UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO INTEGRAL *LEAN* DE SEPARACIÓN DE LINEAS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

P R E S E N T A

FRANCISCO JAVIER VERA MARTÍNEZ

TUTORA: M.I. SILVINA HERNÁNDEZ GARCÍA

MÉXICO, D.F. **2013**

AGRADECIMIENTOS:

A mi familia por brindarme todo lo necesario para realizar mi carrera y apoyarme durante toda mi vida.

A Leonardo y Daniel que me orientaron y motivaron a realizar este trabajo.

INDICE

Introducción **5**

Objetivo general 6

Objetivos específicos **6**

1.-Marco teórico **8**

1.1.- Lean Manufacturing y Conceptos Generales 8

1.1.2.-Parametros de Desempeño Lean 8

1.2.-Historia Lean Manufacturing 9

1.3.-Kaizen 10

1.4.- Valor Agregado y Los Siete Desperdicios 12

1.5.- Justo a Tiempo 14

1.6.-Jidoka 14

1.7.- Nivelación De La Producción. 14

1.8.- Los Tres Flujos 16

1.8.1.-Flujo de Operaciones 16

1.8.2.-Flujo de Materiales 25

1.8.3.-Flujo de Información 37

1.9.- 7´s 39

2.-Justificación del proyecto **42**

2.1.-Comunalidad dentro de línea 42

2.2.-Estudio de comunalidad 42

2.3.-Estudio de tiempos muertos 46

3.- Generación de Área Modelo *Lean* 49

3.1.-Descripción del producto 49

3.2.-Análisis de operaciones y materiales 51

3.3.-Diseño y construcción de las estaciones de trabajo 55

3.4.-Detalle de la inversión del área modelo 60

3.5.-Detalle del beneficio del área modelo y recuperación de la inversión. 64

4.-Implantación del Sistema Flujo de Materiales 66

4.1.-PFEP Supermercado 66

4.2.-Supermercado 66

4.3.-Rutas de entrega 67

4.4.-Tarjetas *Kan-Ban* 68

5.- Sistema de Alto Desempeño (SAD)..... 70

6.- Mejora continua y generación de kits de materiales 76

7.- Conclusiones 82

INTRODUCCIÓN

Los nuevos retos y exigencias del mercado, han forzado al mercado a desarrollar dentro de la industria manufacturera la creación de nuevos productos y procesos que sean mejores debido a la competencia que existe en este mundo globalizado. Siendo estos principios los que impulsaron la creación de este proyecto de separación de líneas.

Este trabajo tiene como objetivo mostrar la documentación de la mejora de un proceso a través de la puesta en práctica de diferentes herramientas "*Lean Manufacturing*", la cual es una metodología Japonesa desarrollada en la manufacturera de clase mundial "*Toyota Motors Company*" conocida en Oriente como el "*Sistema de Producción Toyota*" (TPS), que fue más tarde adoptada por otras manufactureras en Occidente con el nombre de "*Manufactura Lean*".

Este proyecto fue desarrollado en una empresa de ramo manufacturera la cual fabrica aparatos de uso electrodoméstico, está ubicada en el Distrito Federal y distribuye a gran parte de América como Canadá, Estados Unidos de América, México, Costa Rica, Jamaica, Honduras, Venezuela entre otros piases y ha empezado a incursionar dentro del mercado Ruso.

El proyecto desarrollado en la empresa consiste en aumentar la eficiencia y otros indicadores referentes al desempeño de una línea de ensamble de estufas, en la cual se analizaron los modelos a ensamblar dentro de esta y determinar a través de un estudio de comunalidad cuáles no eran compatibles, para después segregarlos y diseñar una serie de celdas que van a fungir como área modelo *Lean* de la empresa.

La principal característica de estas celdas de ensamble es que fueron diseñadas bajo los principios de *Lean Manufacturing*, contemplando el uso de flujo de operaciones, flujo de materiales, flujo de información a través de la eliminación de los siete desperdicios de la manufactura. Se dice que las celdas son un área modelo porque al integrar los principios de *Lean Manufacturing* se pretenden difundir estos conceptos a los diferentes departamentos de la planta y debido a que esto implica un gran cambio cultural en todas las personas que laboran dentro de la organización, desde el directivos hasta los operarios, ha creado algunos problemas para poder poner en práctica la metodología dentro de la planta. Esta área modelo tiene como objetivo el concientizar a toda las personas implicadas dentro organización ya que se pretende hacer un cambio que sea transversal a todas las áreas de la planta.

La necesidad de implementar una filosofía de mejora continua que permita reducir costos, mejorar los procesos, eliminar los desperdicios de la manufactura, aumentar la productividad, aumentar la producción, reducir el tiempo de entrega del producto final, aumentar la calidad en cada proceso de transformación de la materia prima, utilizando

sistemas de producción esbelto a través del uso de herramientas del sistema de producción Toyota.

OBJETIVO GENERAL

Realizar un proyecto integral de separación de líneas y generar un área modelo *lean* para el ensamble de estufas eléctricas de 24" de la familia Monarca ph II con el propósito de aumentar la eficiencia

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Generar un área modelo *Lean* que sirva como ejemplo hacia las diferentes áreas de la planta para lograr una implementación de la cultura *Lean* en todas las áreas de la planta.

Generar otras dos celdas de ensamble regidas bajo los mismos principios que el área modelo como parte de la estrategia de la expansión de la cultura *Lean*.

Implementar el sistema de flujo de materiales, crear un supermercado de partes y poner en marcha el sistema de administración de la mejora diaria en las celdas de ensamble.

Desarrollar operarios con una cultura *Lean* y que sean expertos en el tema, esto a través de programas especiales de capacitación.

Incrementar la productividad de la línea "A", lo que incluye hacer un recorte de línea, liberar espacio para nuevos proyectos, disminuir la cuota de MOD (Mano de Obra Directa) y aumentar el *yield* de calidad (eficiencia de la Calidad).

Para lograr estos objetivos este trabajo se desarrolló de la siguiente manera; en el capítulo I se hace una breve reseña de la historia del sistema de Producción Toyota así como el desarrollo teórico de diferentes herramientas *Lean* necesarias para realizar el proyecto de separación.

El capítulo II que tiene por tema "Justificación del proyecto" comprende el análisis del flujo operaciones dentro de la línea de ensamble para determinar la comunalidad al igual que un análisis de los tiempos muertos dentro de esta por un cierto periodo de tiempo.

El capítulo III comprende lo que es la creación del área modelo *Lean*, en esta sección se hace una breve descripción del producto a ensamblar, el análisis de los materiales y operaciones implícitas en el proceso, la descripción de las estaciones de trabajo y la inversión que se realizó al igual que el beneficio obtenido de este proyecto.

En el capítulo IV se documenta la implantación del sistema flujo de materiales, en donde se explica cómo es que se realizó el *PFEP* (Plan Para Cada parte), la distribución y sistema de señales del supermercado, el recorrido de las rutas y el uso de las tarjetas *Kan-Ban*.

El capítulo V nos habla sobre el equipo de trabajo que se formó bajo los parámetros de un Sistema de Alto Desempeño, indicándonos como se debe llevar un equipo de trabajo y los diferentes formatos que se utilizan para medir el desempeño de cada área.

Por último el capítulo VI documenta la migración de las estaciones de trabajo a kit´s de partes debido a los problemas que se tenían con los faltantes y problemas de calidad dentro de la puesta en marcha de la celda de ensamble.

1 MARCO TEÓRICO

1.1 *LEAN MANUFACTURING* Y CONCEPTOS GENERALES

La productividad ha sido un tema muy estudiado y aplicado en las empresas manufactureras, ya sea que fabriquen un producto o que proporcionen un servicio. El objetivo de las empresas es ser productivas, esto quiere decir, aprovechar al máximo los recursos disponibles. Los japoneses Eiji Toyoda y Taiichi Ohno fueron pioneros en el concepto de *Lean Manufacturing* en la fábrica de automóviles Toyota. Rápidamente otras industrias copiaron este notable sistema a sus operaciones, logrando excelentes resultados.

La palabra "*lean*" en inglés significa "*magra*", es decir, sin grasa. En español no combina mucho la definición de "*manufactura magra*", por lo que se le ha llamado: Manufactura Esbelta o Manufactura Ágil.

Es un conjunto de técnicas desarrolladas por la Compañía Toyota que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial, independientemente de su tamaño. El objetivo es minimizar el desperdicio.

Este conjunto de técnicas incluye el Justo a Tiempo, pero se comercializó con otro concepto, como el de minimizar inventarios o mano de obra y ese no es el objetivo, es una técnica de reducción de desperdicios, ya sea inventarios, tiempos, productos defectuosos, transporte, almacenajes, maquinaria y hasta personas.

Otras técnicas que utiliza el *Lean Manufacturing* son el *Kaizen* (mejoramiento continuo) y el *Poka Yoke* (a prueba de fallos). Estas técnicas se están utilizando para la optimización de todas las operaciones, no solo inventarios, para obtener tiempos de reacción más cortos, mejor atención, servicio al cliente, mejor calidad y costos más bajos. Al disminuir los desperdicios, se incrementa la productividad. (Padilla, 2010)

1.1.2 PARAMETROS DE DESEMPEÑO *LEAN*

Para *Lean*, sus parámetros de desempeño (figura 1.1) son:

- Seguridad (premisa no negociable).
    - Física.
    - Laboral.
    - Económica: Conservar la fuente de empleo.

- Calidad.
    - Cero defectos.

- Entender y lograr los requerimientos del cliente.
- Satisfacción total del cliente.

- Entrega.
  - En tiempo.
  - Flujo de una sola pieza.
  - Basado en la demanda real.

- Costo.
  -
  - Optimización de recursos.

Figura 1.1

Parámetros de desempeño Lean. [1]

No despe

Los principales objetivos de La Manufactura Esbelta (*KAIZEN*) son implementar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para reducir el tiempo de entrega de los productos, aumentar la satisfacción de los clientes y mantener e incrementar el margen de utilidad.

Manufactura esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige mayor calidad, entrega más rápida y precios más bajos.

Dentro de los beneficios que obtenemos con *Lean* es mantener una posición en el mercado, incrementar la calidad, reducir el tiempo de entrega, mejorar la eficiencia del trabajo, mejorar las condiciones y reducir el espacio.

1.2 HISTORIA *LEAN MANUFACTURING*

1890 - Sakichi Toyoda obtiene la patente de un telar de madera manual y por la necesidad de competir nace la filosofía de "*KAIZEN*".
"Ninguna máquina o proceso alcanza un punto en donde ya no puede ser mejorado."

Sakichi Toyoda 1937 - Kiichiro Toyoda construye una planta en Koromo y se crea "*Toyota Motor Company Ltd.*" Salida de "*Automatic Loom Works*". y en su nuevo taller cuelga un letrero que dice: "*JUST IN TIME*".

1943 - Taichi Ohno llega a la *Toyota Motor Company Ltd.* y empieza a perfeccionar los conceptos introducidos por Kiichiro de "*Just-in-*

[1] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

Time". Eiji Toyoda le encomienda a Ohno implementar los métodos revolucionarios de producción. Para lo cual Ohno procede a desarrollar el "Sistema de Producción Toyota."

1958 - Shoichiro Toyoda planea y construye una nueva planta de producción en Motomachi, diseñada después de la planta de Henry Ford en River Rouge, más tarde esta planta es renombrada por el gobierno como Toyota City. Tiempo después Toyota exporta su primer auto Corona, a USA.

1980 - Toyota lleva su "*Toyota Production System*" a EUA en un joint venture con General Motors llamado *New United Motor Manufacturing, Inc.* (NUMMI) y convierte lo que fue una vez la peor planta (Fremont, CA), en una que rompe todos los records de costo, entrega y calidad.

1990 - Womack and Jones publican "*The Machine that Changed the World*" el cual hace despertar a los negocios norteamericanos inversionistas y escuelas al poder de "*Lean Thinking*". Muchas compañías americanas, (incluyendo GE) han estado luchando por muchos años en convertir sus operaciones en "*Lean* Enterprises" (Anónimo)

1.3 *KAIZEN*

KAI significa 'cambio'.

ZEN significa 'bueno'

El significado de la palabra *Kaizen* (figura 1.2) es mejoramiento continuo y esta filosofía se compone de varios pasos que nos permiten analizar variables críticas del proceso de producción y buscar su mejora en forma diaria con la ayuda de equipos multidisciplinarios. Esta filosofía lo que pretende es tener una mejor calidad y reducción de costos de producción con simples modificaciones diarias.

Al hacer *Kaizen* los trabajadores van ir mejorando los estándares de la empresa y al hacerlo, podrán llegar a tener estándares de muy alto nivel y alcanzar los objetivos de la empresa.

Figura 1.2

Parámetros de desempeño Lean. [2]

[2] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

Es por esto que es importante que los estándares nuevos creados por mejoras o modificaciones sean analizados y contemplen siempre la seguridad, calidad y productividad de la empresa.

Su origen es japonés como consecuencia de la segunda Guerra Mundial, por lo que el Dr. William Edwards *Deming* introduce nueva metodología para mejorar el sistema empresarial.

El *Kaizen* utiliza el Círculo de *Deming* (figura 1.3) como herramienta para la mejora continua. Este círculo de *Deming* también se le llama PDCA por sus siglas en inglés.

Plan (Planear): en esta fase el equipo pone su meta, analiza el problema y define el plan de acción

Do (Hacer): Una vez que tienen el plan de acción éste se ejecuta y se registra.

Check (Verificar): Luego de cierto tiempo se analiza el resultado obtenido.

Act (Actuar): Una vez que se tienen los resultados se decide si se requiere alguna modificación para mejorar.

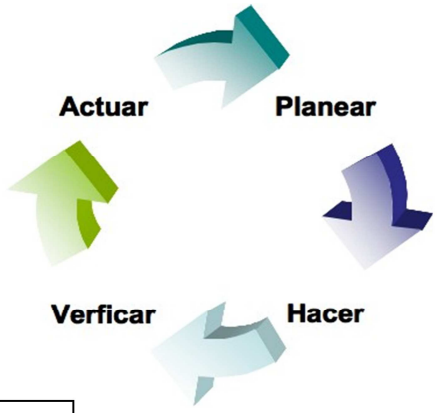


Figura 1.3

Circulo de Deming. [3]

VALORES

El *Kaizen* (figura 1.4) se rige por ciertos valores o principios los cuales son orientación al cliente, *kanban,* control total de la calidad, mejoramiento de la calidad círculos de calidad, justo a tiempo, cero defectos, disciplina, actividades en grupos pequeños, sistema de

[3] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

sugerencias, mejoramiento de la productividad, mantenimiento total del producto y desarrollo de nuevos productos. (Buenas tareas, 2011)

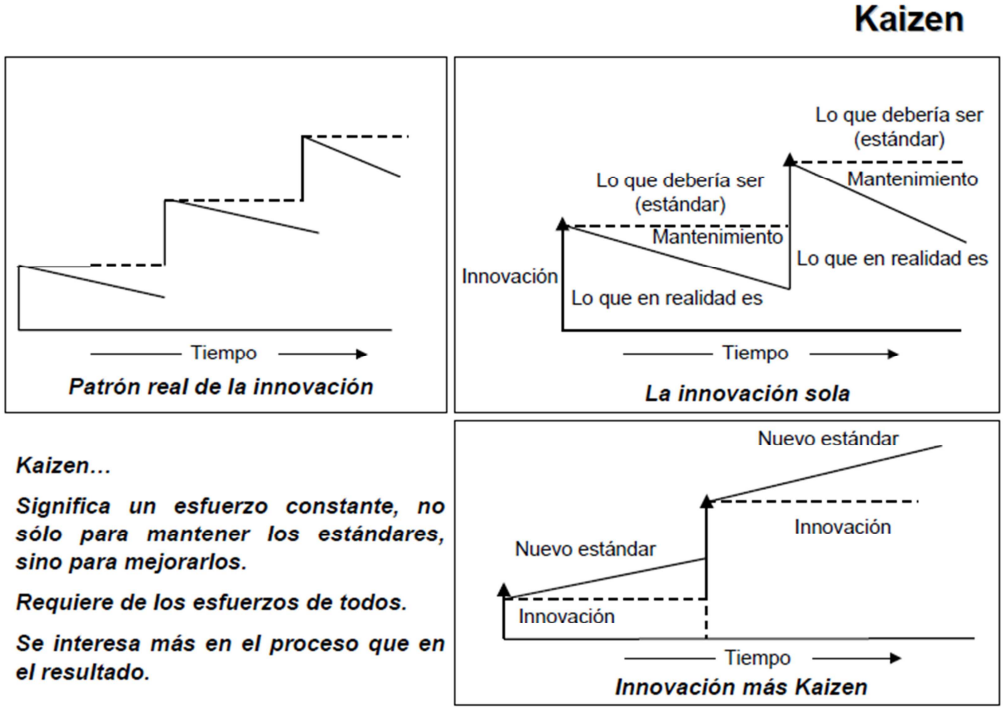


Figura 1.4

Pasos del Kaizen. [4]

1.4 VALOR AGREGADO Y LOS SIETE DESPERDICIOS

Dentro del trabajo (figura 1.5) se distinguen tres tipos de actividades, las cuales son:

- Actividades con Valor Agregado: son las que transforman el producto o servicio en lo que el cliente desea.
- Actividades necesarias sin Valor Agregado: son las que no transforman el producto o servicio, consumen recursos pero se necesitan en el flujo de producción.
- Desperdicios: son las actividades que no transforman el producto,

Figura 1.5

Actividades presentes al realizar un trabajo. [5]

[4] (Buenas tareas, 2011)
[5] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

consumen recursos y deben ser eliminadas.

