



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE PRACTICAS PARA MANUFACTURA ESBELTA**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA**

**GABRIELA BEATRIZ DELGADO RAMOS**

**DIRECTOR DE TESIS**

**M. EN I. SILVINA HERNÁNDEZ GARCÍA**

**MÉXICO D.F SEPTIEMBRE 2013**



## AGRADECIMIENTOS

“A mi hija **ALITZEL** por enseñarme lo rápido que pasa el tiempo, a disfrutar cada momento, ser mi fortaleza y mayor alegría”.

“A mis **PADRES** que gracias a su dedicación y esfuerzo me dieron la oportunidad de tener una carrera profesional”.

“A mi **FAMILIA** (abuela tíos y tías) por sus consejos, apoyo incondicional y por creer en mí”.

“A mis **AMIGOS** por sus enseñanzas, compañía, motivación, apoyo y todos los logros que compartimos”.

“A mi directora de tesis la Maestra en Ingeniería **SILVINA HERNÁNDEZ GARCÍA** por ser mi guía en la elaboración de este trabajo”.

A **TODOS** mi más sincero **AGRADECIMIENTO**,

*Gabriela Beatriz Delgado Ramos*



## Contenido

OBJETIVO .....	7
PREFACIO .....	7
INTRODUCCIÓN .....	10
RECOMENDACIONES INICIALES AL INSTRUCTOR .....	11
1    CAPÍTULO I. La manufactura esbelta y los siete desperdicios.....	12
1.1    OBJETIVO .....	12
1.2    MARCO TEÓRICO .....	12
¿Cómo nace “Lean Manufacturing”? .....	12
¿Qué es Lean Manufacturing? .....	12
Los siete desperdicios de Lean Manufacturing .....	13
1.3    PRÁCTICA I.....	14
MATERIAL Y EQUIPO .....	14
DESARROLLO .....	14
ACTIVIDADES .....	19
CUESTIONARIO .....	19
RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR .....	19
2    CAPÍTULO II. El Value Stream Map (VSM) y Las siete herramientas de Manufactura Esbelta .	20
2.1    OBJETIVO .....	20
2.2    MARCO TEÓRICO.....	20
¿Qué es el Value Stream Map? .....	20
Mediciones importantes .....	21
Símbolos del flujo de materiales .....	22
Símbolos del flujo de información .....	22
Mapa completo .....	22
Las siete herramientas de Manufactura Esbelta.....	23
2.3    PRÁCTICA II.....	24
MATERIAL Y EQUIPO .....	24
DESARROLLO .....	24
ACTIVIDADES .....	30



CUESTIONARIO .....	31
RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR .....	32
3 CAPÍTULO III. Identificación del desperdicio 7: Transporte y uso de la herramienta Kaizen....	34
3.1 OBJETIVO .....	34
3.2 MARCO TEÓRICO.....	34
¿Qué es un transporte?.....	34
¿Qué es Kaizen? .....	35
3.3 PRÁCTICA III.....	39
MATERIAL Y EQUIPO .....	39
DESARROLLO .....	39
ACTIVIDADES .....	41
CUESTIONARIO .....	41
RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR .....	42
4 CAPÍTULO IV. Identificación del desperdicio 1: Sobreproducción y uso de la herramienta JIT	43
4.1 OBJETIVO:.....	43
4.2 MARCO TEÓRICO.....	43
¿Qué es la sobreproducción?.....	43
¿Qué es Just In Time (JIT)? .....	45
4.3 PRÁCTICA IV.....	46
MATERIAL Y EQUIPO .....	46
DESARROLLO .....	46
ACTIVIDADES .....	49
CUESTIONARIO .....	50
RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR .....	50
5 CAPÍTULO V. Identificación del desperdicio 6: Movimientos innecesarios y uso de la herramienta manufactura celular .....	51
5.1 OBJETIVO .....	51
5.2 MARCO TEÓRICO.....	51
¿Qué son los movimientos innecesarios?.....	51
¿Qué es manufactura celular? .....	51
5.3 PRÁCTICA V.....	53
MATERIAL Y EQUIPO .....	53



DESARROLLO .....	54
ACTIVIDADES .....	65
CUESTIONARIO .....	66
RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR .....	66
6 CAPÍTULO VI. Identificación del desperdicio 4: Exceso de procesado y uso de la herramienta SMED .....	67
6.1 OBJETIVO .....	67
6.2 MARCO TEÓRICO .....	67
¿Qué es el exceso de procesado? .....	67
¿Qué es SMED? .....	67
6.3 PRÁCTICA VI.....	70
MATERIAL Y EQUIPO .....	70
DESARROLLO .....	71
ACTIVIDADES .....	82
CUESTIONARIO .....	83
RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR .....	83
7 CAPÍTULO VII. Identificación del desperdicio 3: Productos defectuosos y uso de la herramienta Poka Yoke .....	85
7.1 OBJETIVO .....	85
7.2 MARCO TEÓRICO .....	85
¿Qué es el desperdicio de productos defectuosos? .....	85
¿Qué es Poka Yoke? .....	86
7.3 PRÁCTICA VII.....	88
MATERIAL Y EQUIPO .....	88
DESARROLLO .....	88
ACTIVIDADES .....	92
CUESTIONARIO .....	93
RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR .....	93
8 CAPÍTULO VIII. Identificación del desperdicio 2: Tiempo de espera y uso de la herramienta Kanban.....	94
8.1 OBJETIVO .....	94
8.2 MARCO TEÓRICO.....	94



¿Qué es el tiempo de espera?.....	94
¿Qué es Kanban?.....	95
8.3 PRÁCTICA VIII.....	99
MATERIAL Y EQUIPO .....	99
DESARROLLO .....	100
ACTIVIDADES .....	115
CUESTIONARIO .....	116
RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR .....	116
9 CAPÍTULO IX. Identificación del desperdicio 5: Sobre inventario y uso de la herramienta Heijunka para la secuenciación de la producción .....	118
9.1 OBJETIVO .....	118
9.2 MARCO TEÓRICO.....	118
¿Qué es sobre inventario? .....	118
¿Qué es Heijunka?.....	119
9.3 PRÁCTICA IX.....	121
MATERIAL Y EQUIPO .....	121
DESARROLLO .....	122
ACTIVIDADES .....	138
CUESTIONARIO .....	139
RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR .....	139
CONCLUSIONES .....	139
10 Bibliografía .....	140



## OBJETIVO

Diseñar un manual de prácticas de Manufactura Esbelta que sean aplicables en el salón de clase para complementar la enseñanza de los conceptos teóricos, promoviendo en el alumno el aprendizaje significativo, participativo, colaborativo y por descubrimiento del tema.

## PREFACIO

Tomando en cuenta que las personas aprenden y perciben las cosas a través de canales diferentes, es necesario contar con distintos sistemas para presentar la información. Se han realizado estudios sobre los distintos tipos de aprendizaje los cuales han determinado qué parte de la capacidad de aprendizaje se hereda y cuál se desarrolla. Estos estudios han demostrado que las creencias tradicionales sobre los entornos de aprendizaje más favorables son erróneas. Según la información de la que se dispone actualmente no existe un entorno de aprendizaje universal ni un método apropiado para todo el mundo.

