuidado o no resueltos en el pasado. El objetivo real del Programa de PM es reducir tiempo fuera de servicio y averías a un nivel que es aceptable y manejable por los departamentos específicos.

Análisis por qué-por qué: Es un método de cuestionamiento que conduce a la identificación de la causa-raíz de un problema.

Mantenibilidad: Característica de diseño e instalación que determina la probabilidad de que un equipo maquina o sistema descompuesto puede ser restituido a su estado normal de operación dentro de un intervalo de tiempo dado, usando las prácticas y procedimientos por escrito.

Benchmarking: Medición de la calidad de las políticas, productos, programas, estrategias, etc. de una compañía y su comparación con medidas similares de la mejores compañías del ramo.

Black Belt: Personal de línea altamente reconocido que tiene la habilidad de liderar equipos así como de aconsejar a la gerencia.

Mejoramiento de la Calidad: Acercamiento sistemático a la reducción o eliminación de desperdicio, re trabajo y perdidas en el proceso de producción.

Círculos de calidad: Es un grupo voluntario compuesto de trabajadores, usualmente bajo el liderazgo de su supervisor, que está entrenado para identificar, analizar y resolver problemas relacionados al trabajo y presentan sus soluciones a la gerencia para ayudar a mejorar el desempeño de la organización y motivar y enriquecer el trabajo de los empleados.

Automatización: Sistema de producción en el que se usan maquinas en lugar de mano de obra.

Cero defectos: Nivel de prevención de defectos donde todas las salidas están dentro de los límites de especificación.

Leveled/mixed production Schedule (Heijunka): Es un elemento del Sistema de Producción

Toyota que promedia el volumen y la secuencia de los componentes programados para proveer un nivel de producción y ayudar a alcanzar el Justo a Tiempo.

Diagrama de Pescado o de Ishikawa: Es una de las 7 herramientas de la calidad, muestra la relación de todos los factores que conducen a una situación dada.

Análisis de Pareto: Uso de principio de Pareto para priorizar un rango de componentes que tienen diferentes niveles de significancia.

Tarjeta roja de seguimiento: Tarjeta que se coloca en cada uno de los componentes aeronáuticos y permite el motivo por que cual fue removido de una aeronave.

Peso Volumétrico: El peso volumétrico es un mecanismo usado por la industria del correo, paquetería y couriers con el fin de tarificar aquellos paquetes que su volumen es mayor que su peso real.

Peso Taxeable: Es el peso en el cual se basa una aerolínea para hacer el cobro del flete de las mercancías que esta transportando.

ATA 300: Es una especificación que es establecido por las aerolíneas de carga para el diseño, desarrollo y consecución de embalaje eficaz. Estas exigencias sirven también como normas para embarcar materiales.

Rack: Armazón destinado a alojar equipamiento y/o materiales.

Inconterm: Son normas acerca de las condiciones de entrega de las mercancías. Se usan para dividir los costos de las transacciones, delimitando las responsabilidades entre el comprador y el vendedor, y reflejan prácticas modernas de transporte.

Pull de proveedores: Catalogo de proveedores

UN number: Numero de clasificación de las Naciones Unidas para las mercancías que son consideradas peligrosas para su transporte.

AOG Desk: Staff o personal dedicado únicamente para el manejo de mercancías bajo prioridad AOG en la industria aeronáutica.

Glosario de siglas

SPT. *Shop Processing Time*: El tiempo de un componente desde el momento que es removido del avión hasta que era regresado al almacén en condiciones óptimas de funcionalidad.

LAX: Aeropuerto Internacional de Los Angeles, California, según IATA

MEX: Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, según IATA

MIA: Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Miami, según IATA

FSC. *Federal Supply Code*: Clave asignada para los proveedores de las reparaciones y/o compras relacionadas a las partes de avión

FedEX. *Federal Express Corporation*: Es una compañía aérea de transporte de paquetes y logística de origen estadounidense, que tiene cobertura a nivel internacional.

RAR. *Repair Action Report*: Reporte que contiene la información de la falla que presento un componente de avión

IATA. *International Air Transport Association*: Es la asociación para la cooperación entre aerolíneas, promoviendo la seguridad, fiabilidad, confianza y economía en el transporte aéreo en beneficio de los consumidores de todo el mundo.

DG. *Dangerous Goods*: Son materias u objetos que presentan riesgo para la salud, para la seguridad o que pueden producir daños en el medio ambiente, en las propiedades o a las personas.

TPS. *Toyota Production System*: Es un sistema integrado socio-técnico, desarrollado por Toyota, que empata su filosofía gerencial y sus prácticas.

JIT. *Just In Time*: Sistema de inventario basado en la demanda en el que los materiales, partes, sub-ensambles y componentes de apoyo son entregados solo cuando se necesitan, ni antes ni después.

ISO. *International Organization for Standardization*: Organización no gubernamental encargada de desarrollar estándares.

MTBF. *Mean Time Between Failures*: Medida básica de la confiabilidad de componentes reparables, que representa la vida promedio durante la cual todas las partes de un dispositivo o sistema trabajan dentro de sus límites especificados, bajo condiciones específicas.

WBS. *World Breakdown Structure*: Es una herramienta usada para definir y agrupar los elementos de trabajo de un proyecto de una manera que ayuda a organizar y definir el alcance total de trabajo del proyecto.

CTQ. *Critical To Quality*: Son las características medibles clave de un producto o proceso cuyos estándares de desempeño o límites de especificación deben de ser alcanzados para satisfacer al cliente.

TQC. Total Quality Control: Aplicación de los principios de la administración de la calidad a todas las áreas de un negocio desde el diseño hasta la entrega en lugar de aplicarlos solo a las actividades de producción.

SOP. Standard Operating Procedure: Es un procedimiento paso a paso que promueve la uniformidad de las operaciones para ayudar a clarificar y maximizar dichas operaciones.

CEDAC. Cause-Effect Diagrams with the Addition of Cards: Es un acercamiento simple al uso de diagramas causa- efecto con notas post it, permitiendo con esto intercambiar las causas y dejando participar a varias personas simultáneamente.

BAB. Breaking down Administrative Barriers: Técnica que permite el rompimiento de barreras administrativas que pueden influir directamente con el flujo de la producción tales como cuestiones sindicales, políticas, empresariales, etc.

WIP. Work In Process: Bienes, partes o sub-ensambles parcialmente completados que ya no son parte del inventario de materia prima y aun no forman parte del inventario de producto terminado.

RO. Repair Order. Orden de Reparación que contiene datos específicos para la reparación de un componente aeronáutico, tales como taller reparador, datos del componente, costo de la reparación, ejecutivo de reparación quien elaboro la orden, etc.

COMAT. Company Material: Termino definido para toda la carga que es transportada en naves aéreas y propiedad de la compañía.

FHA. Flight Hour Agreement. Termino aeronáutico que define un convenio para la reparación de componentes en base a las hora de vuelo que tuvo este.

EXW. ExWorks: Incoterm "Franco-fábrica" quiere decir que la única responsabilidad del vendedor es de hacer los bienes disponibles en el local del vendedor, esto es, los trabajos o la fábrica. El vendedor no es responsable de cargar los bienes sobre el vehículo proporcionado por el comprador a menos que se convenga otra cosa. El comprador absorbe los gastos y el riesgo implicado en traer los bienes desde allí al destino deseado. Franco-fábrica representa la obligación mínima del vendedor.

AOG. Aircraft On Ground: Acrónimo usado en la industria aeronáutica para definir un avión en tierra.

AICM. Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Mexico: Siglas usada para definir el aeropuerto de la Ciudad de México.