Al identificar las actividades en el proceso de producción hay que optimizar esas actividades que no agregan pero son necesarias y eliminar los desperdicios, los cuales son motivo del siguiente subtema.
La base de *Lean* surge con la identificación y eliminación de desperdicios, los cuales *Toyota* los clasifico o se dio cuenta de que existían siete:

1. Productos defectuosos: es aquel producto que no cumple con las especificaciones del cliente. Esto se debe a fallas en el proceso que originan defectos, lo cual ocasiona retrabajos, rechazos por parte del cliente y pérdida de materia prima.

2. Sobreproducción: es fabricar productos que el cliente no requiere en ese momento debido a que se consumen recursos que no se van a utilizar en corto plazo, esconde problemas como: mala calidad, paros de maquinaria, programación y entrega deficiente y por último fabrica productos que el cliente no desea.

3. Inventarios: Representa producto en espera e inmovilizado durante el proceso, lo que implica inmovilizar recursos, requiere movimiento adicional no programado, dificulta la búsqueda de piezas, utiliza exceso de espacio, genera obsolescencia y problemas de calidad, genera pérdidas por daño en el manejo y requiere ser administrado.

4. Movimiento excesivo ó innecesario: Movimientos inútiles realizados en el proceso que se deben a mala distribución del personal y de la maquinaria, afectando la eficiencia en el trabajo y también provoca desperdicio la variación del tiempo ciclo del operador.

5. Procesos deficientes: aquellos que no tienen la capacidad de producir con la calidad y cantidad especificadas debido a que consume recursos de manera equivocada, crea retrasos en la producción y existe la oportunidad de generar defectos.

6. Transporte: traslados inútiles de producto y/o materiales que consume recursos y tiempo, crea problemas de seguridad, genera inversión de capital y puede aumentar el daño en los productos.

7. Esperas: Tiempos improductivos, aumenta el tiempo ciclo de la operación, consume recursos, aumenta el inventario en proceso y genera una lenta respuesta al cliente.

1.5 JUSTO A TIEMPO

Es un sistema de manufactura que produce lo que el cliente desea, en la cantidad que desea y cuando lo desea. Mientras se usa el mínimo de materias primas, equipo, mano de obra, espacio y energía. Este sistema se rige por diferentes principios lo cuales son el trabajar al ritmo del tiempo *takt*, crear un flujo de producción e incorporar el sistema "Jalar" o *Kanban*

Este sistema te proporciona una mejora en el proceso al eliminar la producción por lote colocada en grandes contenedores normalmente almacenados en donde hay flujo fingido, procesos continuos pero que no tienen la misma capacidad y ritmo, generando desperdicios en donde se busca generar flujo de una sola pieza que sea continuo y balanceado al ritmo de tiempo *takt***.**

1.6 *JIDOKA*

Es una respuesta inmediata ante cualquier anomalía en el proceso en donde se propone la autonomatización que son procesos automáticos capaces que permiten la separación entre la máquina y el operador o lo que es lo mismo "automatización con un toque humano".

Los elementos *Jidoka* son el control visual, respuestas/reacción ante anomalías, a prueba de errores (*Poka Yoke*), análisis de la causa raíz, operaciones estándar, reducción de variación y autonomatización - separar a la persona de la máquina.

1.7 NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

Es adaptar los planes y programas de producción a las variaciones de la demanda del cliente, que pueden ser (Figura 1.6):

- Variación en volumen.
- Variación en mezcla de productos.

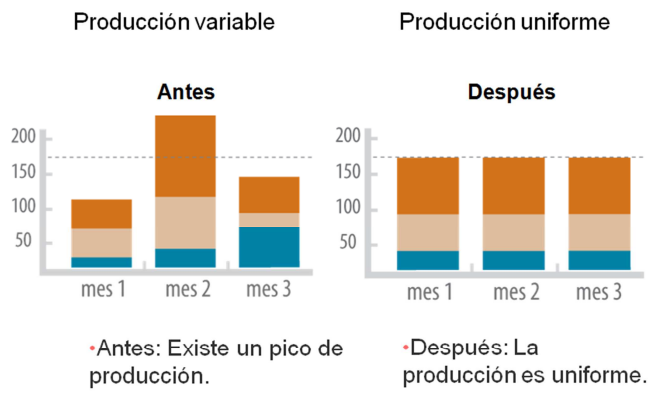


Figura 1.6

Demanda sin y con producción nivelada.[6]

Para lograr esto se requieren de ciertas condiciones las cuales son que la secuencia de la producción este en armonía con los requerimientos del cliente, conocer la capacidad y restricciones de los procesos para producir diferentes modelos y las operaciones estándar para mantener una mezcla consistente todos los días.

Un sistema tradicional y *Lean* tienen diferencias las cuales son enunciadas a continuación:

Sistema Tradicional:

- Fabricar bajo pronóstico.
- Grandes lotes.
- Grandes contenedores.
- Alto inventario.
- Enfocados a la eficiencia del proceso.

Sistema *Lean:*

- Fabricar bajo demanda del cliente.
- Lotes pequeños.
- Flujo de proceso.
- Menor inventario posible.
- Enfocado a toda la cadena.

La producción nivelada provoca la optimización de recursos.

[6] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

1.8 LOS TRES FLUJOS

Dentro de la manufactura *Lean* existen tres tipos de flujos (figura 1.7), los cuales son flujo de Operaciones en donde se enfoca a balancear las operaciones, flujo de materiales que tiene como objetivo hacer más eficiente el abastecimiento de los materiales y por último el flujo de información que se enfoca a conexión de procesos para la programación de la producción.

Figura 1.7

Los tres flujos.[7]

1.8.1 FLUJO DE OPERACIONES

Para lograr un flujo de operaciones es necesario aplicar una serie de herramientas las cuales tienen como objetivo hacer más eficiente el proceso y el primer paso de este flujo determinar si tenemos productos correctos en la línea correcta. Para lograr esto es necesario considerar tres aspectos que nos van a permitir este flujo continuo de operaciones.

[7] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

A.-Flexibilidad (figura 1.8)**:** es la capacidad que tiene una línea o celda de producción para procesar diferentes productos.

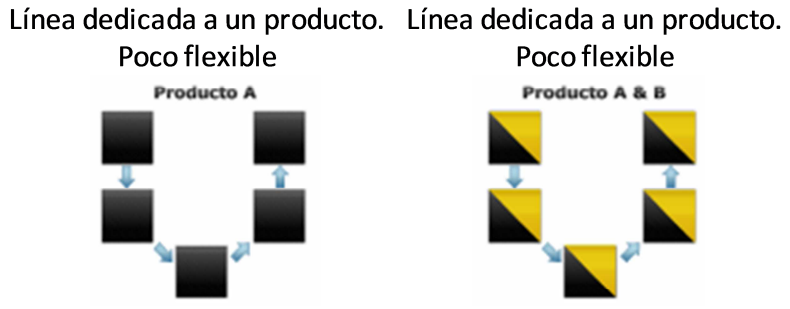


Figura 1.8

Flexibilidad en una línea de ensamble.[8]

B.-Variación (figura 1.9)**:** Se debe buscar que la variación del contenido de trabajo sea menor al veinte porciento tanto en la línea principal como en el total de la línea.

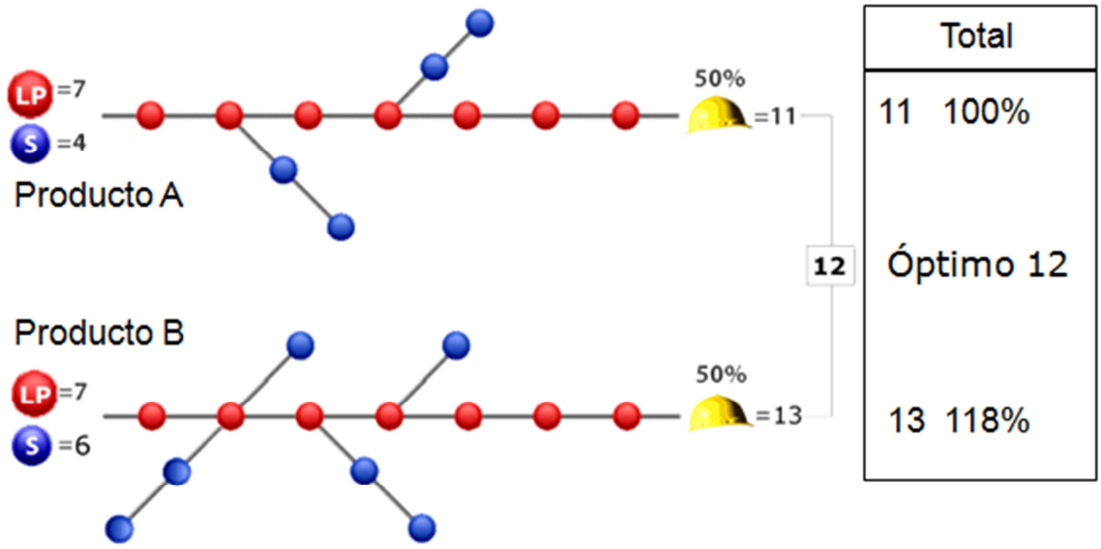


Figura 1.9

Ejemplo de variación en una línea de ensamble.[9]

[8] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)
[9] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

C.-Los procesos o pasos para producir un producto (figura 1.10), deben ser similares a los procesos de los otros productos, cuando se fabriquen en la misma línea. Sobre la línea principal debemos buscar que sean iguales.

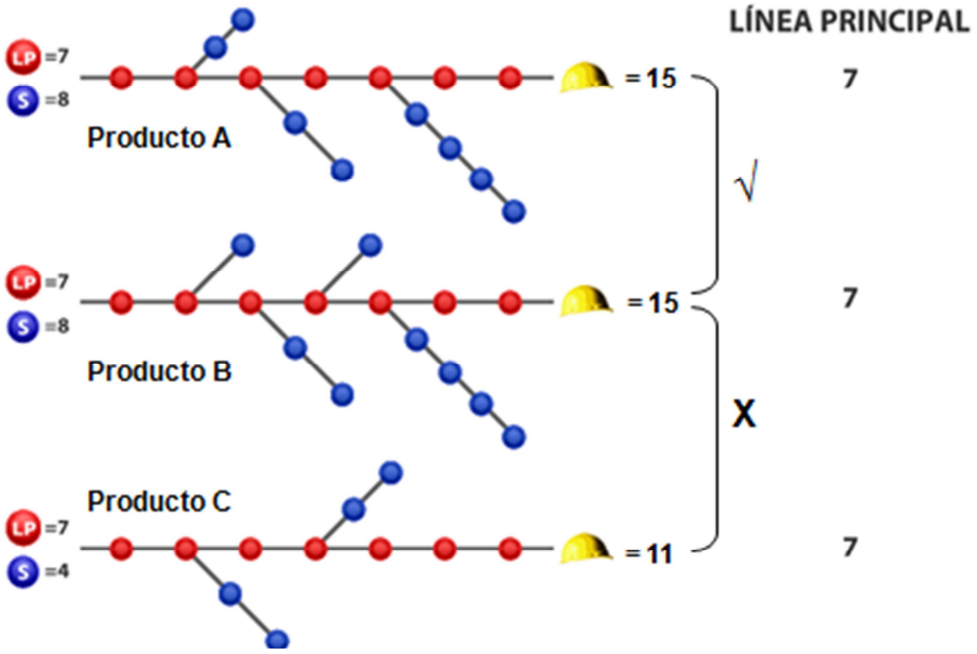


Figura 1.10

Ejemplo de tres productos donde A y B son compatibles y C no lo es.[10]

El siguiente elemento y posiblemente el más importante es el Tiempo *Takt* el cual nos indica el rito de producción basado en la demanda real del cliente. Esto puede ser expresado en la siguiente fórmula.

$$\text{Tiempo } Takt = \frac{\text{Tiempo neto de operación } \ /\text{Periodo } *}{\text{Requerimientos del cliente } \ /\text{Periodo } *}$$

*Los períodos deben ser consistentes (turno, día, semana, etc.)

El tiempo neto de operación por período es el tiempo total disponible para la producción, menos los paros programados, a continuación se muestra un ejemplo de cómo se calcula el Tiempo Takt:

[10] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

Tiempo neto de operador por turno	
Turno:	490
Descansos:	-30
Limpieza:	-5
	455

Requerimientos del cliente	
Requerimiento Mensual	11600
Días hábiles/mes	20
Unidades por día	580
Tiempo *Takt [s]*	35.3

El tiempo *takt* es solo uno, es determinado por la demanda del cliente (la cual solo la puede cambiar el cliente). Lo que se puede ajustar es el tiempo disponible para producción, el número de turnos a trabajar, el número de productos diferentes que se pueden correr en una misma celda o línea y el número de celdas haciendo un mismo producto.

El flujo continuo de operaciones consiste en producir una sola pieza a la vez en cada estación, utiliza el mínimo de material, espacio y operadores, conecta operaciones manuales y de máquinas, tiene una productividad consistente, el tiempo de espera más corto, las anormalidades se identifican inmediatamente y la automatización es simple y sencilla.

Esto tiene como beneficios el disminuir las condiciones de inseguridad, mejora el indicador de mano de obra directa, mejora el *yield* (indicador de calidad) de calidad y contribuye a alcanzar los objetivos de volumen y mezcla.

Definición de Trabajo: transforma materia prima o datos en productos o información que el cliente quiere y está dispuesto a pagar por ellos.

¿Qué es una operación estándar? Es la mejor combinación de personas y máquinas, utilizando los mínimos recursos posibles.

¿Por qué implementar operaciones estándar? Para posibilitar la identificación y eliminación de las variaciones en el trabajo del operador como son las variaciones en el tiempo ciclo del operador, variaciones en el Inventario estándar en proceso, variaciones

de calidad, sostener los logros obtenidos en actividades *Kaizen* anteriores y esto ayuda a establecer la base para actividades *Kaizen.*

Elementos de las Operaciones Estándar:

- Tiempo *Takt* / Tiempo Ciclo.
- Secuencia de trabajo.
- Inventario Estándar en Proceso.
- Tiempo Ciclo del Operador.

El tiempo de contenido de trabajo manual que se requiere para que un operador complete un ciclo de un proceso de trabajo, sin incluir las esperas.

El tiempo ciclo de operación incluye: operaciones manuales, caminata, inspección, carga, y descarga de materiales, calibraciones y mediciones. Las mediciones del tiempo ciclo del operador se usan para analizar la distribución del contenido de trabajo de cada operación, detectar desperdicios y eliminarlos.

Tiempo Ciclo (figura 1.11)

- Tiempo Ciclo de la Operación: la suma de los tiempos de descarga y carga, más el tiempo automático de la máquina. Las mediciones del tiempo ciclo de máquina se usan para determinar la capacidad de producción de una máquina.

- Tiempo Automático de Máquina: el tiempo que requiere una máquina para completar su ciclo automático.

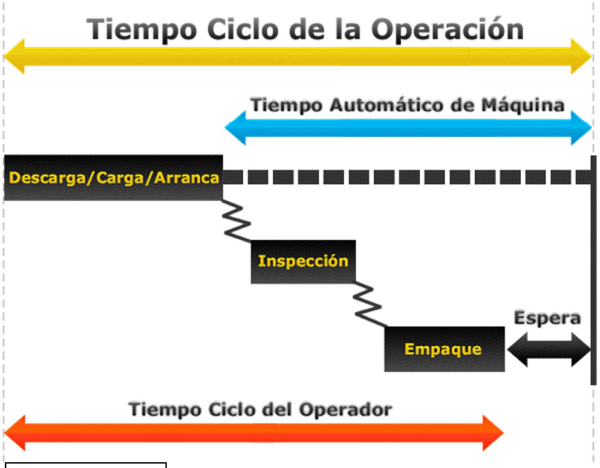


Figura 1.11

Tiempo ciclo de operación.[11]

[11] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

Recomendaciones para el Tiempo ciclo (figura 1.12):

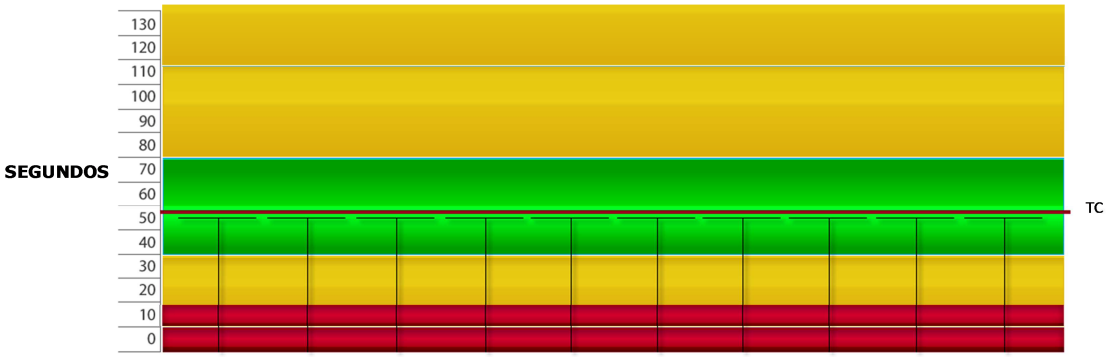


Figura 1.12

Recomendaciones para el tiempo ciclo.[12]

- Menor a 20 [s] se vuelve estresante y con grandes cantidades de actividades sin valor agregado, cualquier variación genera problemas (atrasos).
- Óptimo entre 40 [s] y 80 [s] se obtienen beneficios en reducción de tiempo de no valor agregado y es más sencillo el balanceo.
- Mayor a 80 [s] se recomienda generar kit de partes

Una Secuencia de trabajo es una serie de pasos preestablecidos, asignada a un solo operador y está balanceado al tiempo *takt*.