Con la elaboración de las prácticas de manufactura esbelta se busca fomentar métodos de aprendizaje significativo, participativo y colaborativo; los cuales hacen que el aprendiz descubra por sí mismo conceptos, forme relaciones de sus conocimientos previos con los nuevos, dándoles coherencia y adaptándolos a su esquema cognitivo. A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de estos modelos.

### APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO<sup>1</sup>

Ausubel (1970), norteamericano y psicólogo cognitivista, dice que el aprendizaje significativo es un proceso por medio del que se relaciona nueva información con algún aspecto ya existente en la estructura cognitiva de un individuo y que sea relevante para el material que se intenta aprender. Debe necesariamente tener significado para el estudiante, de esta manera representará algo más que palabras o frases que repite de memoria en un examen.

Una predisposición adecuada de los alumnos, así como una presentación motivadora del nuevo tema en estudio, son condiciones necesarias para el aprendizaje significativo.

En el aprendizaje significativo se relaciona información nueva con los conceptos ya presentes en la estructura cognitiva del sujeto. Juegan un papel importante los conceptos inclusores cuya función en el aprendizaje es facilitar las conexiones entre la información recién percibida y el conocimiento adquirido anteriormente. Cuando se efectúa esta asociación el concepto inclusor se modifica ligeramente y la información almacenada cambia también de alguna manera. La transformación de los inclusores que tiene lugar en el aprendizaje es lo que Ausubel denomina diferenciación progresiva, y constituye la base de su teoría de la asimilación.

---

<sup>1</sup> (Méndez, 2009, pág. 91 y 94)



## APRENDIZAJE PARTICIPATIVO<sup>2</sup>

Es aquél en que la persona que aprende, juega un papel activo al intervenir positivamente en la planeación, realización y evaluación del proceso de aprendizaje. El alumno escucha activamente opina, pregunta, sugiere, propone, decide, actúa, busca, expresa sus ideas y sus inquietudes. Los principios del aprendizaje participativo son (López Noguero, 2005, pág. 106):

- Atención al proceso grupal.
- Recuperación de experiencias y conocimientos previos.
- Construcción de nuevos conceptos, conocimientos y procedimientos de acción.
- Orientación del aprendizaje a la práctica, a su aplicación real.
- Autoreconocimiento y valoración personal del aprendizaje.

Los procesos involucrados en el aprendizaje participativo son (López Noguero, 2005, pág. 113):

- Análisis
- Composición
- Descomposición
- Valoración
- Jerarquización
- Contrastación
- Comparación
- Priorización
- Formulación de hipótesis
- Síntesis, etc.

## APRENDIZAJE COLABORATIVO<sup>3</sup>

En la práctica, el aprendizaje colaborativo ha llegado a significar que los estudiantes trabajan por parejas o en pequeños grupos para lograr objetivos de aprendizaje comunes. Es aprender mediante el trabajo en grupo, en vez de hacerlo trabajando solo. La primera característica del aprendizaje colaborativo es el diseño intencional. Con excesiva frecuencia, los profesores se limitan a decir a los estudiantes que se reúnan en grupos y trabajen.

Se desarrolla a través de un proceso gradual en el que todos y cada uno de los miembros se sienten mutuamente comprometidos con el aprendizaje de los demás, generando una interdependencia positiva que no implique competencia.

En el aprendizaje colaborativo el trabajo grupal apunta a compartir la autoridad, a aceptar la responsabilidad y el punto de vista del otro, a construir consenso con los demás. Para trabajar en

---

<sup>2</sup> (Castañeda Jimenez, 2008, pág. 35)

<sup>3</sup> (Barkley, Cross, & Howell Major, 2007, pág. 17 y 19)





colaboración es necesario compartir experiencias y conocimientos y tener una clara meta grupal en la que la retroalimentación es esencial para el éxito.

#### **APRENDIZAJE POR DESCUBRIMIENTO<sup>4</sup>**

Para el psicólogo y pedagogo Jerome Seymour Bruner el concepto de Aprendizaje por Descubrimiento alude a la actividad mental de “reorganizar y transformar” lo dado, de forma que el sujeto tiene la posibilidad de ir más allá de lo simplemente dado.

En este tipo de aprendizaje, la actividad del maestro o profesor no es la fuente principal de los conocimientos; incluso deberá evitar cualquier indicación sobre las generalizaciones que se han de aprender, y cuando el alumno llega a generalizaciones falsas, no le dirá que está equivocado, sino que le conducirá a descubrir su error a través de preguntas que evidencian el error cometido.

Las características que definen el aprendizaje por descubrimiento son:

- *Las secuencias inductivas:* Se ponen ejemplos para que el alumno pueda inducir el principio general.
- *Aprendizaje de ensayo y error:* Como no existen secuencias de instrucciones estructuradas, el sujeto se halla, a menudo, en un callejón sin salida y puede cometer muchos errores.

Algunas ventajas de este método de aprendizaje son:

- Produce un aprendizaje fácilmente transferible a otras situaciones nuevas.
- Es intrínsecamente motivador, es decir, produce en el alumno una sensación de automotivación, ya que lo que aprende se ajusta a sus propias capacidades y a su nivel de desarrollo.
- Favorece la maduración del estudiante al obligarlo a comportarse de manera inductiva y científica y a trascender los datos inmediatos.
- Provoca una participación más atenta del mismo en los materiales de trabajo, valorando más la tarea al exigir mayor trabajo, entre otros.

---

<sup>4</sup> (Mesonero Valhondo, 1995, págs. 397 - 400) (Navas Martínez, 2010)



## INTRODUCCIÓN

La presente tesis recopila una serie de prácticas las cuales servirán para complementar la enseñanza de Lean Manufacturing dentro de las aulas.

Cada práctica está conformada por:

- *Objetivo*: indica el punto o puntos que se desarrollaran al elaborar la práctica.
- *Marco Teórico*: es un breve resumen de los temas que abarca la práctica.
- *Práctica*: incluye materiales y equipo, desarrollo y actividades; por medio de estos puntos se desarrolla el aprendizaje significativo, colaborativo, participativo y por descubrimiento dentro del aula lo que permite un mejor entendimiento del tema.
- *Cuestionario*: al final de cada práctica se realizan cinco preguntas con la finalidad de que el participante relacione las actividades cumplidas con el tema que se está viendo.
- *Recomendaciones al instructor*: al final de cada práctica se presentan recomendaciones de los puntos o acciones que puede tomar el instructor para que se cumplan los objetivos de la práctica.

Otra de las características de las prácticas son los materiales, cada producto que se elabora es de material reciclado. Se buscó que fuera así para que tanto el instructor como los participantes tuvieran fácil acceso a ellos y el costo de elaboración de las prácticas fuera mínimo; igualmente la elaboración de los productos no es compleja, ni requiere de conocimientos previos de algún oficio. Sin embargo es recomendable que tanto el instructor como los participantes tengan conocimientos sobre **estudio del trabajo y diseño de herramientas**.