El inventario estándar en proceso (IEP) es el inventario mínimo que se requiere para completar una secuencia de trabajo, según la demanda.

El inventario en proceso (WIP) es aquel que está esperando a ser procesado y que ha sufrido una transformación por lo que pertenece al área donde será ocupado.

La ergonomía es la disciplina que se ocupa de adaptar la máquina al hombre para disminuir las lesiones y aumentar la productividad. A continuación se enlistan algunos principios básicos de ergonomía:

- Todo el trabajo a la altura del ombligo.
- Trabajo horizontal, sin puntos ciegos de operación.
- La presentación de partes en un rango de 45° en abanico.
- Alcance del brazo a 30 cm.
- Todos los ensambles / partes / máquinas a una altura común.

[12] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

- Partes y herramental en el orden de uso.
- Facilidad de sujetar / leer / seleccionar partes y herramientas.
- Postura natural para el trabajo (parecida a la posición de caminata).

Al realizar un estudio en piso hay que seguir ciertas reglas de cortesía las cuales son el presentarse, explicar que se esta haciendo, involucrar a la gente del proceso, al tomar notas mostrarlas y agradecer.

La observación de tiempos se usa para analizar las operaciones y fragmentarlas en elementos pequeños (de 3 a 5 segundos de duración) y con esto establecer el tiempo más bajo y repetible de cada ciclo del operador. A continuación se muestra la gráfica de tiempo *takt* contra tiempo ciclo (figura 1.13).

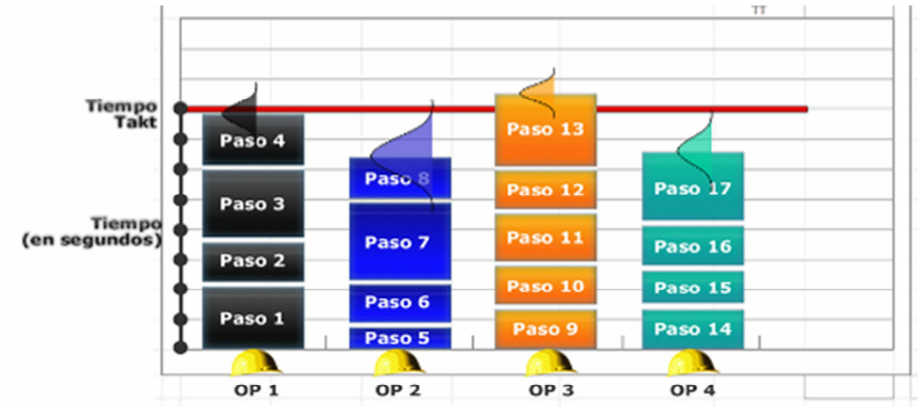


Figura 1.13

Gráfica de Tiempo *Takt* vs. Tiempo ciclo.[13]

El número de operadores que se necesitan en la línea para trabajar en tiempo Takt se obtiene mediante una ecuación:

$$\text{Numero de operarios} = \frac{\text{Suma de tiempos ciclo}}{\text{Tiempo takt}}$$

Al realizar el cálculo del número de operadores, podemos seguir las siguientes pautas para determinar el número de operadores en una línea.

[13] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

Tabla 1.1 Pautas para determinar el número de operadores

Balance del cálculo del número de operadores (después de eliminar desperdicios)	Guía/Objetivo
<.3	No añadir in operador extra Reduce el desperdicio y el trabajo acíclico
.3 - .5	No agrague un operador extra aún. Después de 2 semanas de operación en la línea y Kaizen, evalué si se puede sacar suficiente desperdicio y trabajo acíclico
>.5	Añada u noperador extra y siga reduciendo desperdicio y trabajo acíclico para, con el tiemopo, eliminar la necesidad de dicho operador en la línea.

Al balancear el trabajo, el método tradicional (figura 1.14) te sugiere que la carga a los operadores este completamente balanceada pero *Lean* (figura 1.15) sugiere que el desperdicio se asigne a un solo operador para que el también realice otras operaciones como son el cubrir idas al baño, abastecimientos, retrabajos, etc.

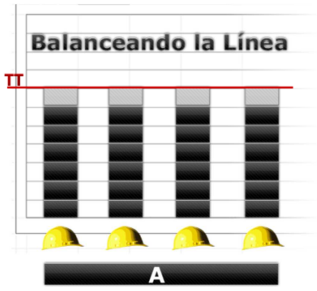


Figura 1.14

Balance tradicional.[14]

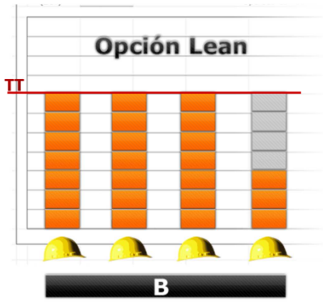


Figura 1.15

Balance *Lean*.[15]

Para lograr el flujo continuo de operaciones es recomendable centrar la atención en:

- Ordenar máquinas.
- Ordenar estaciones de trabajo.
- Definir los sistemas de manejo de materiales, cantidades, presentaciones, lugar de abastecimiento, frecuencia de abastecimiento.

[14] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)
[15] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

El *layout* (figura 1.16) de la estación de trabajo es la representación gráfica de un proceso, donde se muestra el acomodo de máquinas, materiales y operadores.

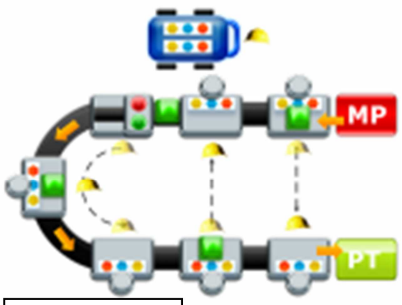


Figura 1.16

Representación de Layout.[16]

Un buen *layout* puede correr con una persona o con el total de personas para el que fue diseñado con la menor cantidad de desperdicios posibles combinaciones de trabajo a diferentes tiempos *takt*.

[16] (Corpotarivo industrial Mabe Lean)

1.8.2 FLUJO DE MATERIALES

Es un sistema cuyo objetivo es alcanzar un movimiento eficiente de materiales; reduciendo el tiempo desde el pedido de materia prima hasta el surtimiento al cliente, eliminando desperdicios en las actividades de recibir, almacenar, producir y embarcar las piezas o productos.

Flujo de materiales se enfoca a resolver problemas como dificultad para rastrear las partes, desperdicio de espacio, paros de línea, exceso de inventario, movimientos con montacargas, costo para conseguir el material "faltante" y costo de las horas extras para recuperar la producción perdida.

Participantes en el sistema de flujo de materiales dentro de planta (figura 1.17).

Figura 1.17

Participantes en el sistema de Flujo de materiales.[17]

Un sistema de flujo de materiales *lean* debe tener la siguiente visión:

- Un supermercado de partes compradas cerca del área de recibo.
- Mínimo inventario en proceso en las áreas productivas.
- Un supermercado de producto terminado cerca del área de embarque.
- Estaciones que faciliten la entrega de material.
- Amplias vías de acceso de uno y dos sentidos.
- Acceso restringido a montacargas.

[17] (Corporativo Industrial Mabe Lean)

- Las rutas de entrega abastecen secciones de la planta, no un departamento específico.
- Las partes son entregadas directamente del supermercado a las manos del operador.

Para tener un sistema de flujo de materiales es necesario contar con cuatro elementos los cuales se muestran en la siguiente figura (figura 1.18).[18]

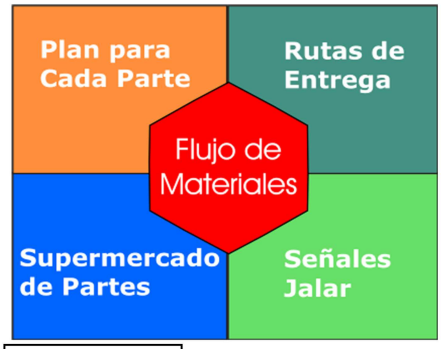


Figura 1.18

Elementos del sistema de flujo de materiales.[18]

1.- Plan para cada parte PFEP (*Plan For Each Part*)

El plan para cada parte es el "código genético" de tu planta, es una base de datos, creada para mantener y organizar toda la información necesaria; de todas las piezas involucradas en tu proceso de manufactura, como el número de parte, el volumen y el lugar donde se usa, cantidad y tamaño del empaque e información del proveedor.

El tipo de base de datos que se debe usar debe tener la capacidad de clasificar (Excel, Access), debe ser amigable y fácil para leer o imprimir. El grado de detalle de esta base de datos tiene que responder a algunas preguntas como:

- Número de parte.
- Volumen requerido.
- Empaque, actual y requerido.
- Información del proveedor: nombre, ubicación, confiabilidad.
- Información de entrega: frecuencia, confiabilidad.

[18] (Corporativo Industrial Mabe Lean)

- Confiabilidad de los procesos internos.
- Lugar para ubicar el sobre inventario.

Tabla 1.2 Información típica que contiene un PFEP	
Número de parte	Número utilizado en la planta para identificar el material
Descripción	Nombre del material
Consumo diario	Cantidad de material utilizado
Ubicación de consumo	Área/proceso donde el material es utilizado
Frecuencia del pedido	Frecuencia de los pedidos de material al proveedor
Proveedor	Nombre del material
Cuidad del proveedor	Ciudad donde se localiza el proveedor
País del proveedor	País donde se localiza el proveedor
Tipo de contenedor	Tipo de contenedor
Peso del contenedor	Peso del contenedor vacio
Peso de la pieza	Peso de una pieza
Peso total del empaque	Peso de un contenedor lleno de material
Largo del contenedor	Largo del contenedor
Alto del contenedor	Alto del contenedor
Ancho del contenedor	Ancho del contenedor
Consumo por hora	Número de piezas que se utilizan en una hora

Para desarrollar está base de datos es necesario escoger el programa en el que se manejará la base de datos, hay que establecer el grado de detalle que tendrá el PFEP de acuerdo a las necesidades de la planta y por ultimo hay que llenar el PFEP empezando con las piezas que se usan en el proceso que sirve de marcapasos.

Para mantener dicha base de datos es recomendable que solo una persona sea responsable del PFEP y solo esta persona deberá hacerle los cambios necesarios, enterarse de cualquier cambio que afecte el PFEP y tener el PFEP en una ubicación en donde todos en la compañía puedan consultarlo.

Para que la planta llegue a ser *lean*, los materiales deben nivelar, balancear y programar la producción, hay que tener el menor inventario posible tanto de partes compradas como fabricadas y producir lo que se necesita cuando lo necesita el cliente. Al programar es

necesario considerar que los pronósticos son siempre incorrectos y que el trabajo nunca se realiza como lo sugieren los pronósticos.

Nivelar la producción es la condición más importante para minimizar los desperdicios de personal, equipo e inventarios, este es el medio para adaptar la producción a la demanda variable. Aquí los recursos no están definidos para las demandas pico, o los productos con mayor cantidad de trabajo y la nivelación te da la confianza para producir lo que puedes producir, y se elimina el miedo de tener cambios repentinos en los programas de producción.

En este punto el equipo de materiales tiene el rol de nivelar, balancear y programar la planta, monitorear y revisar que la programación sea acorde a los requerimientos del cliente e impulsar la generación del *pitch*.

El *pitch* es el incremento consistente de trabajo, normalmente calculado por la cantidad de piezas que contiene un empaque. Por ejemplo si el tiempo *takt* es de 30 segundos y la cantidad de piezas por contenedor es de 20 piezas entonces el *pitch* es de 10 minutos (30 segundos X 20 piezas = 10 minutos), en otras palabras cada 10 minutos quien fabrica las piezas debe de llenar un contenedor (PT) y deberá terminarse las piezas de un contenedor (MP).

Para tener un PFEP exitoso debe tener un mantenimiento controlado en una sola base de datos, tiene que establecer un sistema que sirva para recolectar la información cuando se deba actualizar, hay que usar un programa que le permita clasificar la información, según a las necesidades de la planta y hay que cargar la información lo más detallada posible (ejemplo: el tamaño del contenedor debe tener tres diferentes características, Ancho, fondo y alto).

Al implementar el PFEP (figura 1.20) todos saben que piezas y el lugar donde se usan con solo revisar el PFEP.

2.- Supermercado

Un supermercado es un nivel controlado de inventario en una ubicación específica y se usa para almacenar partes de un proceso a otro, cuando las velocidades, la confiabilidad y otras circunstancias no permiten el flujo continuo de una sola pieza. Para desarrollar un supermercado es necesario saber su tamaño y esto se calcula de la siguiente manera:

Nivel máximo de inventario planeado =

Requerimiento Diario (piezas)	X	Tamaño del Embarque (días)	+	Inventario de Seguridad

Por ejemplo si una vez a la semana se recibe embarque, el tamaño del embarque es igual a 5 días y se consumen 800 piezas al día.

Numero de parte: 200D1014P001

(800 piezas	X	5 días)	+	Inventario de Seguridad (piezas)

Para determinar el tamaño del inventario de seguridad del supermercado de partes es necesario considerar la frecuencia se recibe el material, comportamiento histórico de la calidad del proveedor, desempeño del proveedor con respecto a entregas a tiempo, confiabilidad del transporte, distancia a la que está el proveedor y nivelar las áreas que usen estos componentes.

Por ejemplo cierta empresa se dio cuenta de que necesitaba un día de inventario por falta de confiabilidad en el proveedor y un día extra por falta de confiabilidad del transportista. Con esto podemos determinar de que tamaño es el inventario de seguridad y para ello hay que considerar que necesitamos un día por falta de confiabilidad del proveedor y otro día por falta de confiabilidad del transportista

Numero de parte: 200D1014P001

(800 piezas	X	5 días)	+	1600

Nivel máximo = 5,600 piezas.

Es recomendable revisar el inventario de seguridad cada vez que se pueda y ajustarlo hacia la baja, hay que trabajar para resolver los problemas que causan la necesidad de tener un inventario de seguridad ya que el inventario de seguridad es desperdicio, pero a veces es necesario.

El nivel de inventario mínimo se calcula de forma tal que, cuando lleguen las piezas se pueda seguir trabajando sin afectar la producción. Cuando el supermercado llegue al nivel

mínimo, debe de ser tratado como si hubiera cero partes, de lo contrario no habrá piezas y por consiguiente parará la producción. A continuación se muestra un ejemplo de un nivel mínimo de inventario:

Beachmold México ha mantenido los dos días de inventario en el supermercado en la planta de refrigeradores Querétaro, por lo cual se considera que es un buen proveedor. Ahora la planta de refrigeradores tiene que determinar el tiempo necesario para expeditar este número de parte, asumiendo que Beachmold México tiene un inventario de piezas en su planta.

- Conseguir el transporte= 1 hora.
- Cargar el transporte = 1 hora.
- En Tránsito = 3.5 horas.
- De recibo a ensamble = 0.5 hora.
- Requerimiento diario = 800 piezas.
- Horas por turno = 8.
- Piezas por hora = 100.

TIEMPO TOTAL nivel mínimo <u>6 horas</u>

- Inventario mínimo = 6 hrs X 100 piezas/hr.
- Inventario mínimo = 600 piezas.
- Nivel mínimo = 600 piezas.
- Piezas por contenedor = 20.

Mínimo de contenedores: 30 contenedores.

Mínimo de piezas: 600 piezas.

Para desarrollar un supermercado es necesario saber de que tamaño debe ser y el primer paso es determinar la cantidad de contenedores, para ello se ocupa la siguiente ecuación:

$$\frac{Nivel\ máximo\ de\ inventario}{Cantidad\ de\ partes\ por\ contenedor} = Cantidad\ máxima\ de\ contenedores$$

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se realiza este cálculo:

$$\frac{2400\ piezas}{20\ piezas\ por\ contenedor} = 120\ contenedores$$

Con la cantidad de contenedores y sus dimensiones se puede determinar el espacio necesario para el supermercado.

Para reducir los niveles de inventario es necesario rastrearlos y buscar que exista una alta rotación para evitar tener sobreinventarios. Un inventario que se comporta de forma correcta debe estar por debajo del nivel máximo con una alta rotación. Para rastrear estos niveles de inventario es necesario obtener cierta clase de información que se puede obtener de nuestro PFEP.

Otra de las implicaciones que tiene el tener supermercado es el donde se va a localizar y para es necesario saber las cantidades y medidas de los contenedores para calcular y diseñar racks de manera apropiada. Este cálculo se muestra a continuación con el siguiente ejemplo:

Determinar el tamaño del rack (figura 1.19) necesitado para la parte 200D1014P001

Medidas:

- Largo 60 cm
- Ancho 20 cm
- Alto 20 cm

Cantidad máxima de contenedores:

120 Contenedores

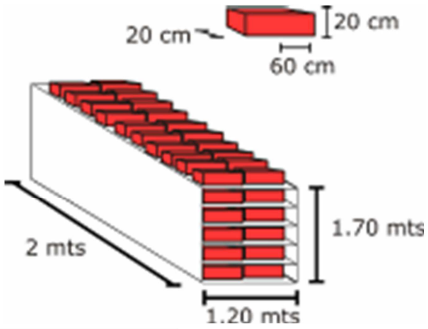


Figura 1.19

Diseño de un rack.[19]

Un supermercado se rige por la administración PEPS (primeras entradas, primeras salidas) la cual se comporta de la manera en que se muestra la figura (figura 1.20).

[19] (Corporativo Industrial Mabe Lean)

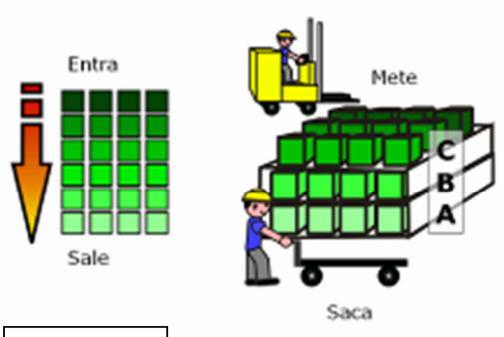


Figura 1.20

Sistema PEPS.[20]

Claves para un supermercado exitoso:

- Debe ser accesible para los movedores de material de la ruta.
- Debe de tener un lugar específico para cada número de parte diferente.
- Deben de ser visuales.
- Se deben tener identificados los niveles máximos y mínimos.
- Debe de estar cerca de recepción de material.
- Los supermercados de Inventario en Proceso (WIP), deben estar situados en el área de producción.
- Uso de racks con camas de rodillos
- El material debe ser fácilmente agarrado con la mano.
- El arreglo del material debe facilitar las primeras entradas, primeras salidas.

3.- Desarrollar un sistema de señales

El sistema de señales es el tercer elemento del sistema de flujo de materiales y estas tienen como objetivo el indicar al supermercado cuando abastecer. Hay diferentes tipos de señales como pueden ser las tarjetas *Kan-ban*, el uso de un andón o ubicaciones faltantes.

Las señales jalar tienen el propósito de ser la única autoridad para mover el material, son visuales y no tiene ningún otro uso, deben de poder ser identificadas por color, dependiendo de la ruta o el área en donde se utiliza, tienen que ser fáciles de leer el código de barras para poder solicitar material a los proveedores, además son fáciles de auditar y solo las tarjetas, no contenedores vacíos entran al supermercado.

[20] (Corporativo Industrial Mabe Lean)

La importancia de las señales jalar es que representa un contenedor con la cantidad estándar de piezas, sin señales no hay partes, las señales jalar son la forma como el departamento de materiales, controla los niveles de inventarios y lo más importante, es manejar el sistema de forma apropiada.

Una señal jalar debe contener cierta información como la que se muestra en el siguiente ejemplo (figura 1.21):

Número de parte

Donde se usa: (área de entrega)

Contenedor estándar

Tarjeta # __ de__.

Ubicación en el supermercado

MIN. 4

MAX. 10

Figura 1.21

Información de una señal jalar.[21]

La cantidad de las señales jalar en el sistema se puede calcular con la siguiente fórmula:

Contenedores Usados por hora	X	3	X	Frecuencia De la ruta

A continuación se muestra un ejemplo de la cantidad de tarjetas en el sistema para un componente con un consumo de tres contenedores por hora y con una ruta que tiene una frecuencia de una hora.

3 Contenedores Se usan por hora	X	3	X	1 hr. Frecuencia De la ruta	=	9 tarjetas

4.- Rutas de entrega

Las rutas de entrega es el último elemento del sistema de flujo de materiales que se enfoca en entregar las partes del supermercado al área productiva.

[21] (Corporativo Industrial Mabe Lean)

El movimiento del material se realiza a través de rutas para aumentar la eficiencia como lo realiza un camión en comparación a un taxi (figura 1.22).

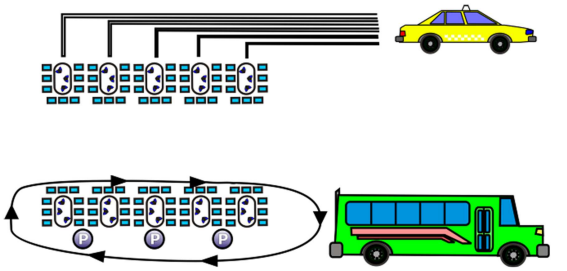


Figura 1.22

¿Qué es más eficiente, un camión o un taxi? [22]

El objetivo de usar rutas estándar de entrega de materiales es para estandarizar el tiempo y la cantidad de materiales, que se entregará a los procesos productivos ya que con eso controlas la cantidad de Inventario y el espacio requeridos en el piso de producción y se puede revisar las rutas con un pizarrón de estatus.

Existen varios tipos de equipos pueden ser usados para la entrega de material dentro de la planta como son tuggers, carritos que se empujan, bicicletas, etc. Al diseñar una ruta se puede realizar de dos maneras las cuales son la ruta simple y compartida.

Ruta simple: en este tipo de rutas, el movedor de materiales es el que recoge las tarjetas y él mismo rellena los contenedores. El factor es 3 porque habrán 2 horas de material en el piso y el traerá 1 hora de tarjetas para rellenar.

Ruta compartida: en este tipo de rutas, el movedor de materiales es el que recoge las tarjetas, pero hay otra persona que rellena los contenedores. El factor es 4 porque habrán 2 horas de material en el piso y el traerá 1 hora de tarjetas para rellenar y se estará rellenado otra hora más en el almacén.

El operador de la entrega de materiales, solo hará tres cosas en cada parada que haga:

1. Entregar productos.
2. Recoger contenedores vacíos.
3. Recoger señales jalar (tarjetas *kan-ban*).

[22] (Corporativo Industrial Mabe Lean)

Tabla 1.3 Tiempos estándar de ruta de surtimiento		
1 Paso (75 cm.)	=	0.6 [s].
Velocidad del tugger= 67 m/min. 4 km/h	=	1.12mts por [s].
Subirse al tugger	=	3.9 [s].
Bajarse del tugger	=	3.9 [s].
Entregar contenedor/ Recoger contenedor Vacio*	=	7.0 [s]. Por contenedor
* Incluye tomar el contenedor del tugger, caminar al punto de uso, colocar el contenedor en el anaquel, y tomar el contenedor vacio y la tarjeta *Kan-ban*.		

Para determinar el tiempo de la ruta de entrega es necesario ir al piso, medir distancias y hay que usar el PFEP para determinar la cantidad de contenedores a usar por hora por ejemplo aquí se muestra el cálculo para 1 sola parada.

Tiempos de viaje a la celda (30m a 1.12m/[s])	=	26.8 [s]
Bajarse del tugger	=	3.9 [s]
Entregar contenedor/ Recoger contenedor Vacio (3 contenedores x hora x 7 [s].	=	21.0 [s]

Subirse al tugger	=	3.9 [s]
Tiempo de regreso al almacén (25 metros)	=	22.3 [s]
Tiempo total	**=**	**77.9** [s] **(1 min. 18** [s]**)**

En un sistema *Lean* de manejo de materiales se entregan en lotes pequeños, la entrega es frecuente, hay un uso eficiente del tugger, la presentación del material es adecuada para el operador que le agrega valor al producto y se minimiza el material en el proceso.

Al entregar también en kit´s de partes todo se mantiene igual hasta que la señal jalar indica cambio de kit, los kit´s son entregados por la ruta y sigue los principios de rellenar, la programación es desde el supermercado, aquí está la orden, y aquí están las partes para hacer la orden y mantiene un sistema justo a tiempo

Al entregar materiales en el punto de uso, implica que el lugar donde se agregar valor debe ser dentro de la celda, las celdas están diseñadas para los trabajadores que se encuentran dentro de ella y los contenedores deben de ser entregados a los dedos del operador de la celda, por el operador de la ruta de entrega (Corporativo Industrial Mabe Lean).

1.8.3 FLUJO DE INFORMACIÓN

Es un sistema que con base en el requerimiento del cliente, permite que el flujo de materiales y de operaciones, se realice de una manera eficiente y efectiva.

VALUE STREAM MAP (VSM) es una herramienta fundamental para identificar cómo es que se encuentra el flujo de información es el mapa de cadena de valor (VSM) el cual engloba todos los pasos, actividades u operaciones (que agregan valor o no agregan valor) requeridas para fabricar un producto o prestar servicios desde los proveedores hasta el cliente final.
Es una herramienta que por medio de simples iconos y gráficos muestra la secuencia y movimiento de la información, materiales y las diferentes operaciones que comprenden la cadena valor. En el VSM se asignan indicadores *Lean* a cada una de las operaciones con el fin de conocer el estado actual y poder identificar oportunidades de mejora. A continuación se muestra un VSM tradicional (figura 1.23) y ese mismo pero con un valor ideal (figura 1.24).

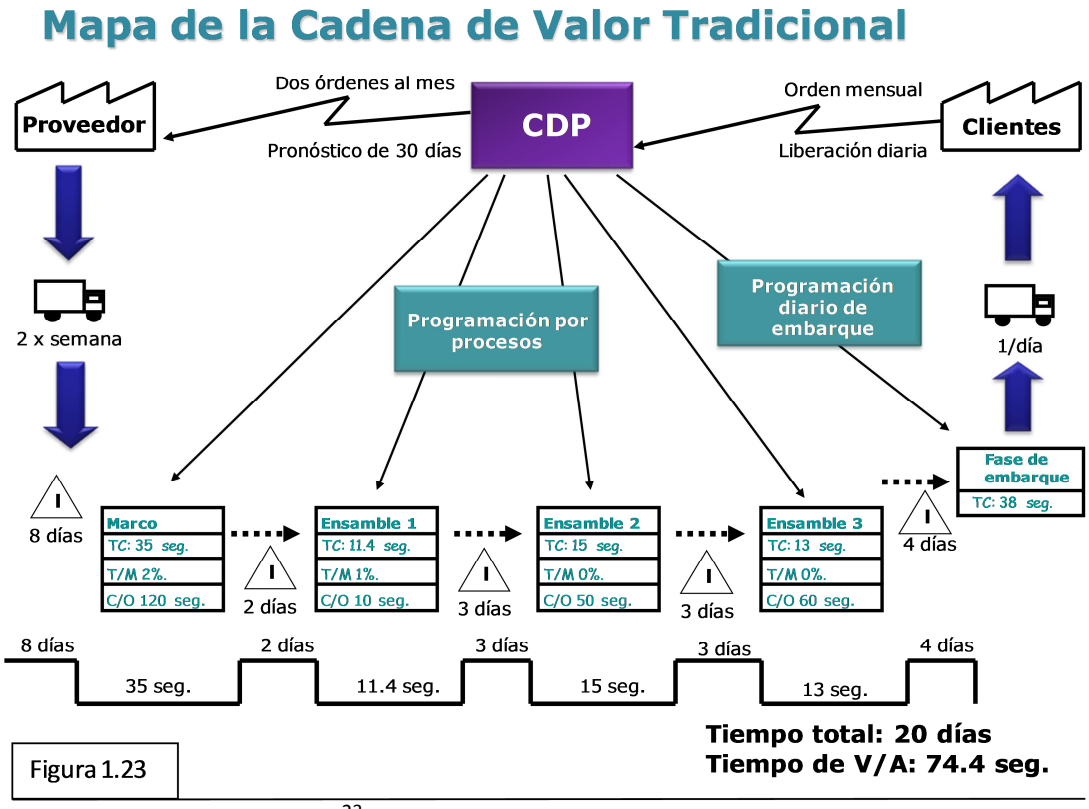


Figura 1.23

Cadena de valor tradicional.[23]

[23] (Corporativo Industrial Mabe Lean)

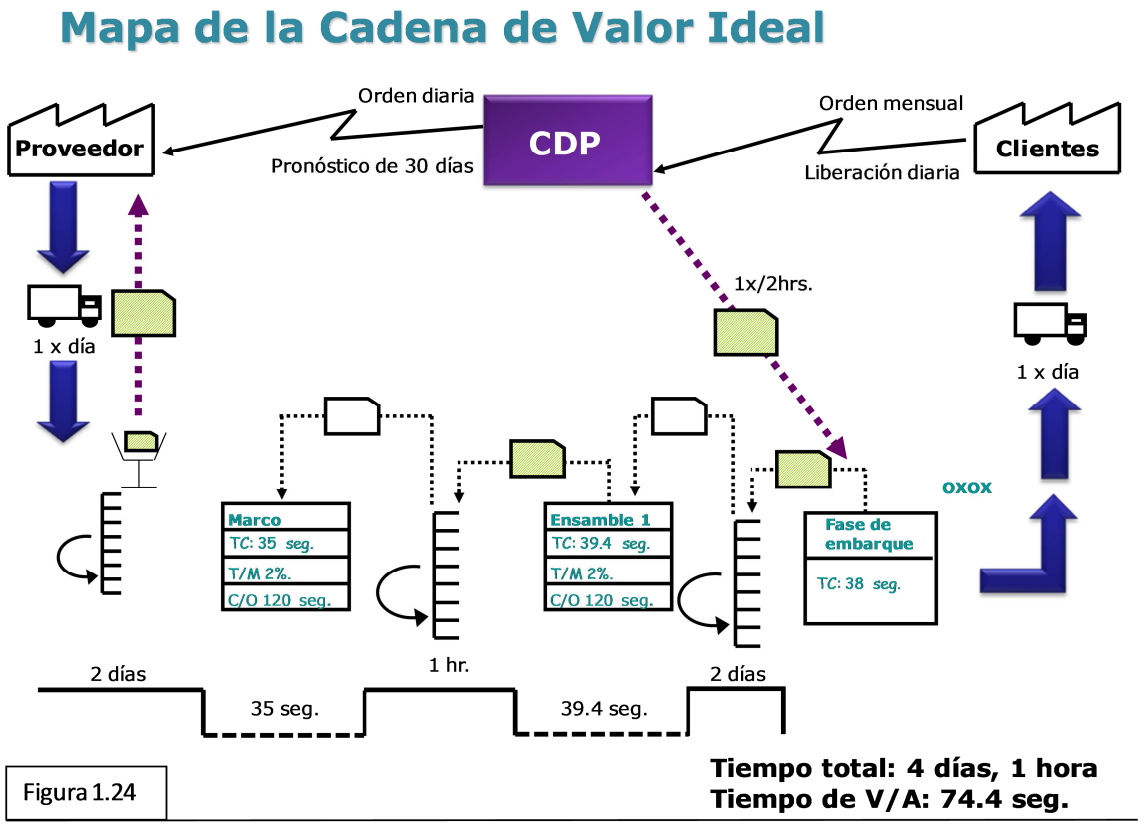


Figura 1.24

Cadena de valor ideal.[24]

El VSM tiene las ventajas de permitir visualizar el proceso, crear el estado actual del proceso, permite entender el mapa general del proceso por cualquier persona de la compañía, resalta la información entre los flujos de información y materiales y ayuda a identificar las áreas oportunidades de mejoramiento, actividades que agregan y no agregan valor y por lo tanto puntos de reducción de desperdicios (BOM Consulting).

Los elementos del sistema de flujo de información se conforman por un sistema de señales (tarjetas *kan-ban*), el tablero de producción *pacemaker* y tablero de proceso de producción.

Las tarjetas *Kan-ban* sirven para controlar la información de producción y de surtimiento, ayuda a que la información llegue a quien tiene que llegar, ayuda a controlar el inventario y genera el flujo continuo de materiales.

El tablero de producción *pacemaker* sirve para el control de la información, solo debe de usarse donde se programa la planta, generalmente es en el último proceso. Por lo que se

[24] (Corporativo Industrial Mabe Lean)

recomienda ubicarlo en el almacén de partes compradas y es administrado por la gente de control de producción.

Mientras que el tablero de proceso de producción sirve para el control de la información en los procesos productivos, muestra la secuencia de producción indicando lo que se va a producir, lo que se está produciendo y lo que ya se produjo y este tipo de tablero solo debe usarse en los procesos de producción (Corporativo Industrial Mabe Lean).