Recordando la definición de estudio del trabajo: “es el estudio de métodos y medidas del trabajo, que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficacia y en la economía de la situación estudiada con el fin de mejorarla” (Caso Neira, 2006, pág. 14). Como se ve, el estudio del trabajo también incluye a la mejora continua de la que se habla en Lean Manufacturing, es por ello que algunos de los conceptos como: layout, familia de productos, mapeo de procesos, etc. se abordan para el desarrollo de las actividades. Por otro lado, tener conocimientos de diseño de herramientas es de gran ayuda para hacer algunas de las mejoras solicitadas en las prácticas.

Cabe destacar que la elección de los temas, que se desarrollan a lo largo de los nueve capítulos, se debió a la importancia que representa cada uno de ellos dentro del sistema de producción de Lean Manufacturing y de acuerdo a la literatura citada para la elaboración de esta tesis. Sin embargo, se podrían encontrar con otro nombre en diversas literaturas e incluso se podrían encontrar más herramientas, es por ello que en cada tema de esta tesis se rescata la idea principal de los desperdicios y herramientas o técnicas utilizadas para la implementación de Lean Manufacturing.



### RECOMENDACIONES INICIALES AL INSTRUCTOR

Se debe de tener en cuenta el tiempo que se tiene para realizar la actividad y los objetivos que se quieren cubrir. De acuerdo a esto se pueden hacer pequeñas modificaciones a la actividad en cuestión, para hacer más evidente el tema que se quiere tratar, como:

- No ser tan descriptivo en las instrucciones para armar el o los productos.
- Ocultar alguna imagen para la elaboración del producto.
- Omitir ciertos detalles en el procedimiento, como la herramienta a utilizar para algún paso.
- Dividir el grupo en dos para que exista confrontación.
- Presionar a los participantes haciendo continuamente mención del tiempo que les resta para finalizar la actividad.
- Minimizar o maximizar el área de trabajo.
- Hacer que formen equipos demasiado grandes o demasiado pequeños.
- Cambiar o **NO** dar roles específicos a cada integrante del equipo.
- Ordenar los pasos de diferente forma.
- En caso de no tener suficiente tiempo se puede entregar el material únicamente para que lo ensambren, etc.
- Dar material en mal estado.



# 1 CAPÍTULO I. La manufactura esbelta y los siete desperdicios

## 1.1 OBJETIVO

- Comprender lo que es Manufactura Esbelta y sepa reconocer los siete desperdicios en un sistema de producción.

## 1.2 MARCO TEÓRICO

### ¿Cómo nace “Lean Manufacturing”?

El punto de partida de la producción ajustada es la **producción en masa**, que se caracteriza por la estandarización de las operaciones, la rigurosa separación entre la oficina de métodos y tiempos y el taller, entre la concepción del cómo hacer y la ejecución manual, cuyo objetivo era generalizar el método aparentemente más eficaz para producir (*the best one way*) eliminando tiempos y movimientos, interrupciones y disfunciones en los puestos de trabajo (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 2 y 3).

Después de la Segunda Guerra Mundial se produjo una gran expansión de las organizaciones de producción en masa, por lo que empiezan a cambiar los requerimientos del mercado, aumenta la competencia, los precios descienden y las exigencias de rapidez en la entrega y calidad del producto por parte del cliente crecen (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 4), (Reséndiz Olgúin, 2009, pág. 12).

Las compañías de automoción japonesas se plantean cambios en los sistemas de producción derivados de la necesidad de atender mercados más pequeños y con una mayor variedad de vehículos, es así que el concepto de “Lean Manufacturing” nace bajo el nombre de “Sistema de Producción Toyota”. El propósito de la nueva forma de trabajar es eliminar todos los elementos innecesarios en el área de producción para alcanzar reducciones de costes, cumpliendo con los requerimientos de los clientes (Reséndiz Olgúin, 2009, pág. 12).

### ¿Qué es Lean Manufacturing?

El sistema de producción Lean Manufacturing trata de crear dentro de la empresa una forma de vida en la que se reconozca que los desperdicios existen y siempre será un reto eliminar todas las opciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada; trabajando con equipos de personas bien organizados y capacitados (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 11).

Este sistema organiza y administra el desarrollo, la operación, proveedores y relaciones con los clientes de los productos, requiere menos esfuerzo de la gente, menos espacio, menos capital y menos tiempo para hacer productos con menos defectos. Por medio de principios, técnicas y herramientas idóneas de: mejora, producción, solución de problemas y administración disponibles; aplicables a los procesos de producción de las organizaciones. Estos principios son (Peñaflor Zurita, 2012, pág. 14):

- Definir el valor para el cliente.



- Identificar el flujo de valor.
- Hacer que el valor “fluya” en la cadena de valor.
- Jalar desde el consumidor final.
- Aspirar a la excelencia.

### **Los siete desperdicios de Lean Manufacturing**

El principio fundamental del Lean Manufacturing es que el producto o servicio y sus atributos deben ajustarse a lo que el cliente quiere. En general, las tareas que contribuyen a incrementar el valor del producto no superan el 1% del total del proceso productivo, o lo que es lo mismo, el 99% de las operaciones restantes no aportan valor y entonces constituyen un despilfarro. Tradicionalmente, los procesos de mejora se han concentrado en el 1% del proceso que aporta valor al producto. Resulta evidente que, si se acepta el elevado porcentaje de desperdicio en el que se incurre en un proceso productivo se deduce que exista una enorme oportunidad de mejora (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 6).

Para entender lo que es un desperdicio, es conveniente explicar primero qué son las actividades que agregan valor. Son aquéllas que producen directamente un cambio que el cliente desea, al grado que esté dispuesto a pagar por el esfuerzo realizado en la empresa que no sea absolutamente esencial para agregar valor al producto o servicio tal como lo requiere el cliente. Estos esfuerzos aumentan los costos y disminuyen el nivel de servicio, con lo cual afectan los resultados obtenidos en el negocio. Así, desperdicio es definido como todo aquel esfuerzo que no añade valor al producto, o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. Estos esfuerzos aumentan los costos y disminuyen el nivel de servicio. Toyota clasifica los desperdicios en siete grandes grupos (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 29):

1. Sobreproducción
2. Sobre inventario
3. Productos defectuosos
4. Transporte de materiales y herramientas
5. Procesos innecesarios
6. Espera
7. Movimientos innecesarios del trabajador

## 1.3 PRÁCTICA I

### MATERIAL Y EQUIPO

- Cartón de huevo
- Pintura roja
- Pintura verde
- Pincel
- Diamantina
- Pegamento blanco
- Pistola de Silicón
- Silicón
- Tijeras
- Cúter
- Palitos de Madera

### DESARROLLO

#### Arreglo Floral<sup>5</sup>

ReciclArte es una empresa que se dedica a elaborar diversos artículos con material reciclado; para la elaboración de los arreglos la plantilla de trabajadores forma equipos de trabajo dependiendo del producto que se tenga que elaborar.