1.9 7 S´s

7 S's, es, un proceso y un procedimiento para crear y mantener un lugar de trabajo, organizado, limpio y de alto rendimiento. Es considerada una herramienta fundamental para llevar a cabo la mejora continua. Las ventajas de un programa de 7 S´s son:

- Genera un ambiente apropiado para el trabajo estándar.
- Requisito indispensable para asegurar la calidad.
- Estimula el control visual.
- Ayuda a identificar el desperdicio.
- Otorga un alto valor a la seguridad.
- Promueve la satisfacción del empleado.

Pasos para logara la metodología 7 S's

- Paso 1: Seiri – Separar.
- Paso 2: Seiton – Ordenar.
- Paso 3: Seiso – Limpiar.
- Paso 4: Seiketsu – Seguridad.
- Paso 5: Seido – Estandarizar.
- Paso 6: Shitsuke – Disciplina.
- Paso 7: Shikari – Constancia.

1 S "Separar"

Mantener solo lo necesario en el área de trabajo, separando y eliminando cualquier objeto que no sea útil.

Para lograr lo anterior, debemos empezar a separar las cosas.

- Lo que sirve, de lo que no sirve.
- Lo necesario, de lo innecesario.
- Lo Suficiente, de lo excesivo.(Reduce costo)

2 S “Ordenar”

Mantener todos los objetos necesarios del área en orden para un acceso más rápido.”Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. Una forma de empezar a ordenar es definiendo el área o lugar para colocar las cosas, estas deben estar cerca del proceso.

3 S “Limpiar”

Mantener el área de trabajo limpia, libre de polvos y suciedad.

Es el aseo de las áreas de trabajo, talleres, maquinaria, oficinas y equipo después de su uso, identificando las causas principales de la suciedad y estableciendo acciones correctivas para evitar su recurrencia. “Un lugar de trabajo limpio mejora la calidad, la seguridad"

4 S “Seguridad”

Crear un lugar de trabajo seguro para eliminar riesgos buscando la salud y el bienestar de la persona para que pueda desarrollar de una manera fácil y cómoda sus funciones.

5 S “Estandarizar”

Normalizar o fijar especificaciones, estándares y procedimientos para la aplicación, seguimiento y medición de las 7S’s de tal manera que todos ”Hablemos el mismo idioma” en todos las áreas de la planta. Para lograr que los esfuerzos sean perdurables y mejore el ambiente de trabajo, es necesario:

- Que existan reglas y procedimientos que definan como hacer las cosas.
- Que se sincronicen los esfuerzos de todos y que todos actúen al mismo tiempo.
- Implementación de “Seguridad y Estandarización”
- Haga auditorías semanales de 7 S’s para detectar las anormalidades.
- Determine la(s) causa(s) raíz de las anormalidades de 7 S’s.
- Implemente contramedidas para evitar las anormalidades (Acciones Correctivas 7 S’s).

6 S “Disciplina”

Apego al conjunto de reglas y procedimientos internos generales y propios de cada area, en especifico relacionados con los cinco puntos anteriores, de tal forma que se logre incorporarlos, hacelos una " Forma de vida" y desarrollar en la persona un comportamiento "confiable".

La disciplina implica:

- Realizar auditorias periodicas para mantener el sistema 7S's.
- Reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Trabajar en equipo.

7 S "Constancia"

- Capacidad de permanecer firmes e inquebrantables en los objetos fijados como estandares para las primeras S's.
- Satisfaciendo siempre tanto al cliente interno como externo. Este es el corazón de las 7S's.

2.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

2.1 Comunalidad dentro de línea

Para realizar un plan integral de separación de líneas es necesario realizar un estudio de comunalidad dentro de las líneas de ensamble. Este estudio nos ayuda a identificar si tenemos los productos correctos en las líneas correctas, además de saber a que ritmo producir con la nueva mezcla y volumen de productos.

Este estudio está respaldado por la metodología de ensamble de origen Japonesa "*LEAN MANUFACTURING*" aplicando uno de los tres flujos el cual es "Flujo de Operaciones" que nos dice que los procesos o pasos para producir un producto deben ser similares a los procesos de los otros productos cuando se fabriquen en la misma línea. Esta similitud entre modelos se ve limitada a solo variar un 20% de un modelo a otro para que puedan convivir en la misma línea, esto se ve ilustrado en la figura 1.10.

En el diagrama citado se identifica una necesidad de realizar una separación de modelos debido a que a pesar de tener el mismo número de ensambles en la línea principal, hay una gran diferencia respecto a lo que sucede en los subensambles ya que los dos primeros modelos requieren ocho y el último solo necesita cuatro, lo que significa una variación del 27% en el proceso de ensamble. La figura 1.9 indica como se realiza el cálculo para determinar esa variación en el contenido del trabajo, además de mostrar que si pueden convivir estos modelos porque la variación del contenido de trabajo es menor al 20%. Esto es tanto en la línea principal como en el total de la línea.

2.2 ESTUDIO DE COMUNALIDAD

Nuestro estudio se enfocó en el análisis de la familia de estufas eléctricas que corren en la "Línea A" la cual muestra el siguiente árbol de alternativas (figura 2.1):

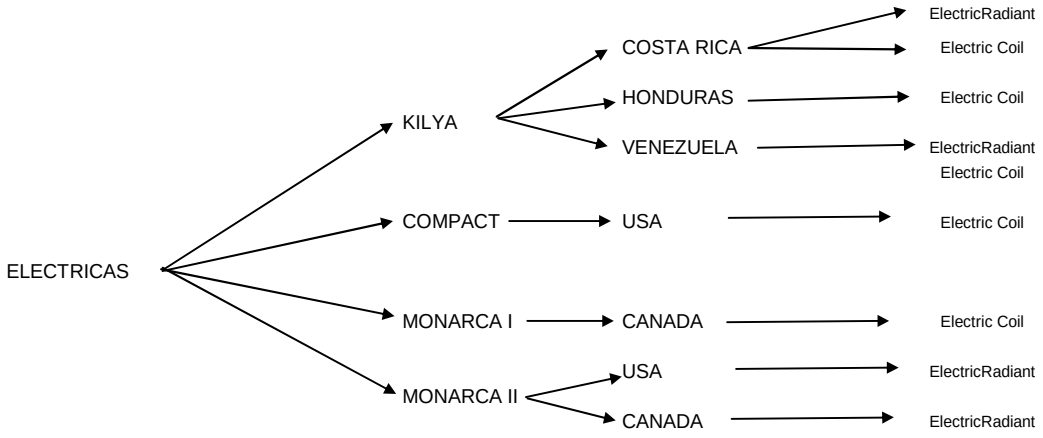


Figura 2.1

Modelos que corren en la Línea "A"

Ahora se procede a evaluar todos los modelos en una matriz de cumunalidad, la cual contempla tres aspectos los cuales fueron el número de ensambles a realizar, el *lead time* (tiempo de proceso) de producción y el número total de piezas por estufa. Una vez realizado este estudio obtuvimos los siguientes resultados:

La demanda durante el periodo en que se realizó el estudio se muestra en la siguiente tabla (tabla 2.1):

Tabla 2.1 Mezcla y Volumen Línea "A"

Marca	Modelo	Familia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
HOTPOINT	R A720 K1WH	Compact	1,515	2,170	963	3,196	2,756	1,507	2,845	2,690	1,929	19,571
HOTPOINT	R A724 K1WH	Compact	1,177	1,892	4	798	1,862	1,775	938	1,645	1,415	11,506
General Electric	JCAS730 M1WW	Mph1	523	571	119	243	612	691	423	307	435	3,924
HOTPOINT	R A720 K1CT	Compact	219	145	144	260	96	993	240	301	232	2,630
General Electric	J AP02S N1SS	Mph2	42	39	-2	21	102	211	367	101	185	1,066
General Electric	J AS02S N1SS	Mph2	87	61	0	0	149	101	449	42	148	1,037
General Electric	JCAS745 M1WW	Mph2	160	27	2	0	0	25	114	111	38	477
General Electric	JCAP760WM1WW	Mph2	0	32	23	1	1	76	2	172	40	347
General Electric	EG51EC40BBE0	Kilia Elec	122	51	3	0	0	98	45	15	0	334
General Electric	EG51EC50BBE0	Kilia Elec	87	2	0	0	0	54	58	23	0	224
General Electric	EG51EC50LLE0	Kilia Elec	85	50	0	0	0	38	32	5	0	210
General Electric	JCAP750WM1WW	Mph2	0	10	0	0	0	26	0	30	54	120
General Electric	JCAS745 M1BB	Mph2	20	88	0	0	0	0	0	0	45	153
General Electric	EG51EC40LLE0	Kilia Elec	0	0	0	1	0	30	13	5	0	49
General Electric	EG51EH40BBE0	Kilia Elec	0	0	1	0	10	15	0	0	0	26
General Electric	EGE204HBBE1	Kilia Elec	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
General Electric	JCAP760SM1SS	Mph2	3	0	1	0	0	0	1	0	0	5
General Electric	JCAP765GM1SS	Mph2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
General Electric	JCAS745 M1SS	Mph2	17	1	0	0	0	0	0	0	0	18

Con esto podemos observar que la familia con el mayor impacto en el volumen es Compact con un total de 33, 707 equipos, lo que representa un 80.8% del volumen, del cual el modelo R A720 K1WH es el de mayor demanda con 19,571 equipos. Es importante realizar esto porque al obtener el modelo con mayor volumen nos sirve de referencia para determinar la comunalidad respecto a los demás modelos.

Lo que sigue ahora en nuestro estudio fue revisar el número de ensambles dentro y fuera de línea y hacer una comparación de la variación del número de estos respecto a nuestro modelo con mayor volumen que en este caso es el R A720 K1WH de la familia de Compact, para lo cual obtuvimos los siguientes resultados (tabla 2.2):

Tabla 2.2 Conumalidad ensambles

RESUMEN COMUNALIDAD ENS LINEA "A"					
SISTEMA	FAMILIA	CARAC	DESTINO	N° DE ENS	VARIACIÓN
Radiante	Mph2	Self Clean	Canadá	126	14%
Coil	Mph2	Self Clean	Canadá	125	13%
Radiante	Mph2	Self Clean	USA	121	9%
Radiante	Mph2	Std	Canadá	119	7%
Coil	Mph1	Std	Canadá	116	5%
Radiante	Mph2	Std	USA	114	3%
Coil	Compact	Std	USA	111	0%
Radiante	Kilia exp	Std	Costa Rica	88	-21%
Coil	Kilia exp	Std	Honduras	86	-23%

Con esto podemos observar que los modelos de Kilia exportación por el número de ensambles no puede estar dentro de línea. A pesar de los resultados obtenidos, aquí no termina el análisis debido a que dentro de los subensambles requeridos para algunos modelos como son los *self clean* (sistema de autolimpieza) requieren mucho tiempo para ensamblar como son el pegado de cubierta, ensamble copete o motor, por lo que fue necesario que se realizara un estudio similar pero contemplando el tiempo total de ensamble. Este análisis se limitó solo a Compact y Monarca (tabla 2.3).

Tabla 2.3 Conumalidad de tiempos

RESUMEN COMUNALIDAD TIEMPO LINEA "A"					
SISTEMA	FAMILIA	CARAC	DESTINO	TIEMPO ENS (SEG)	VARIACIÓN
Radiante	Mph2	Self Clean	Canadá	3459	44%
Coil	Mph2	Self Clean	Canadá	3347	39%
Radiante	Mph2	Self Clean	USA	3367	40%
Radiante	Mph2	Std	Canadá	3076	28%
Coil	Mph1	Std	Canadá	2627	9%
Radiante	Mph2	Std	USA	2870	19%
Coil	Compact	Std	USA	2407	0%

Con esto se puede observar una gran variación en los tiempos de ensamble entre los modelos de Monarca Fase II, lo que claramente nos indica que estos modelos no pueden convivir dentro de la misma línea de producción.

La última prueba para verificar esta comunalidad dentro de la línea fue a través del uso de una matriz la cual indica el número de piezas a ensamblar en la línea de producción para los diferentes modelos que corren en esta. Al utilizar este método se concluye de la misma manera en donde la variación del número de piezas no debe ser del mayor 20 % para que los productos puedan convivir en la misma línea de ensamble. Los resultados de esta matriz se ven resumidos en la siguiente tabla (tabla 2.4).

Tabla 2.4 Conumalidad de piezas

RESUMEN COMUNALIDAD PIEZAS LINEA "A"				
MODELO	FAMILIA	DESTINO	Nº PIEZAS	VARIACIÓN
R A720 K1WH	Compact	USA	379	0%
R A720 K1CT	Compact	USA	375	-1%
R A724 K1WH	Compact	USA	399	5%
J AS02S N2SS	Mph2	USA	475	25%
J AP02S N1SS	Mph2	USA	654	72%
JCAP750WM1WW	Mph2	Canadá	595	57%
JCAP760BM1BB	Mph2	Canadá	624	65%
JCAP760SM1SS	Mph2	Canadá	659	74%
JCAP760WM1WW	Mph2	Canadá	624	65%
JCAP765GM1SS	Mph2	Canadá	658	73%
JCAS745 M1WW	Mph2	Canadá	581	53%
JCAS745 M1BB	Mph2	Canadá	577	52%
JCAS745 M1SS	Mph2	Canadá	609	60%
JCAS730 M1WW	Mph2	Canadá	514	36%
EG51EC40BBE1	Kilia elec	CR	299	-21%
EG51EC40LLE1	Kilia elec	CR	298	-22%
EG51EC50BBE1	Kilia elec	CR	314	-17%
EG51EC50LLE1	Kilia elec	CR	315	-17%
EG51EH40BBE1	Kilia elec	Honduras	291	-23%
EG51EH40LLE1	Kilia elec	Honduras	292	-23%

Al observar la variación entre los modelos, podemos concluir que se requiere hacer una separación de líneas por parte de lo que es la familia MphII y I, al igual que la familia Kilia Eléctrica. También se observa que los modelos más críticos para el proceso son los de MphII al ser la familia con la mayor variación.

2.3 ESTUDIO DE TIEMPOS MUERTOS

Para la generación de esta área modelo se realizó un estudio tanto de la demanda de los SKU´S correspondientes como de los tiempos muertos al subir estos modelos a la línea de ensamble, esto con el objetivo de justificar la inversión del proyecto.

Este estudio de tiempos muertos realizado por un lapso de un mes arrojó los siguientes resultados (figura 2.2):

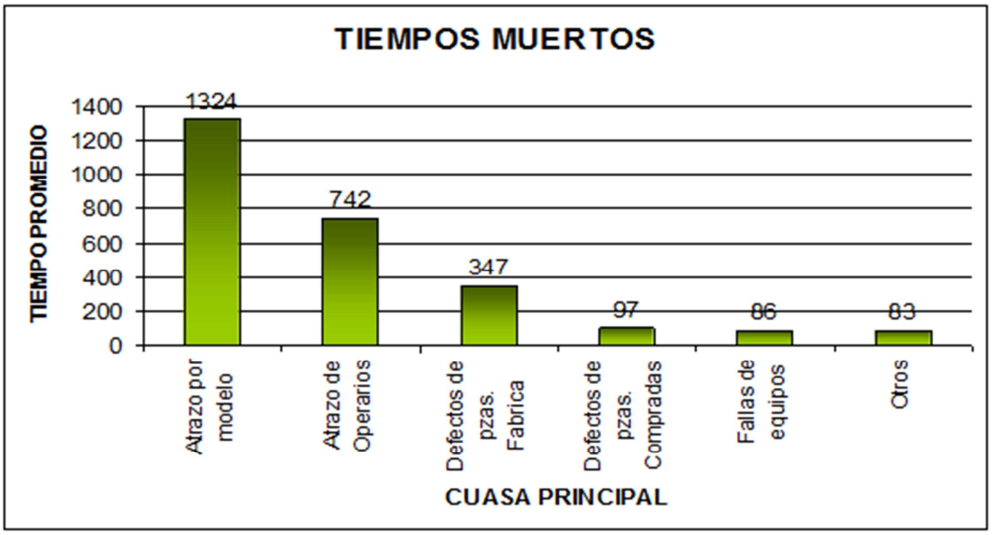


Figura 2.2

Gráfica de tiempos muertos.

Este análisis nos dio un total de 2679 minutos, lo que representa alrededor de cinco días de producción de dicha línea. También es importante hacer notar que casi el 50% de estos atrasos se debe al cambio de modelo. Esto es equivalente también a:

2679 min. = 5 días

5 días =

4961.11 Kilya Eléctricas

3348.75 Monarca II

6088.63 Populares

Una vez realizado este estudio en conjunto con el estudio de comunalidad podemos concluir que es necesaria la segregación de los modelos, quedando este proyecto integral de separación de líneas con la siguiente distribución de mezcla y volumen (figura 2.3):

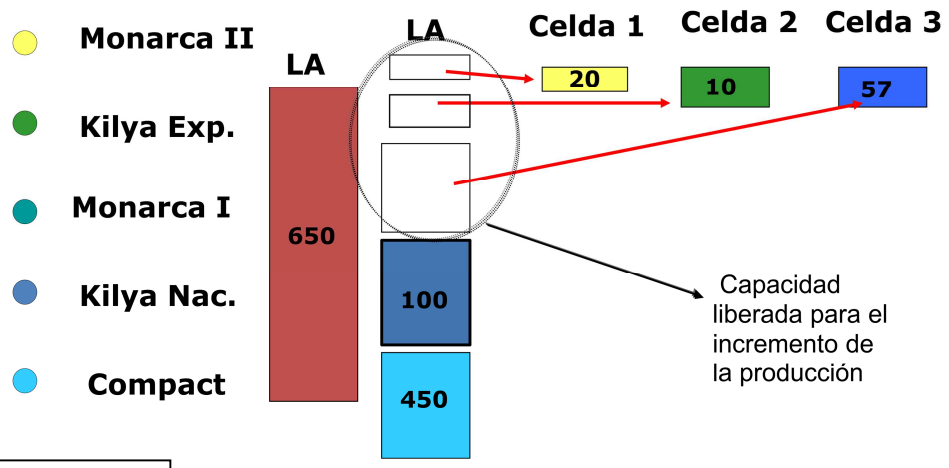


Figura 2.3

Nueva redistribución de productos

Se empezará con la segregación de los modelos de la familia Monarca ph II porque se ha observado que durante el tiempo es la más compleja, con menos comunalidad dentro de la línea, con el *yeild* (indicador de calidad) más bajo y por lo tanto una mayor cantidad de tiempos muertos al subir.

3 GENERACIÓN DEL AREA MODELO *LEAN*

Para la creación y diseño de esta área modelo se pasó por diferentes etapas como fueron el análisis de las operaciones y los diferentes materiales a ensamblar con las variaciones de estos entre modelos, los parámetros de diseño de la creación de las estaciones de trabajo al igual que de dispositivos de ensamble y la implantación del sistema de flujo de materiales en la celda.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Figura 3.1

Estufa de la familia Monarca ph II.

DESCRIPCIÓN

Esta estufa eléctrica radiante de 24” (figura 3.1) cuenta con un horno de 3.0 pies cúbicos y con una cubierta de vidrio cerámico de fácil limpieza. La ventana panorámica hace que controlar la comida sea fácil y el cajón de almacenamiento extraíble, de ancho completo, es perfecto para guardar utensilios y accesorios de cocina. Cuenta con un horno de auto limpieza que limpia la cavidad del horno sin necesidad de lavar, además de contar con un conveniente reloj y temporizador que ayuda a coordinar la preparación de las comidas así como su cocción en la placa de vidrio cerámica que es una superficie lisa de la estufa que facilita y agiliza la limpieza. La ventana transparente permite ver el interior del horno sin la necesidad de abrirlo.

CARACTERÍSTICAS

- Horno de auto-limpieza: Limpia convenientemente la cavidad del horno sin necesidad de limpiar.
- Cubierta de vidrio cerámico: Una superficie de la placa lisa permite una limpieza rápida y fácil.
- Elementos radiantes: dos de 6” y otros dos de 8”.
- Ventana panorámica: Cuenta con un área de visión muy práctico para comprobar el progreso de los alimentos.

- Controles frontales: Los controles están colocados a poca distancia en el centro frente a la estufa.
- Luces indicadoras de encendido.
- Señal de precalentado audible: Características de una señal acústica que se activa cuando el horno ha alcanzado la temperatura de cocción deseado.
- Apagado automático de horno.
- Ancho total del cajón extraíble de almacenamiento: Este cajón conveniente se puede utilizar para almacenar accesorios o utensilios de cocina (EBay company).

Una vez conocido el producto físicamente, ahora procede a describir su demanda la cual está basada en la demanda de los últimos meses, lo cual nos arroja los siguientes datos (figura 3.2):

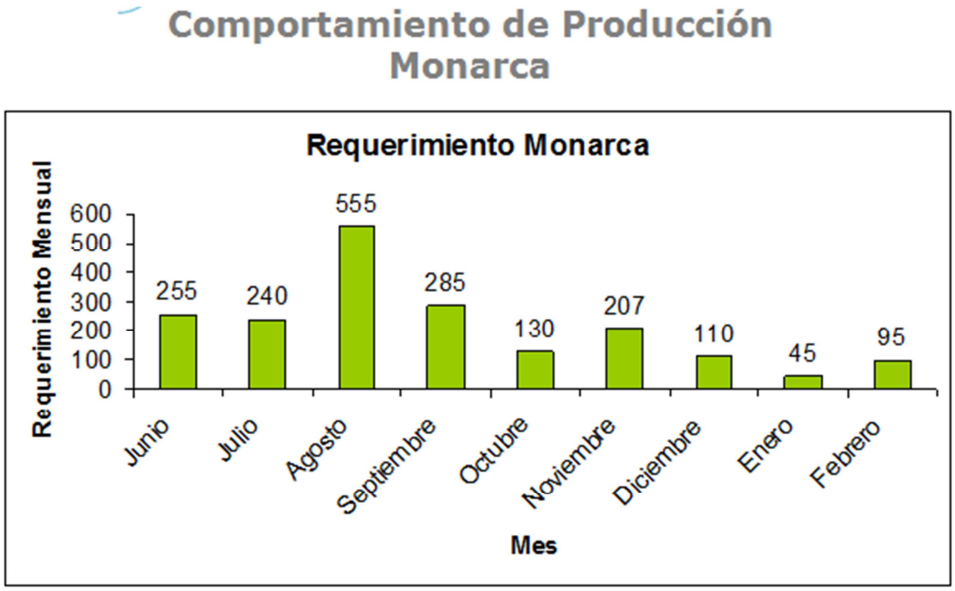


Figura 3.2

Demanda del producto.

Con estos datos ahora vamos a calcular el tiempo *takt* de la celda, el cual está determinado por el cociente de la demanda entre el tiempo disponible. Esto nos da un total de 1922 equipos, pero los pronósticos estiman un crecimiento del 85% de la demanda, lo que nos da un total de 3556 equipos durante los nueve meses. Con esto obtenemos la siguiente demanda diaria (tabla 3.1):

Tabla 3.1 Demanda diaria

EQUIPOS	DIAS DISPONIBLES	EQUIPOS POR DIA
3556	180	19.76

Ahora sabiendo cúal es la demanda diaria, podemos determinar el tiempo *takt*, el cual esta representado por la siguiente (tabla 3.2):

Tabla 3.2 Tiempo *takt*

EQUIPOS POR DIA	TIEMPO DE TURNO (MINUTOS)	TIEMPO DE BAÑO Y COMIDA (MINUTOS)	TIEMPO DISPONIBLE (MINUTOS)	TIEMPO *TAKT* (MINUTOS)
20.00	570	65	505	**25**

Con esto podemos determinar el balance de las operaciones y los operadores necesarios para la creación de la celda.

3.2 ANÁLISIS DE OPERACIONES Y MATERIALES

El primer paso para la generación de esta celda fue familiarizarnos con los diferentes modelos que se van a ensamblar dentro de la celda, para lo cual observamos el proceso de ensamble dentro de la Línea de ensamble. Una vez que nos familiarizamos con los diferentes modelos y piezas a utilizar, procedimos a realizar el balance de operaciones. A continuación se representan las principales operaciones de nuestro balance de operaciones, con sus tiempos estándar y sus respectivas saturaciones (tabla 3.3).

TABLA 3.3 BALANCE CELDA "G"			
	OPERACIÓN	T C (seg.)	1500
OPERADOR 1	Ensamble chasis (marco y cavidad horno)		% SAT.
	Subensamble Marco de Horno	130	
	Subensamble Laterales de Horno	180	
	Ensamble marco y laterales de horno	120	
	Ensamble rieles de cajón	75	
	Ensamble respaldo	80	
	Ensamble espaciadores	60	
	Techo estufa y chimenea	73	
	Deflectores y yoyo	62	
	Laterales de estufa	105	
	Motor	52	
	Deflectores motor	51	
	Patines EPS	88	
	TOTAL	1076	71.7%
OPERADOR 2	Ensamble chasis (respaldo horno y motor)		
	Subensamble foco	63	
	Ensamble rieles cajón	76	
	Tableta	107	
	Subensamble Respaldo Horno	189	

	Ensamble limitador temperatura y foco	76	
	Ensamble respaldo	80	
	Techo de estufa	122	
	Laterales de estufa	105	
	Motor	105	
	Subensamble sanwich	65	
	Sanwich y piso estufa	86	
	TOTAL	1074	71.6%
OPERADOR 3	Ensamble frente de perillas y copete		
	Frente de perillas	320	
	Copete	490	
	Ensamble frente	67	
	Deflector panel	63	
	Ensamble Latch	58	
	Fija Copete	74	
	Perillas	35	
	TOTAL	1107	73.8%
OPERADOR 4	Ensamble cajón y puertas		
	Ensamble cajón de estufa	240	
	Ensamble cajón	50	
	Jaladera	80	
	Contrapuerta	120	

	Puerta	320	
	Ensamble puerta	40	
	Conexiones resplado	300	
	Tapa resistencia	50	
	Tapa copete	40	
	Soporte copete	70	
	TOTAL	1310	87.3%
OPERADOR 5	Ensamble cubierta y accesorios		
	Pegado de cubierta radiante	420	
	Subensamble Cubierta Radiante	320	
	Ensamble cubierta	89	
	Etiquetas	68	
	Cinta a cajón	78	
	Accesorios	123	
	TOTAL	1098	73.2%

Una vez con el balance hecho se procedió a realizar el PFEP de materiales comprados de la celda, el cual cuenta con información referente a número de parte, descripción del material, tipo de contenedor, cantidad de material por contenedor, en que estación se va a utilizar, el tipo de material, ubicación en supermercado y para que modelos es que se ocupa ese número de parte. Este PFEP se ve ilustrado en la siguiente tabla (Tabla 3.4).

Tabla 3.4 PFEP Celda “G”

PFEP CELDA "G"						
NO DE PARTE	DESCRIPCION	SUBENSAMBLE	ESTACION	NO TARJETAS	CONTENEDOR SMKT	CANTIDADES SMKT
181D8010P002	PARRILLA HORNO 24"	ACCESORIOS 1	MESA ACCESORIOS	1	S/N	50
205C1712G001	SEGURO ANTIVOLTEO	ACCESORIOS 2	MESA ACCESORIOS	1	INDUSTRIAL 1	24
191D3584P003	PAD CLEANING	ACCESORIOS 3	MESA ACCESORIOS	1	PROVEEDOR	250
205C2246P006	CLEANER GLASS	ACCESORIOS 4	MESA ACCESORIOS	1	GAVETA 4	96
223C4247P001	ABRILLANTADOR	ACCESORIOS 5	MESA ACCESORIOS	1	GAVETA 4	96
317B6362P001	CARTON CORRUGADO	ACCESORIOS 6	MESA ACCESORIOS	1	INDUSTRIAL 1	A GRANEL
317B6045P002	TORNILLO PHILLIPS (NEGRO)	CAJON 5, PUERTA 23, L	MESA PUERTA	1	GAVETA 4	A GRANEL
263B6345P002	PIJA CRUZ PTA. PAVONADA	CAJON 6, LAT HORNO 11, COPETE 12		1	GAVETA 4	A GRANEL
181D8226P001	JALADERA POCKET ASADOR NEG.	CAJON JALADERA 1	MESA CAJON JALADERA	2	INDUSTRIAL 1	24
223C3941P002	ELECTRIC GLIDER	CAJON JALADERA 10	MESA CAJON JALADERA	1	INDUSTRIAL 1	A GRANEL
222D2189P001	JALADERA EXTRUIDA	CAJON JALADERA 11	MESA CAJON JALADERA	1	PROVEEDOR	70
223C4486P001S	MAQ.PINT.JALAD.TOALLERO 24	CAJON JALADERA 12	MESA CAJON JALADERA	1	1/2 CAJA MADERA	12
223C4486P005S	MAQUILA JALADERA TOALLERO NGA	CAJON JALADERA 13	MESA CAJON JALADERA	1	1/2 CAJA MADERA	12
164D2840P002	REMATE JALADERA BCO. 20-24	CAJON JALADERA 14	MESA CAJON JALADERA	1	INDUSTRIAL 1	46
164D2840P004	REMATE JALADERA	CAJON JALADERA 15	MESA CAJON JALADERA	1	INDUSTRIAL 1	46
223C5156P001	BASE JALADERA	CAJON JALADERA 16	MESA CAJON JALADERA	1	GAVETA 4	A GRANEL
317B7656P001	BRACKET PUERTA (Z)	CAJON JALADERA 17	MESA CAJON JALADERA	1	GAVETA 3	A GRANEL
222D2240P002	PORTAJALDERA NEGRA	CAJON JALADERA 18	MESA CAJON JALADERA	2	PROVEEDOR	16
222D2240P001	PORTAJALADERA BLANCA	CAJON JALADERA 19	MESA CAJON JALADERA	2	PROVEEDOR	16
181D8226P002	JALADERA POCKET ASADOR BCA.	CAJON JALADERA 2	MESA CAJON JALADERA	2	INDUSTRIAL 1	24
183D9666P003S	MAQ.PINT.BLANCA PORTAJALADERA	CAJON JALADERA 20	MESA CAJON JALADERA	1	1/2 CAJA MADERA	12
317B7326P004	TORNILLO	CAJON JALADERA 21	MESA CAJON JALADERA	1	GAVETA 4	A GRANEL
317B7076P003	TORNILLO PARA PLASTICO HI-LO	CAJON JALADERA 22	MESA CAJON JALADERA	1	GAVETA 4	A GRANEL
317B7744P001	SOPORTE MOLDURA LATERAL	CAJON JALADERA 23	MESA CAJON JALADERA	1	INDUSTRIAL 1	A GRANEL
317B7744P002	SOPORTE MOLDURA LATERAL	CAJON JALADERA 24	MESA CAJON JALADERA	1	INDUSTRIAL 1	A GRANEL
245B1416P001	TUERCA RAPIDA	CAJON JALADERA 26	MESA CAJON JALADERA	1	GAVETA 4	A GRANEL
222D2241P001	SOPORTE CAJON ALMACENAMIENTO	CAJON JALADERA 3	MESA CAJON JALADERA	1	INDUSTRIAL 1	100
222D2242P001S	MAQUILA CUERPO CAJON ASAD	CAJON JALADERA 4	MESA CAJON JALADERA	2	EN CARRO	20

3.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO

Una vez realizado el análisis de las operaciones y los materiales, el siguiente paso es colocar este material en las estaciones de trabajo que sean apropiadas para realiza los ensambles correspondientes, para llevar esto acabo se tiene que diseñar una estación de trabajo de tal forma que el operario tenga todo el material a su alcance, cuidando las condiciones de ergonomía, así como ordenar todos los materiales de acuerdo a la secuencia de ensamble para que de alguna forma ayudarle a que recuerde cuales son los materiales que tiene que utilizar. Para esto se han diseño una serie de estaciones donde se han divido las estaciones de trabajo en cuatro familias de ensambles los cuales son chasis, frentes y copetes, apariencia y cubierta y accesorios.

Para chasis las estaciones de trabajo quedaron del la siguiente manera:

Operario 1: Chasis (Marco y cavidad horno)

Mesa ensamble marco estufa (figura 3.3)

Dentro de esta estación se realizan los ensambles del marco de horno y se encuentra alojado el piso estufa, techo asador y piso horno.

Figura 3.3

Figura 3.4

Mesa ensamble laterales de estufa (figura 3.4)

En la mesa de laterales de estufa se ensamblan dichos laterales, se ensambla el marco a los laterales, además de contener todo el material para realiza el ensamble de la tableta de conexiones, guarda cavidad, disipadores de calor, patones eps y tornillería.

OPERARIO 2: CHASIS (Respaldo horno y motor) (figura 3.5)

Mesa ensamble respaldo horno

En esta estación de trabajo se ensamblan los rieles del cajón, el respaldo del horno con la resistencia gratinador, contrapeso, ensamble foco y limitador de temperatura y la por ultimo pieza a ensamblar son los laterales estufa largos.

Figura 3.5

Figura 3.6

Mesa complementos chasis (figura 3.6)

Esta estación corresponde al subensamble del motor, cable tomacorriente, ducto ventilación y a un costado se encuentra el rack de lana para el respaldo, la cavidad envolvente y el piso horno.

OPERARIO 3: Frente de perillas y copete (figura 3.7)

Mesa ensamble frente de perillas

Dentro de esta estación se realiza el subensamble del frente de perillas, así como el material necesario para realizar el ensamble de este a la estufa.

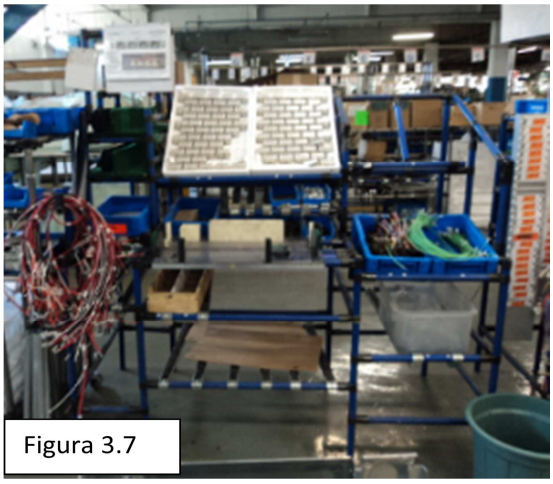


Figura 3.7

Figura 3.8

Mesa ensamble copete (figura 3.8)

En esta estación se ensambla el copete, el cual tiene la función de controlar las diversas operaciones del horno como son: Luz, temperatura, tiempo de cocción, reloj, cerrar el horno, activar el self *clean*, entre otras operaciones.