Su producto estrella es un arreglo floral hecho con cartón de huevo, existen tres modelos de arreglos florales: el chico de cinco rosas, mediano de diez rosas y grande de quince rosas de color variable (rojo, rosa o blanco).

- Formar equipos de entre 5 o 6 personas.
- Iniciar una línea de producción designando roles a cada integrante.
- Seguir las instrucciones que se presentan a continuación y elaborar el arreglo floral chico.

#### Instrucciones:

1. Cortar cada espacio de cartón de huevo como lo muestra la figura.



Ilustración 1-1



Ilustración 1-2

<sup>5</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=axCfWVtfsRQ>

2. Cortar las orillas de cada espacio de cartón de huevo que se cortó en el paso anterior, para hacer una sola rosa se necesitan tres unidades.



Ilustración 1-3



Ilustración 1-4

3. Para hacer la flor se toma una pieza y se pegan las puntas con silicón como lo muestra la figura, dejar secar.



Ilustración 1-5



Ilustración 1-6

4. Recortar el segundo pedazo para formar cuatro hojas, estas serán la pieza dos.



Ilustración 1-7



Ilustración 1-8

5. Pintar cada pieza del color que le corresponde:

Pieza 1 que formará la flor: rojo, rosa o blanco.



**Ilustración 1-9**

Pieza 2 que formarán las hojas: verde



**Ilustración 1-10**

Pieza 3 que formará la base de la flor: verde



**Ilustración 1-11**

5. Después de pintar las piezas decorar la pieza 1 poniendo diamantina en la punta, con pegamento blanco.





**Ilustración 1-12**

6. Con el palito de madera perforar la base de la pieza 1.



**Ilustración 1-13**

7. Con el silicón pegar la pieza 1 con la pieza 3.



**Ilustración 1-14**

8. Con el palito de madera perforar la base de la pieza 3.



**Ilustración 1-15**

9. Introducir el palito de madera por la perforación que se realizó en el paso 7 y 8, pegar con silicón.



Ilustración 1-16

10. Pegar la pieza 2 a lo largo del palito.



Ilustración 1-17

**¡¡¡LISTO, TIENES UNA ROSA!!!**



**ACTIVIDADES**

1. Documentar el proceso de la elaboración de una rosa.
2. Tomar el tiempo que tarda en salir la primera pieza.
3. Tomar el tiempo de la elaboración de todas las rosas terminadas y del número de arreglos florales completos.

Al finalizar el arreglo llenar con los datos la columna **Ronda 1** de la **tabla 1-1**, que se presenta abajo.

4. Realizar un sólo cambio a la línea de producción y volver a iniciar la actividad para completar la

	RONDA 1	RONDA 2	RONDA 3
Personal utilizado para la producción			
Trabajo en proceso (total de todas las estaciones)			
Tiempo de ciclo por flor y por arreglo			
Trabajo defectuoso o por rehacerse			
Problemas de calidad identificados			

Tabla 1-1

columna **RONDA 2**. Repetir el mismo procedimiento para completar la **tabla 1-1**.

5. Una vez que se haya completado la tabla contestar el cuestionario.

**CUESTIONARIO**

1. ¿Qué desperdicios detectaron durante la primera ronda de la línea de producción?
2. ¿Cuál es la herramienta Lean que se utilizó para plantear la mejora?
3. ¿Mejoró el tiempo de producción con respecto a la primera ronda?
4. ¿Qué otras mejoras Lean se pueden hacer a la línea de producción?
5. ¿Creen importante priorizar los desperdicios encontrados en una línea de producción?, ¿Por qué?

**RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR**

- Nunca se dice que el palo de la flor debe ir de color verde ni como se arman los arreglos, con la finalidad de usar estos dos puntos para cubrir el objetivo de la práctica.
- Pedir que hagan el arreglo de un tamaño diferente.
- Asegurarse que en cada ronda existan mejoras en todos los aspectos que se toman en cuenta en la **tabla 1-1**.



## 2 CAPÍTULO II. El Value Stream Map (VSM) y Las siete herramientas de Manufactura Esbelta

### 2.1 OBJETIVO

- Conocer el significado de Value Stream Map.
- Conocer la simbología para representar de forma esquemática un proceso productivo, logístico o administrativo.
- Conocer las siete herramientas que se aplican para la transformación de un sistema de producción tradicional a un sistema Lean.

### 2.2 MARCO TEÓRICO

#### ¿Qué es el Value Stream Map?

Antes de iniciar un proceso de Lean Manufacturing, es necesario identificar la cadena de valor mediante la elaboración del Value Stream Map (de ahora en adelante VSM), para ello hay que definir qué es una cadena de valor.

Una **cadena de valor** son aquellas operaciones que aportan valor, es decir que transforman productos de las mismas familias y son necesarias para ofrecerle al cliente un producto desde el concepto o diseño, hasta la producción y envío (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 104).

Una vez que se tiene claro el concepto de cadena de valor continuaremos plasmando en papel la situación actual del proceso productivo, identificando todas las actividades que ocurren a lo largo de un flujo de valor para un producto o familia de productos, tomando en cuenta todas las comunicaciones e informaciones relativas al proceso. Para realizar esta tarea es importante involucrar a todos los miembros que participaran en el desarrollo del proyecto de implantación de los sistemas Lean. La representación deberá contemplar además el análisis de todas las comunicaciones e información relativas al proceso, de modo que se encuentren reflejadas el conjunto de las variables que afectan al sistema (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 33 y 35).

Los pasos para la elaboración del VSM son (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 41):

- Flujo de materiales a partir del cliente.
- Se representan las operaciones apuntadas en la hoja “Análisis del flujo del proceso”.
- Se representa el flujo de información.
- Se calcula y representa el lead time.
- Se dispone del mapa completo.



## Mediciones importantes

### *Tiempo de ciclo*

- a) **Tiempo de ciclo individual:** es el tiempo que dura cada operación individual, como pintar una pieza, esmerilar, empacar (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 106).
- b) **Tiempo de ciclo total:** es el tiempo que duran todas las operaciones y se calcula sumando el tiempo del ciclo individual de cada operación en un proceso determinado (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 106).
- c) **Lead time o tiempo de entrega:** es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa, incluyendo normalmente el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 15).

### *Tiempo takt<sup>6</sup>*

El tiempo *takt* es la velocidad a la que compra el cliente, es decir, el tiempo al que el sistema de producción debe adaptarse para satisfacer las expectativas del cliente.

Fórmula: tiempo disponible / demanda

### **Ejemplo**

*Tiempo disponible por día* = 8 horas – 30 minutos de comida y descanso = 450 minutos.

450 min. / turno x 1 turno x 60 seg. / min. = 27, 000 seg.

*Demanda mensual* = 7510 piezas.

*Demanda diaria* = 7510 pzas. ÷ 22 días hábiles = 341 piezas diarias.