OPERARIO 4: Ensamble cajón, puerta conexiones respaldo

Mesa cajón y jaladera (figura 3.9)

Dentro de esta estación se ensambla el cajón, el cual va debajo del horno y solo tiene la función de almacenar cosas. En esa misma estación se ensambla la jaladera de la puerta

Figura 3.9

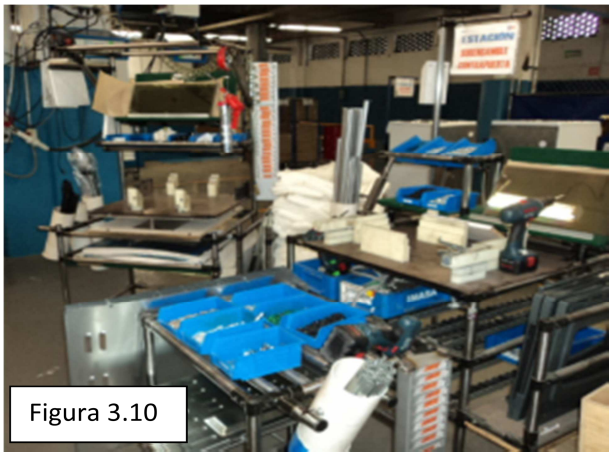


Figura 3.10

Mesa contrapuerta y puerta (figura 3.10)

En estas estaciones se realiza el ensamble de la contrapuerta en la primera mesa y en la segunda es donde se realiza el ensamble de la puerta que esta compuesta por la jaladera, contrapuerta, lana mineral, tres vidrios y otras molduras.

OPERARIO 5: Ensamble cubierta radiante y accesorios

Mesa pegado cubierta radiante (figura 3.11)

La cubierta tiene la característica de tener un vidrio radiante, el cual soporta altas temperaturas y es de fácil limpieza. Este vidrio es pegado a la cubierta con silicón y tiene un tiempo de curado de 24 horas para poder ser ensamblada.

Figura 3.11

Figura 3.12

Mesa ensamble cubierta y accesorios (figura 3.12)

En la mesa de ensamble cubierta se le ponen los elementos radiantes y se realiza el ruteo de arneses, es importante verificar que la cubierta a ensamblar se haya pegado un día antes por el tiempo de curado. La última estación es la de accesorios que es donde se colocan las etiquetas y se preparan los accesorios de la estufa.

3.4 DETALLE DE LA INVERSIÓN DEL ÁREA MODELO

A continuación se detalla la inversión realizada en la creación de la celda

TABLA 3.5 DISPOSITIVOS DE ENSAMBLE			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
RESPALDO	1	$ 2,500.00	$ 2,500.00
CABLE TOMACORRIENTE	1	$ 1,200.00	$ 1,200.00
MARCO	1	$ 4,500.00	$ 4,500.00
RIEL	1	$ 800.00	$ 800.00
FRENTE DE PERILLAS	1	$ 3,600.00	$ 3,600.00
CAJON	1	$ 4,600.00	$ 4,600.00
JALADERA HUARACHE	1	$ 4,300.00	$ 4,300.00
JALADERA	1	$ 1,200.00	$ 1,200.00
CONTRAPUERTA	1	$ 2,900.00	$ 2,900.00
PUERTA PANORÁMICA	1	$ 4,200.00	$ 4,200.00
PEGADO CUBIERTA	1	$ 3,500.00	$ 3,500.00
ENSAMBLE CUBIERTA	1	$ 1,200.00	$ 1,200.00
ACCESORIOS	1	$ 1,000.00	$ 1,000.00
EMPLAYE ACCESORIOS	1	$ 600.00	$ 600.00
TOTAL DISPOSITIVOS			$ 36,100.00

TABLA 3.6 COMPONENTES DE MESAS DE TRABAJO			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TUBO (T1-400)	80	$ 128.05	$ 10,244.00
F-90	1000	$ 8.45	$ 9,230.00
F-A	350	$ 9.23	$ 3,230.50
F-C	350	$ 9.36	$ 3,276.00
FM-1	120	$ 7.15	$ 858.00
FM-3	120	$ 7.93	$ 951.60
LLANTAS	8	$ 185.00	$ 1,480.00
TORNILLO S1	1500	$ 1.82	$ 2,730.00
RIEL (RR-400)	30	$ 387.40	$ 11,622.00
TOTAL TRILOGIQ			$ 43,622.10

TABLA 3.7 MANO DE OBRA			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
OFICIAL TRILOGIQ (1 MES)	1	$ 12,500.00	$ 12,500.00
AYUDANTE TRILOGIQ (1 MES)	3	$ 9,000.00	$ 27,000.00
TOTAL MANO DE OBRA			$ 39,500.00

TABLA 3.8 GAVETAS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
INDUSTRIAL 1	50	$ 39.75	$ 1,987.50
INDUSTRIAL 3	20	$ 155.56	$ 3,111.20
GAVETA 3	60	$ 17.26	$ 1,035.60
GAVETA 4	30	$ 24.19	$ 725.70
MILANO	6	$ 567.00	$ 3,402.00
TOTAL GAVETAS			$ 10,262.00

TABLA 3.9 HERRAMIENTAS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TALADRO ELECTRICO	13	$ 1,680.00	$ 21,840.00
NEUMATICO RECTO	1	$ 11,680.00	$ 11,680.00
APLICADOR SILICON	1	$ 13,000.00	$ 13,000.00
MATRACA	1	$ 89.00	$ 89.00
TOTAL HERRAMIENTAS			$ 46,609.00

TABLA 3.10 INSTALACIONES			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	1	$ 6,800.00	$ 6,800.00
INSTALACIÓN NEUMÁTICA	1	$ 6,000.00	$ 6,000.00
BACHEADO Y PINTADO DE PISO	1	$ 12,000.00	$ 12,000.00
RIELES PARA CARRO	1	$ 1,800.00	$ 1,800.00
TOTAL INSTALACIONES			$ 26,600.00

TABLA 3.11 INSTALACIONES			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
PARA CONTENEDOR MILANO	6	$ 1,200.00	$ 7,200.00
PARA TRANSPORTAR ESTUFAS	6	$ 5,500.00	$ 33,000.00
TOTAL CARROS			$ 40,200.00

TABLA 3.12 OTROS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
HOJA TRIPLAY	10	$ 380.00	$ 3,800.00
HOJA CARTONPLAST	5	$ 120.00	$ 600.00
FIELTRO	5	$ 50.00	$ 250.00
CEMENTO 5000 (GALON)	1	$ 250.00	$ 250.00
CAJON DE HERRAMIENTA	1	$ 1,500.00	$ 1,500.00
PIJAS P/MADERA	500	$ 0.85	$ 425.00
TOTAL OTROS			$ 6,825.00

Lo que nos da una inversión total de $249,718.1 Mn.

3.5 DETALLE DEL BENEFICIO DEL ÁREA MODELO Y RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Para determinar el impacto económico de este proyecto se ve traducido en el aumento de la eficiencia de las líneas de producción, el cual se redujo en una tercera parte, esta disminución de tiempo se ve traducida en la siguiente tabla (tabla 3.13):

TABLA 3.13 RESUMEN TIEMPO MUERTO	
TIEMPO MUERTO	(MIN)
TIEMPO MUERTO (PROMEDIO MENSUAL)	2,700
TIEMPO MUERTO DESPUES DEL PROYECTO	1,800
REDUCCIÓN DEL TIEMPO MUERTO	900

Con esta reducción del tiempo muerto se ha logrado reducir las cuotas de tiempo extra para poder cumplir con los requerimientos de mezcla y volumen del plan de producción. Este ahorro se ve resumido en la siguiente tabla (tabla 3.14).

TABLA 3.14 RESUMEN TIEMPO EXTRA	
TIEMPO MUERTO	(MIN)
COSTO MENSUAL OPERARIO	$ 9,750.00
COSTO HORA HOMBRE	$ 51.32
OPERARIOS EN PLANTILLA ACTUAL	74
HORAS HOMBRE AHORRADAS	1110
AHORRO MENSUAL DEL PROYECTO	$ 56,960.53
RETORNO DE INVERSIÓN DEL PROTECTO (MESES)	4.38

El costo de las horas hombre se obtuvo considerando que mensualmente se trabajan veinte días con una jornada de nueve horas y media.

Una vez estimado el ahorro del proyecto, se puede observar que el retorno de la inversión es un poco más de cuatro meses considerando una la tasa de interés es cero debido a que el tiempo de recuperación del proyecto fue rápido. También es importante señalar que se están omitiendo los costos de energía eléctrica, costos de depreciación y amortización y reducción de inventarios.

Cabe señalar que más que el ahorro económico del proyecto es que este proyecto tiene un gran impacto en la implantación del sistema de producción *Lean*, así como el cambio cultural de otras áreas de la planta.

4 IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA FLUJO DE MATERIALES

Para poder realizar un sistema integral de flujo de materiales (figura 4.1), es necesario contar con los cuatro elementos, los cuales son:

- PFEP
- Supermercado
- Ruta de surtimiento
- *Kan-Ban*

Figura 4.1

Elementos del sistema flujo de materiales.

4.1 PFEP SUPERMERCADO

La primera parte el realizar el PEEF, el cual es la base de datos de nuestro supermercado, donde lo ideal es que contenga la información de donde se localiza el material, así como su punto de uso, tipo de contenedor, estándar pack, número de tarjetas, descripción de la pieza y su número de parte principalmente. Este PFEP esta muy relacionado con el que se realizó en la sección pasada para la construcción de las estaciones de trabajo.

4.2 SUPERMERCADO

El supermercado (figura 4.2) debe tener tres características principales (figura 4.3) las cuales son:

- Todo debe contar con un sistema PEPS (primeras entradas, primeras salidas).
- Todo debe tener una dirección.
- Todo debe tener una cantidad por contenedor.

Figura 4.2

Supermercado celda “G”.

Figura 4.3

Elementos de un supermercado.

4.3 RUTAS DE ENTREGA

Las rutas de entrega son muy importantes para planeación del abastecimiento de los materiales ya que nos permiten abastecer muchos materiales en una sola vez. Este abastecimiento consiste en que un abastecedor toma las tarjetas *Kan-Ban* por abastecer, va a al almacén y tiene hora y media para preparar dicho material que le fue requerido. Una vez que transcurre esa hora y media regresa al supermercado, abastece los materiales que estuvo preparando y toma de nuevo las tarjetas *kan-Ban* para abastecer el material en la siguiente ruta.

Esta ruta tiene la característica de tener una frecuencia de 1.5 horas, con una duración promedio de 20 minutos, no acoplada (El abastecedor prepara el material que va a abastecer) y el abastecedor sigue la siguiente ruta (figura 4.4):

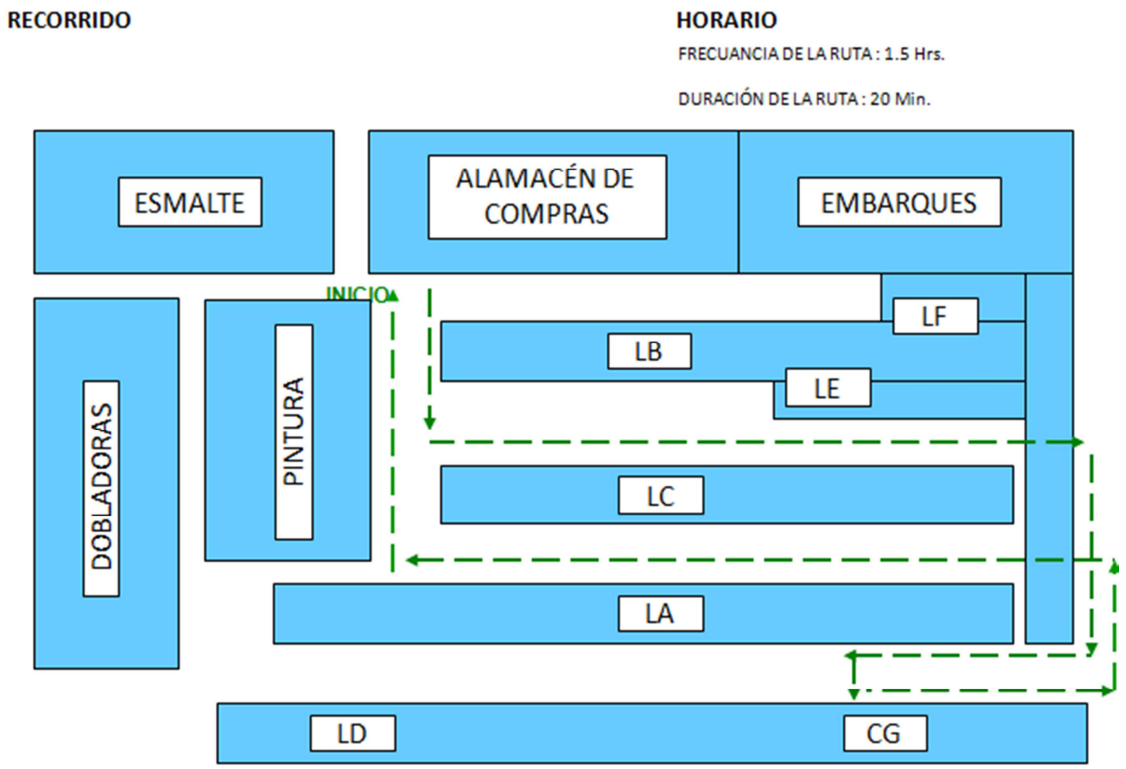


Figura 4.4

Ruta de abastecimiento.

4.4 TARJETAS *KAN-BAN*

El último elemento del sistema del sistema de flujo de materiales son las *Kan-Ban* o señales para pedir material dentro del sistema dentro del supermercado al almacén de compras. El tipo de señal que nosotros vamos a ocupar es a través del uso de tarjetas que tienen como característica el contener toda la información necesaria del material a surtir, dentro de estas características están:

- N° de parte
- Descripción
- Tipo de contenedor
- Ubicación en el supermercado
- Código de barras del N° de parte
- Código de barras de la cantidad de piezas por contenedor
- Cantidad por contenedor
- Punto de uso
- Ubicación en el supermercado

- N° de tarjetas
- Nombre de línea o celda

Una tarjeta *Kan-Ban* es como se muestra a continuación (figura 4.5):

Figura 4.5

Tarjeta Kan-Ban.

Este sistema de flujo de materiales tiene política la cuales son:

1. Nada se mueve sin una señal (tarjeta).
2. Respetar las ubicaciones definidas en todas las áreas.
3. Respetar las rutas, paradas y horarios establecidos de surtimiento.
4. El tren de surtimiento tiene preferencia de paso sobre los demás vehículos y peatones.
5. Utilizar los carros, equipo y contenedores únicamente para el flujo de materiales.
6. Prohibido el balanceo de materiales entre estaciones y líneas.
7. Se deberán mantener los estándares óptimos de 7 S's especificados en cada área para evitar trastornos en el sistema.
8. Respetar los contenedores definidos para cada material (no quitar etiquetas de los mismos).

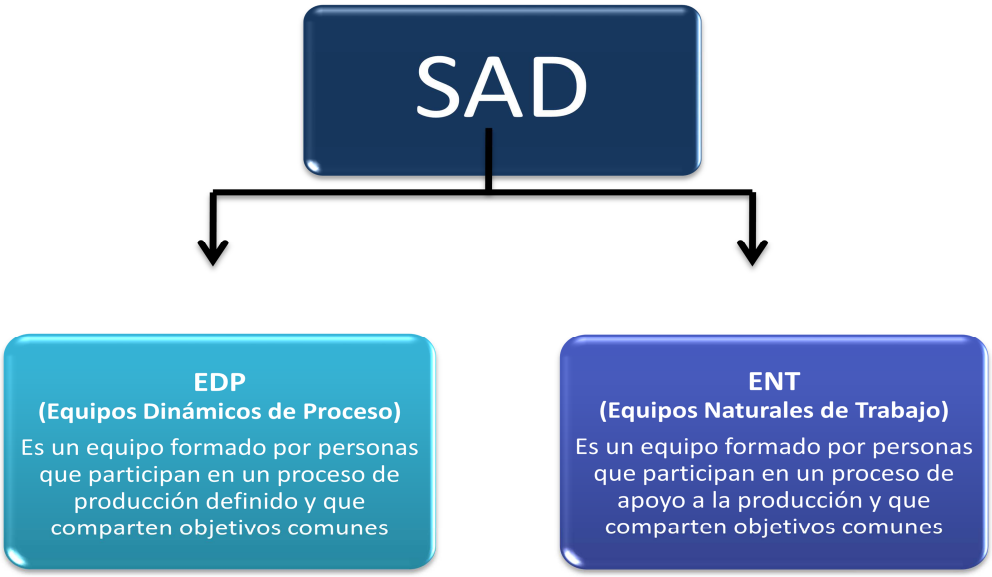
5 SISTEMA DE ALTO DESEMPEÑO (SAD)

El Sistema de Alto Desempeño mejora y eficientiza los resultados de la organización por medio del enriquecimiento del trabajo y el alto involucramiento. Este sistema fue implementado en la celda con el objetivo de proporcionar al líder del área las herramientas e información que le facilitara el trabajo y que le harán más efectivo su liderazgo en un ambiente de mejora continua.