*Tiempo takt* = 27, 000 seg. ÷ 341 pzas. = 79 seg. / pza.

Esto significa que el cliente está dispuesto a comprar una pieza cada 79 segundos.

---

<sup>6</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 106)

### Símbolos del flujo de materiales<sup>7</sup>

Símbolos del Flujo de Materiales				
	Operación de Valor Añadido	Operación de Control	1000 piezas 1.3 días Material Parado	Movimiento de Materiales Empujado
		T/C: 65 seg. C/S: 400 seg. 2 Turnos OEE: 60%	máx. 30 Piezas —FIFO—	
Movimiento de Material Tirado	Datos de Proceso	Flujo de Materiales en Secuencia	Localizaciones Externas	
Transporte por Camión	Transporte interno	Supermercado		

Ilustración 2-1

### Símbolos del flujo de información<sup>8</sup>

Símbolos del Flujo de Información				
	Flujo de Información Manual	Flujo de Información Electrónico	Plano Diario	Caja de Nivelado
Kanban de Lote de Producción	Kanban de Movimiento	Kanban de Producción	Movimiento de Kanban en Lote	
Secuenciador	Ajustes "Informales" del Plan de Producción			

Ilustración 2-2

### Mapa completo<sup>9</sup>

En la parte inferior dibujamos una escalera; en los escalones inferiores se coloca el tiempo que agrega valor y en los superiores el tiempo que no agrega valor.

<sup>7</sup> (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 40)

<sup>8</sup> (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 41)

<sup>9</sup> (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 97)

## Mapa completo

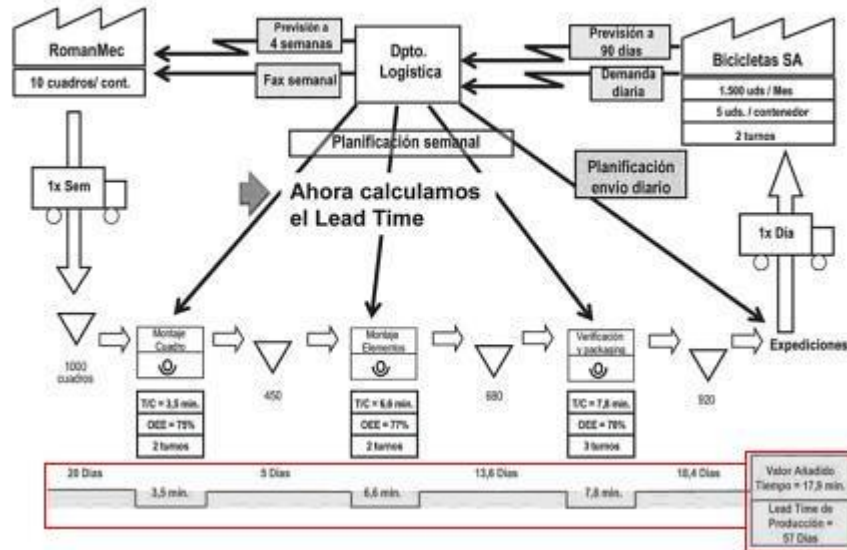


Ilustración 2-3

### Las siete herramientas de Manufactura Esbelta

Una vez representado el mapa de la cadena de valor del estado actual, hay que dibujar el mapa del estado futuro, es decir, la situación a la que se quiere llegar para alcanzar el nivel más alto de eficiencia. Para ello, deberán identificarse oportunidades de mejora sobre este mapa actual para poder trabajar en ellas y de esta manera hacer realidad el estado futuro deseado. Las herramientas Lean serán consideradas como la base de estas oportunidades de mejora (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 45).

Las herramientas Lean deben aplicarse según las necesidades de cada proceso y no aplicarse de forma indiscriminada sin tener un fin claro (Peñaflor Zurita, 2012, pág. 38); deben ser parte de proyectos que cambian la organización física del trabajo en la línea de fabricación, en la logística y en el control de producción a través de toda la cadena de suministro, y en la forma en que se aplica el esfuerzo humano, tanto en las tareas de producción como en las de apoyo (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 247).

Las siete herramientas Lean que ayudaran a eliminar los desperdicios son:

- JIT
- Flujo de producción de una pieza
- Producción en pequeños lotes
- SMED
- Kan Ban
- Poka Yoke
- ANDON



## 2.3 PRÁCTICA II

### MATERIAL Y EQUIPO

- Papel aluminio
- Cartón
- Tijeras
- Latas de aluminio
- Pegamento blanco
- Cinta Adhesiva

### DESARROLLO

Porta retratos

ReciclArte es una empresa dedicada a elaborar portarretratos decorados de papel y latas de aluminio quiere mejorar su proceso productivo, implementando algunas herramientas de Lean Manufacturing.

El proceso para elaborar los portarretratos es el siguiente:

#### Almacén de materia prima

1. Recibir los materiales que se reciclarán y almacenar en la bodega de “Materia Prima”.
2. Trasladar el material a las mesas de trabajo.
3. Separar en latas, cartón y papel.
4. Almacenar en las bodegas según corresponda “Latas”, “Cartón” y “Papel”.

#### Departamento de corte

1. Cortar el cartón en forma de rectángulo de 15x21.5 [cm].
2. Trazar un margen de 3 [cm] por los cuatro lados del rectángulo del paso anterior formando un segundo rectángulo.
3. Recortar este segundo rectángulo, será ahí donde se colocará la fotografía.

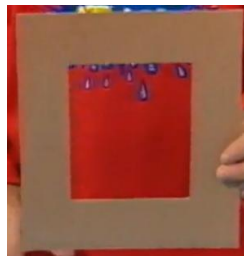


Ilustración 2-4

4. Cortar el cartón en forma de círculo.
5. Trazar un rectángulo al interior del círculo, a partir del centro.
6. Recortar el rectángulo interior, será ahí donde se colocará la fotografía.





Ilustración 2-5

7. Cortar el cartón en forma de estrella.
8. Trazar un círculo en el interior de la estrella cuidando que quede en el centro.
9. Recortar el círculo interior, será ahí donde se colocará la fotografía.



Ilustración 2-6

10. Cortar la lata, removiendo la base y la tapa de esta, dejando únicamente el cuerpo de la lata.



Ilustración 2-7



Ilustración 2-8

11. Trazar al cuerpo de la lata cuadros de 2 [cm] x 2 [cm].



Ilustración 2-9

12. Recortar los cuadros con tijeras.



Ilustración 2-10

13. Arrugar el papel aluminio para darle textura.



Ilustración 2-11

14. Extenderlo en la mesa de trabajo.



Ilustración 2-12

15. Cortar el papel aluminio en cuadrado de 15 x 21.5 [cm].

16. Trazar un margen de 4 [cm] por los cuatro lados del rectángulo del paso anterior formando un segundo rectángulo.

17. Recortar este segundo rectángulo.



Ilustración 2-13

18. Arrugar el papel aluminio para darle textura.
19. Extenderlo en la mesa de trabajo.
20. Cortar el papel aluminio en forma de círculo.
21. Trazar un rectángulo al interior del círculo, a partir del centro.
22. Recortar el rectángulo interior, será ahí donde se colocará la fotografía.
23. Arrugar el papel aluminio para darle textura.
24. Extenderlo en la mesa de trabajo.
25. Cortar el papel aluminio en forma de estrella.
26. Trazar un círculo en el interior de la estrella cuidando que quede en el centro.
27. Recortar el círculo interior, será ahí donde se colocará la fotografía.
28. Al terminar cada una de estas piezas se envían al almacén de “Piezas terminadas”.

#### Almacén de piezas terminadas

1. Dividir el cartón y almacenarlo de acuerdo a su forma.
2. Dividir por colores los cuadros recortados y almacenarlos de acuerdo al color.
3. Dividir el papel y almacenarlo de acuerdo a su forma.

#### Departamento de ensamblaje

En este departamento se realiza en ensamble de cada uno de los materiales y se dan los acabados finales a los marcos. De acuerdo al marco que se vaya a realizar se seleccionan los materiales del almacén de piezas terminadas y se continúa de la siguiente forma:

*Para los marcos de papel aluminio:<sup>10</sup>*

1. Seleccionar el marco de cartón.
2. Seleccionar el papel de la misma forma del cartón.

---

<sup>10</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=0e7VCiafiNQ>

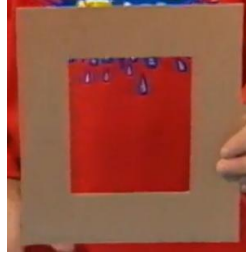


Ilustración 2-14

3. Extender el papel sobre la mesa de trabajo y poner encima el marco de cartón.



Ilustración 2-15

4. Envolver el marco de cartón con el papel y pegarlo con cinta adhesiva.



Ilustración 2-16



Ilustración 2-17

**¡¡¡LISTO, TIENES UN MARCO PARA FOTOS!!!**

5. Llevarlo al almacén de producto terminando.



Ilustración 2-18



Ilustración 2-19

*Para los marcos de aluminio:<sup>11</sup>*

1. Seleccionar el marco de cartón.

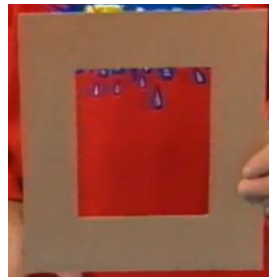


Ilustración 2-20

2. Seleccionar las piezas de acuerdo al color del que se realizará el marco.



Ilustración 2-21

<sup>11</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=FQeOz7v1A-0>

3. Pegar las piezas en el marco de cartón.



Ilustración 2-22

4. Dejar secar.

**¡¡¡LISTO, TIENES UN MARCO PARA FOTOS!!!**

5. Llevarlo al almacén de producto terminado.

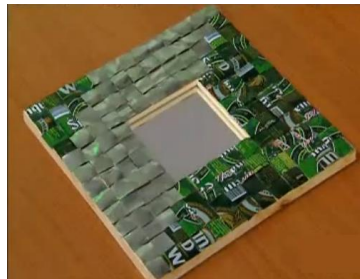


Ilustración 2-23

#### Almacén de producto terminado

1. Esperar a que llegue la orden de compra con el pedido.
2. Seleccionar los artículos de acuerdo al pedido.
3. Empaquetarlos y enviarlos al centro de distribución.

#### ACTIVIDADES

1. De la familia de productos<sup>12</sup> que se presentaron elegir el producto que comparta la mayor cantidad de procesos y operaciones, construyendo una matriz de productos vs procesos, como lo muestra la **ilustración 2-24**.

<sup>12</sup> Familia de productos, “es cuando las variantes entre diferentes productos de un mismo tipo son de carácter estético, diferente color o diferente apariencia... accesorios con las mismas características de operación y/o funcionamiento, se pueden agrupar en una misma familia de productos...” (NOM – 090 – SCFI – 2004).

		PROCESOS						
		1	2	3	4	5	6	7
PRODUCTOS	A	X	X	X		X	X	X
	B	X	X	X	X	X	X	X
	C	X	X	X		X	X	X
	D		X	X		X	X	
	E		X	X				X
	F	X		X		X		X

Ilustración 2-24

2. Seleccionar un producto basándose en la matriz que se elaboró en el punto anterior.
3. Realizar el análisis del flujo de materiales empezando en el almacén de producto terminado y terminando en el almacén de materia prima, tomando el tiempo que se tarda en elaborar un solo porta retrato. Utilizar el formato “Hoja de datos de procesos” (**ver Anexo 2-1**).
4. Tomar el tiempo que tarda en elaborar una demanda diaria de 20 porta retratos, al finalizar la demanda llenar la **tabla 2-1**.
5. Realizar el VSM actual dibujando una caja de datos debajo de cada ícono, anotando el personal necesario para cada operación y el tiempo de ciclo individual.

	Almacén de materia prima	Departamento de corte	Almacén piezas terminadas	Departamento de ensamblaje	Almacén de producto terminado
Personal utilizado para la producción					
Trabajo en proceso					
Tiempo de ciclo					
Trabajo defectuoso o por rehacerse					

Tabla 2-1

**CUESTIONARIO**

1. ¿Qué es una cadena de valor?



2. Escribir cinco utilidades de un VSM
3. Obtener el tiempo takt del proceso, con una demanda diaria mensual de 5,000 piezas y los mismos días hábiles del ejemplo.
4. Proponer un VSM futuro.
5. ¿Qué herramientas de Lean Manufacturing puedes utilizar para mejorar el proceso?, ¿Por qué?

#### **RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR**

- Notar que nunca se dice la forma y cantidad en que se deben empacar los portarretratos, con la finalidad de usar estos dos puntos para cubrir el objetivo de la práctica.
- En vez de latas y papel aluminio se pueden usar hojas de colores.
- Elegir de manera estratégica el lugar en que se ubicará cada almacén y departamento, de modo que sea más tardada y complicada la elaboración del producto.
- Omitir las áreas en las cuales se realiza cada proceso y dejar que el grupo divida el proceso por áreas.
- Elevar o disminuir la demanda diaria requerida.
- Elegir las medidas de los portarretratos, así como el tamaño de los cuadrados que deben de cortar las latas de aluminio.





ANEXO 2-1.

HOJA DE DATOS DE PROCESO										
Producto:	Pieza:	Area:	Fecha:	<input type="radio"/> Transformación <input type="radio"/> Transporte <input type="checkbox"/> Control <input type="checkbox"/> Stock / Espera						
N°	Descripción	Símbolos				Datos				Observaciones
		○	→	□	▽	Tiempo (min)	Cantidad (uds)	Distancia (metros)	Superficie (m2)	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

Ilustración 2-25



### 3 CAPÍTULO III. Identificación del desperdicio 7: Transporte y uso de la herramienta Kaizen

#### 3.1 OBJETIVO

- Conocer el significado del desperdicio transporte.
- Conocer las características del transporte.
- Ser capaz de identificar las causas de los transportes.
- Conocer el uso de la herramienta Kaizen.