Involucra la participación de todos los niveles en la toma de decisiones por medio del trabajo en equipo alcanzando los objetivos con mayor sentido de responsabilidad y mejora continua.

Características:

- Trabajo en equipo.
- Alto involucramiento.
- Comunicación abierta.
- Desarrollo de multihabilidades .
- Facultación para toma de decisiones.
- Disminución de niveles de supervisión.
- Crecimiento y desarrollo del personal.
- Flexibilidad y satisfacción en el trabajo.



El seguimiento de este sistema debe ser a diario y debe haber sesiones semanales en donde se discutan los resultados obtenidos. Dentro de este sistema es necesario asignar responsables que desempeñen diferentes roles dentro del equipo de trabajo, las cuales son:

- Líder del equipo: Es el responsable de presentar los resultados mensuales ante la dirección, además de promover la cultura *Lean* dentro del equipo y la empresa.
- Seguridad: Levar los indicadores referentes a seguridad.
- Calidad: Levar los indicadores referentes a calidad.
- Recursos Humanos: Levar los indicadores referentes a recursos humanos.
- Productividad: Levar los indicadores referentes a productividad.

Para obtener un seguimiento diario de los resultados obtenidos por el equipo se muestran en un tablero donde se miden los parámetros de desempeño *Lean* mencionados anteriormente.

Este tablero debe contener los siguientes diagramas:

Cruz de Seguridad (figura 5.1): En esta hoja se lleva un control de los días en los que ocurre un accidente y cuando no, marcando con una paloma los días sin accidente y con una cruz cuando se registra un siniestro. El objetivo es registrar cero accidentes.

Figura 5.1

Cruz de seguridad.

En esta hoja (figura 5.2) se registra la asistencia de todo el equipo, así como la hora de llegada y el objetivo es que todo el equipo asista a la hora de entrada.

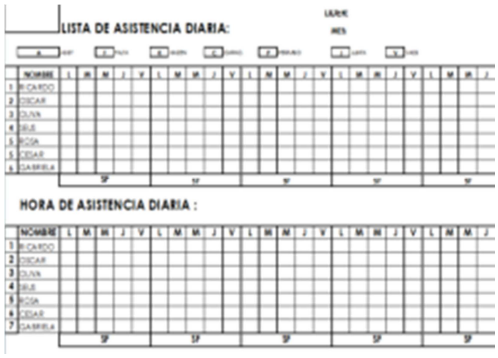


Figura 5.2

Control de asistencia.

En este formato se registra el Yield de calidad, el cual es calculado de la siguiente manera:

$$\%Yeild = \frac{\text{No. de equipos - Equipos no conformes}}{\text{No. de equipos}} x100$$

Este resultado se registra a diario y el objetivo es estar por debajo del 90% (figura 5.3).

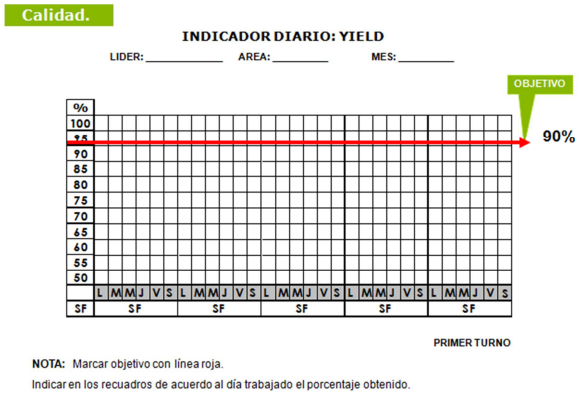


Figura 5.3

Indicador de *Yeild*.

En el siguiente formato se lleva el control de las alertas de calidad (figura 5.4) que se detectaron durante el día, teniendo un objetivo de no más de tres. También se registran lo rojos que son fallas de calidad que pueden atentar contra la seguridad del cliente como no aterrizar la tierra y el objetivo es cero rojos.

Figura 5.4

Indicador de alertas.

En este indicador de entrega se registra el cumplimiento del volumen (figura 5.5). El objetivo es cumplir al 100% en el volumen que en este caso son 20 equipos.

Figura 5.5

Producción horaria.

El siguiente indicador en el OEE (figura 5.6) y es un indicador que contempla calidad, porcentaje de uso o tiempo trabajado de la celda y eficiencia en la producción. Esto se describe con la siguiente formula.

$$\%OEE = (\%YEILD)(\%CAPACIDAD)(\%PRODUCTIVIDAD)$$

Este indicador debe ser llenado semanalmente y el objetivo es estar por encima del 90%.

Figura 5.6

Tabla OEE.

El análisis causa raíz (figura 5.7) y de los 5 porqués son dos herramientas muy útiles para analizar problemas, en especial a los relacionados con calidad. La esencia de estas herramientas es buscar soluciones a posibles problemas en un ambiente de trabajo de equipo.

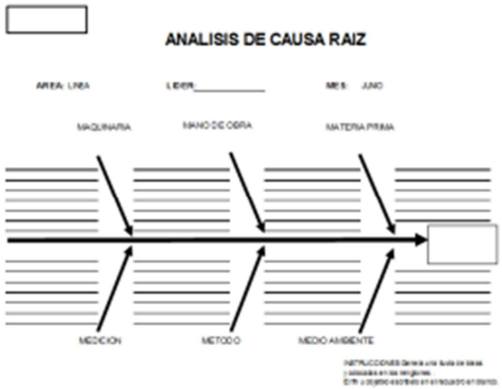


Figura 5.7

Análisis de causa raíz.

El periódico *Kaizen* (figura 5.8) es una herramienta para llevar un control de las actividades de mejora continua en el área, conteniendo información como actividad, área, responsable, fecha compromiso, status y cometarios.

Figura 5.8

Periódico *Kaizen*.

Todos estos formatos se deben concentrar en un pizarrón, donde se les de un seguimiento diario, el cual tiene que estar a la vista de todos. A continuación se muestra el tablero (figura 5.9) que se coloco para el proyecto.

Figura 5.9

Tablero AMD.

6 MEJORA CONTINUA Y GENERACIÓN DE KIT´S DE PARTES

Después de poner en marcha el funcionamiento de la celda nos encontramos con que había un número considerable de faltantes de piezas al ser ensambladas, lo que llevo a buscar una solución, la cual fue la generación de Kit´s de partes. Esta decisión se tomo a partir de que para procesos con tiempos ciclos mayores a 80 segundos se deben usar kit´s de materiales para el surtimiento de las estaciones de trabajo.

Para trabajar de manera óptima (figura 6.1) se han establecido parámetros de trabajo, los cuales son:

- Menor a 20 segundos se vuelve estresante y con grandes cantidades de actividades sin valor agregado, cualquier variación te genera problemas (atrasos).
- Óptimo entre 40seg y 80 segundos se obtienen beneficios en reducción de tiempo de no valor agregado y es más sencillo el balanceo.
- Mayor a 80 segundos se recomienda generar kit de partes.

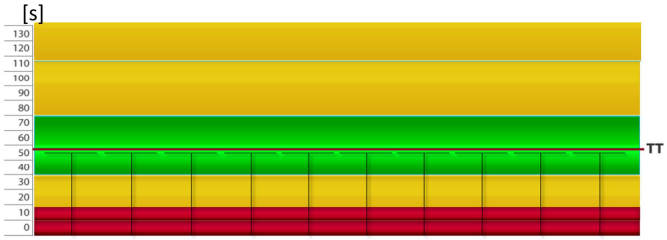


Figura 6.1

Un tiempo ciclo óptimo se encentra entre los cuarenta y ochenta segundos.

Un Kit de materiales consiste en un carro con un ordenamiento de lógico de todos los materiales necesarios para realizar determinado ensamble en una estación de trabajo.

La cantidad de material dentro de un kit esta dado por el balance de operaciones y también por el balance entre mano de obra indirecta y la cantidad de trabajo en proceso (WIP).

Para poder implementar este sistema fue necesario diseñar los Kit´s y rediseñar las estaciones de trabajo para lograr un correcto flujo de operaciones y materiales.

A continuación se ilustran los cambios realizados en la celda:

Estación respaldo horno y cajón y jaladera.

Antes

Después

Mesa contrapuerta y puerta horno.

Antes

Después

Mesa subensambles chasis.

Antes

Después

Mesa ensamble laterales de estufa.

Antes

Después

Mesa ensamble frente de perillas y copete.

Antes

Después

Mesas ensamble y pegado de cubierta.

Antes

Después

Quedando nuestro *Lay-Out* de la siguiente manera (figura 6.2):

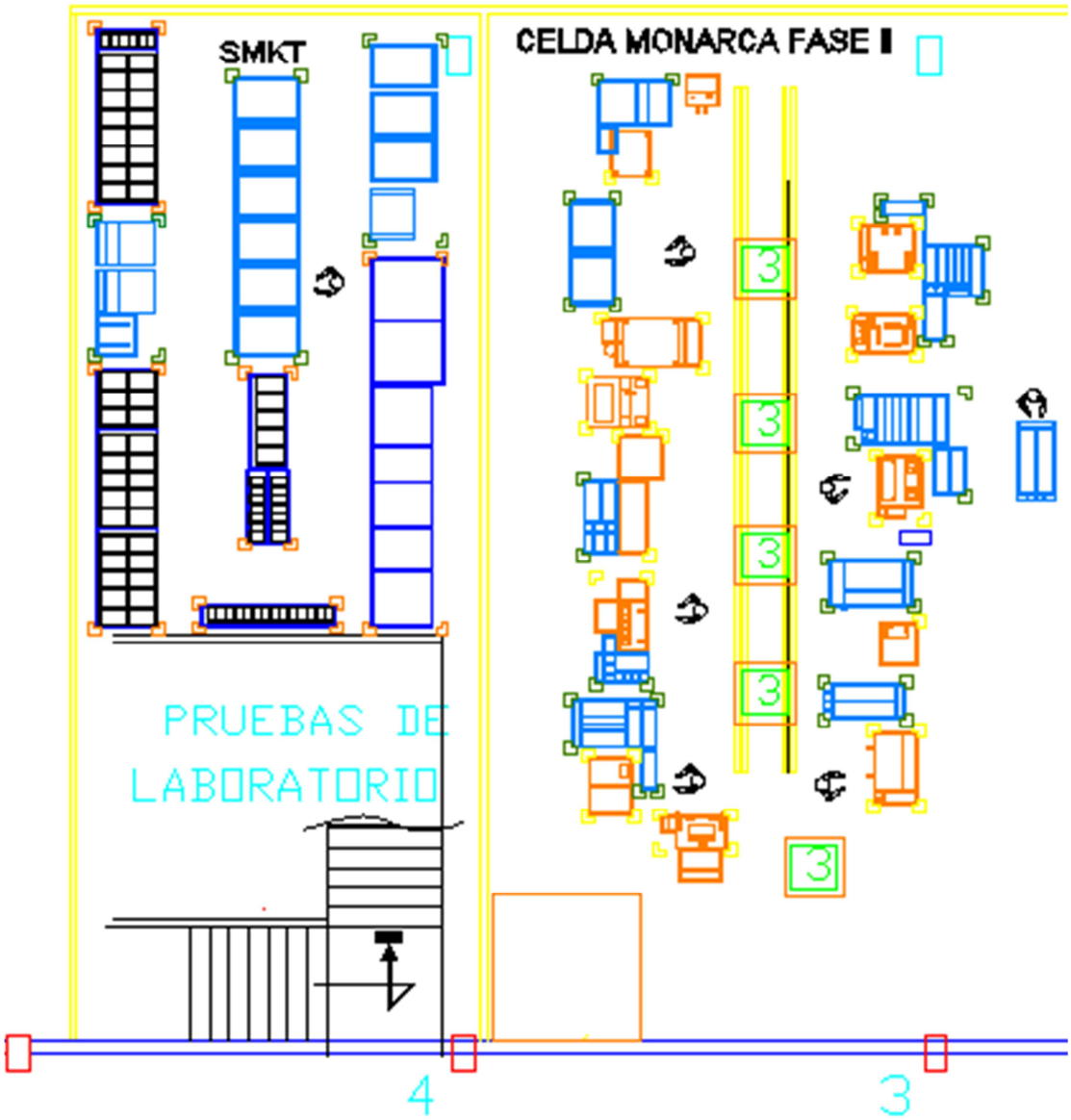


Figura 6.2

Lay-out celda "G".

Dentro de los beneficios que se obtuvieron al implementar este sistema de kit´s fue que se redujo el WIP, los faltantes disminuyeron, se notó una mejora visual, se ahorró espacio y el flujo de los materiales mejoro de manera considerable así como el flujo de operaciones

debido a la forma en que se diseñaron los kit´s permitiendo un acceso más sencillo, ordenado y ergonómico a los materiales de la celda.

Los beneficios de reducción del WIP se ve ilustrado en la siguiente tabla:

Antes

	ESTACIONES DE TRABAJO
	WIP EN CELDA "G"
WIP PROMEDIO POR ESTUFA	$ 3,626.70
CANTIDAD DE MATERIAL(EQUIPOS)	20.00
GRAN TOTAL	**$ 72,533.97**

Después

	KIT´S
	WIP EN CELDA "G"
WIP PROMEDIO POR ESTUFA	$ 3,626.70
CANTIDAD DE MATERIAL(EQUIPOS)	9.00
GRAN TOTAL	**$ 32,640.29**

Como se puede observar, dentro de la estación de trabajo se alojaban en promedio 20 equipos y con la implementación de este sistema de kit´s se redujo a solo 9 equipos, dando una disminución del WIP en más de la mitad.

CONCLUSIONES

Se llega a la conclusión de que era necesaria realizar una segregación de modelos y que hay que seguir con el plan y la misma línea de acción para concluir la segregación de modelos al 100%, porque a pesar de que se redujo un tercio los tiempos muertos la meta es lograr disminuir a la mitad el tiempo muerto de la línea "A" después de generar la celdas de Monarca ph II y Kilia eléctrica. Una vez concluido el proyecto de las celdas, se empezará a realizar la conexión de procesos antes y después de la celda para continuar con la expansión de la Manufactura *Lean* en todas las áreas de la planta.

Con el desarrollo de este proyecto se logró validar y tomar ventaja de los principios, herramientas y filosofía *lean*, en donde obtuvimos beneficios de mejora ergonómica, aumentamos la eficiencia de nuestra línea de producción, mejorando los indicadores de mano de obra directa, reduciendo los deméritos de calidad, cubriendo los programas de producción e iniciando con la implantación de un sistema AMD (Administración de la Mejora Diaria) que aún tiene ciertas deficiencias.

Podemos resaltar que aún falta mucho trabajo para mejorar los resultados en la celda debido a que los números obtenidos del sistema AMD son muy inconsistentes, esto debido a que no se le ha dado la importancia por parte del departamento de compras y de esmalte y también por la falta de compromiso por parte de los operarios y coordinadores del área.

Aprendí también que la mejora continua es una herramienta muy útil y que ningún sistema es perfecto ya que siempre hay mejores formas de hacer las cosas, además de que la tecnología y los productos son algo que cambian de manera constante y por lo tanto nuestros procesos tienen que estar a la altura de esos cambios para poder seguir siendo una marca competitiva dentro de una mercado de que cada día está más enfocado a las exigencias del cliente.

Otra de las ventajas que brinda un metodología como *Lean* es que los proyectos además de ser rentables, implican en muchas ocasiones pequeñas inversiones debido a que las mejoras son a partir de algo que ya se tiene establecido, no como en el caso de la reingeniería, en donde es realizar una cambio brusco que implica por consiguiente una mayor inversión para la puesta en marcha de cierto proyecto.

Bibliografía

Anónimo. (s.f.). *Keywordspy*. Obtenido de http://cid-092521b971e8486f.skydrive.live.com/self.aspx/UDL/Lean%20manufacturing.ppt

BOM Consulting. (s.f.). *Scribd Inc.* Obtenido de http://es.scribd.com/doc/20114054/Mapeo-de-La-Cadena-de-Valor-VSM

Buenas tareas. (08 de Septiembre de 2011). *2012 BuenasTareas.com*. Obtenido de http://www.manufacturainteligente.com/kaizen.html

Corporativo Industrial Mabe Lean. (s.f.). Manual de flujo de información. Querétaro, Querétaro, México.

Corporativo Industrial Mabe Lean. (s.f.). Manual de flujo de materiales. Querétaro, Querétaro, México.

Corpotarivo industrial Mabe Lean. (s.f.). Manual de flujo de operaciones. Querétaro, Querérato, México.

EBay company. (s.f.). *Shopping.com*. Obtenido de http://www.shopping.com/General-Electric-JAP02SS-Stainless-Steel/info

Padilla, L. (1 de Enero de 2010). *Ingeniería primero de Universidad Rafael Landívar.* Obtenido de http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_15_MEC01.pdf