#### 3.2 MARCO TEÓRICO

##### ¿Qué es un transporte?<sup>13</sup>

Son todos aquellos traslados de materiales que no apoyan directamente el sistema de producción. Mover los productos de un lado a otro de la planta no se traduce en un cambio significativo para el cliente, pero sí implica un costo, e incluso pone en riesgo la integridad del producto. Cabe aclarar que nos referimos en este caso al transporte dentro de las instalaciones de la empresa, y no a la entrega del producto a los clientes o centros de distribución.

##### Características del transporte

- Exceso de equipo para transportar materiales en montacargas.
- Exceso de bandas transportadoras, rampas o tuberías.
- Demasiados sitios de almacenamiento.
- Exceso de estantes o racks para materiales.
- Mala administración de los inventarios.
- Inadecuado diseño y aprovechamiento de las instalaciones.
- Mal control de los inventarios.
- Demasiado personal para el transporte de materiales.
- Distancias largas entre procesos y almacenes.

##### Causas del transporte

- Fabricación de lotes de producción muy grandes.
- Programas de producción inconsistentes y con muchos cambios.
- Falta de programas de producción.
- Falta de organización en el lugar de trabajo.
- Distribución inadecuada de las instalaciones.
- Cambios en los productos sin hacer los cambios correspondientes en los procesos.
- Adquisición de máquinas más eficientes de lo necesario.
- Inventario excesivo de productos en proceso.
- Inversión en horas extras de producción sin contar con un programa definido.

---

<sup>13</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 34)



### ¿Qué es Kaizen?<sup>14</sup>

La palabra Kaizen significa mejoramiento, esto es, una mejora continua en la forma de trabajar; se trata de una mejora continua que involucra tanto a los trabajadores como a los gerentes en un esfuerzo totalmente integrado hacia el mejoramiento del desempeño en todos los niveles.

Para entender el poder de la mejora continua debemos preguntarnos cuántas mejoras aporta cada uno de nosotros a la organización en la que trabaja.

Un evento Kaizen es una cadena de acciones realizadas por equipos cuyo de trabajo cuyo objetivo es mejorar los resultados de los procesos existentes. Mediante estas acciones, los dueños de los procesos y los operadores pueden realizar mejoras significativas en su lugar de trabajo que se traducirán en beneficios de productividad (y como consecuencia de rentabilidad) para el negocio.

Cada una de las actividades organizadas del Kaizen es sometida a lo que ellos denominan “las seis preguntas”, y que son las siguientes respecto de cada actividad:

¿Quién?	¿Qué?	¿Dónde?
1. ¿Quién lo hace?	1. ¿Qué hacer?	1. ¿Dónde hacerlo?
2. ¿Quién está haciéndolo?	2. ¿Qué se está haciendo?	2. ¿Dónde se hace?
3. ¿Quién debe estar haciéndolo?	3. ¿Qué debe hacerse?	3. ¿Dónde debe hacerse?
4. ¿Quién otro puede hacerlo?	4. ¿Qué otra cosa puede hacerse?	4. ¿En qué otro lugar puede hacerse?
5. ¿Quién otro debe estar haciéndolo?	5. ¿Qué otra cosa debe hacerse?	5. ¿En qué otro lugar debe hacerse?
6. ¿Quién está haciendo las 3-MU? (*)	6. ¿Cuál de las 3-MU se están haciendo?	6. ¿Dónde se están haciendo las 3-UM?

¿Cuándo?	¿Por qué?	¿Cómo?
1. ¿Cuándo hacerlo?	1. ¿Por qué lo hace?	1. ¿Cómo lo hace?
2. ¿Cuándo está hecho?	2. ¿Por qué hacerlo?	2. ¿Cómo se hace?
3. ¿Cuándo debe hacerse?	3. ¿Por qué hacerlo allá?	3. ¿Cómo debe hacerse?
4. ¿En qué otra ocasión puede hacerse?	4. ¿Por qué hacerlo entonces?	4. ¿Puede usarse este método en otras áreas?
5. ¿En qué otra ocasión debe hacerse?	5. ¿Por qué hacerlo así?	5. ¿Existe otra forma de hacerlo?
6. ¿Hay alguna vez 3-MU?	6. ¿Hay alguna de las 3-MU en la forma de pensar?	6. ¿Hay algo de las 3-MU en este método?

Fuente: IMAI, MasaaKi, (1989), *KAIZEN, La clave de la ventaja competitiva japonesa*, México: Compañía Editorial Continental, S.A., pág. 284.

Ilustración 3-1

### ¿Para qué sirven los eventos Kaizen?<sup>15</sup>

Los eventos Kaizen resultan extremadamente efectivos para mejorar rápidamente un proceso mediante la implementación de herramientas que ayudan a:

- Reducir los desperdicios.
- Mejorar la calidad y reducir la variabilidad.

<sup>14</sup> (Soconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 129)

<sup>15</sup> (Ibídem, pág. 130)



- Mejorar las condiciones de trabajo.

### ¿Cuándo se utilizan los eventos Kaizen?<sup>16</sup>

Por lo general, la aplicación de eventos de mejora se lleva a cabo cuando:

- Existe un problema de calidad.
- Queremos mejorar la distribución de las áreas.
- Necesitamos reducir el tiempo de preparación de las máquinas.
- Necesitamos disminuir el tiempo de entrega a los clientes (internos o externos).
- Deseamos reducir los gastos de operación.
- Necesitamos mejorar el orden y la limpieza.
- Queremos reducir la variabilidad de una característica de calidad.
- Deseamos hacer más eficiente el uso de los equipos.

### ¿Qué se puede lograr con los eventos Kaizen?<sup>17</sup>

- Mejoras rápidas en el desempeño de procesos específicos de producción o celdas de manufactura.
- Tiempos muy cortos de cambio de producción.
- Mejores distribuciones de planta.
- Mejor desempeño de la maquinaria.
- Mejora en orden y limpieza.
- Mejor calidad de primera intención.
- Mejor comunicación entre los operadores.
- Mayor capacidad de producción.
- Condiciones de trabajo más seguras y ergonómicas.

En una empresa con enfoque tradicional, las actividades que no agregan valor superan por mucho a las que sí lo hacen como se muestra en la **Ilustración 3-2**, y son las principales causas de los problemas de competitividad.

---

<sup>16</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 130)

<sup>17</sup> *Ibidem*, pág. 131

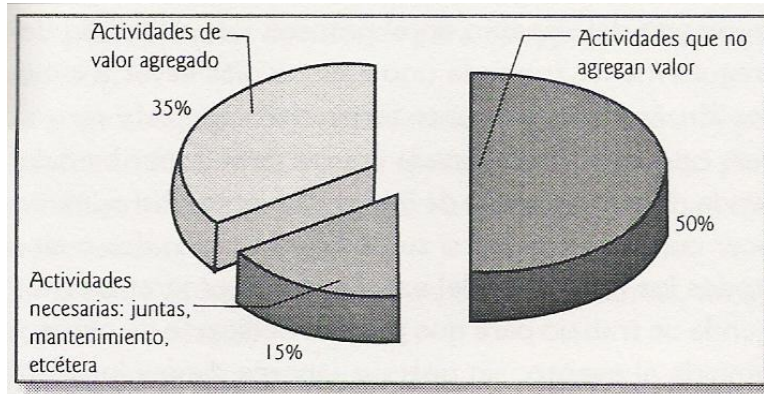


Ilustración 3-2

El objetivo de un evento Kaizen es que al finalizar cada proyecto de mejora, la empresa vea cambios en los resultados de los procesos al ir eliminando sus fuentes de pérdida.

El desperdicio en el trabajo total de un proceso debe ser cada vez menor, esta disminución se puede apreciar comparando la **Ilustración 3-2 y 3-3**. De esta manera aprovechan mejor los recursos del negocio y se incrementa su rentabilidad y respuesta al cliente.

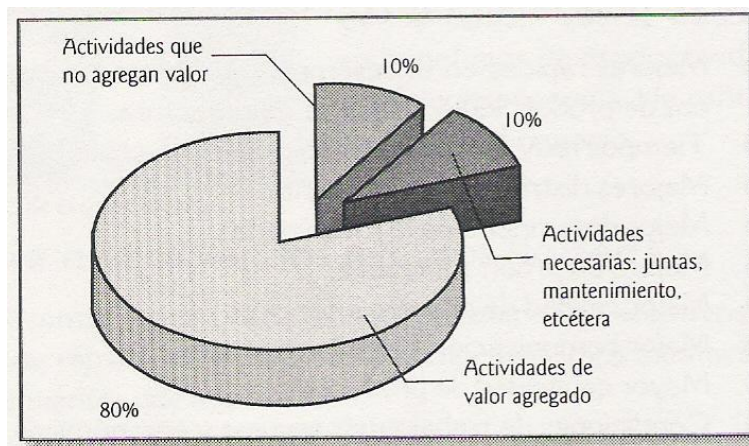


Ilustración 3-3

### Conceptos aplicables para los eventos Kaizen<sup>18</sup>

#### ***Programa de sugerencias***

Es recomendable que la compañía cuente con un sistema de sugerencias para que, independientemente de la ejecución de los eventos Kaizen, se puedan llevar a cabo mejoras en todas las áreas con la participación entusiasta de todo el personal.

<sup>18</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 142 y 143)



Para este programa debe establecerse un sistema de documentación de las ideas de mejora para que cualquier empleado pueda aportar, en cualquier momento, una idea. Las tarjetas de oportunidad sirven para este propósito. Estas tarjetas se pegan en un casillero donde cualquier empleado pueda tomarlas; cuando se ha generado la idea una parte de la tarjeta se pega en el lugar donde se sugirió la idea para que quede a la vista.

TARJETA DE OPORTUNIDAD	
<b>Fecha:</b> 13-May-06	<b>Folio:</b> '001
<b>Área:</b> Línea 4 de montaje	
<b>Oportunidad detectada: (Muda, Muri, Mura)</b>  Se escucha una fuga de aire comprimido en el manómetro en el filtro de aire	
<b>Actividad por realizar:</b>  Apretar cople	<b>Clasificación</b>  A
<b>Equipo:</b> Prensa 4	

Un programa de mejora sólo será exitoso cuando todos los empleados aporten sugerencias y estas sugerencias sean tomadas con seriedad por la dirección.

### **Reglas del evento Kaizen**

Siempre que participe en un evento Kaizen, recuerde los siguientes aspectos:

- Mantenga la mente abierta para realizar cambios.
- Mantenga una actitud positiva incluso antes las cosas negativas.
- Nunca se reserve para usted sus desacuerdos.
- Ayude a crear un ambiente de cooperación.
- Procure que hay respeto mutuo.
- Trate a los demás como le gustaría que lo trataran.
- Todos los votos tienen la misma importancia, independientemente de lo posición jerárquica de quién vota.
- No se permiten las preguntas silenciosas; es decir, si tienen una duda, ¡pregunte!

### 3.3 PRÁCTICA III

#### MATERIAL Y EQUIPO

- Cartón de huevo
- Pintura acrílica de varios colores
- Pincel
- Ojos móviles
- Limpiapipas
- Pegamento
- Tijeras

#### DESARROLLO

Reciclarte, es una empresa dedicada a elaborar productos con material reciclado. Uno de los productos que elaboran para niños es el siguiente:

#### Oruga con cartón de huevo.<sup>19</sup>

1. Cortar una hilera del cartón de huevo, que contenga seis conos.



Ilustración 3-4

2. Pintar cada cono de diferente color, dejar secar.

---

<sup>19</sup> <http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=mvqJi0j5FNA&feature=endscreen>



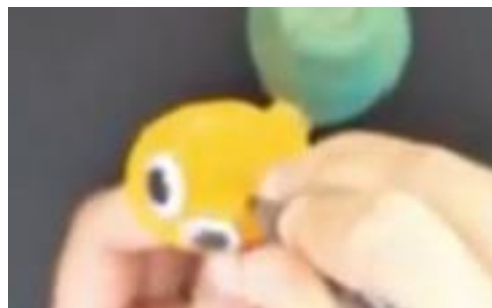
**Ilustración 3-5**

3. Pegar en un extremo de la hilera de conos los ojos de la oruga.



**Ilustración 3-6**

4. Hacer dos perforaciones con una pluma arriba de los ojos.



**Ilustración 3-7**

5. Cortar dos pedazos de limpiapipas y pegarlos en las perforaciones que se hicieron.





Ilustración 3-8

## ¡¡¡LISTO, TIENES UNA ORUGA!!!

### ACTIVIDADES

1. Formar equipos de tres a cinco personas.
2. Iniciar la producción de orugas y parar la producción después de 15 min.
3. Documentar el proceso de elaboración de una oruga.
4. Contar el número de orugas que se lograron hacer en ese tiempo.
5. Contar la cantidad de orugas defectuosas.
6. Implementar la herramienta Kaizen a manera de que el número de orugas aumente disminuyendo el número de orugas defectuosas.
7. Volver a iniciar la línea de producción 15 min, llenar la **tabla 3-1**, comprobar que se implementó adecuadamente la herramienta Kaizen y el número de defectos en la línea de producción disminuyó.

	TOTAL DE ORUGAS	ORUGAS DEFECTUOSAS	TOTAL DE ORUGAS DESPUÉS DE KAIZEN	ORUGAS DEFECTUOSAS DESPUÉS DE KAIZEN
ORUGAS				

Tabla 3-1

### CUESTIONARIO

1. ¿Qué desperdicios detectaron en la producción?
2. ¿Hubo alguna mejora en el tiempo de producción al implementar la herramienta?
3. ¿A qué crees que se deba?
4. ¿Qué desperdicio atacaron al implementar Kaizen?



5. ¿De qué manera se relaciona el desperdicio transporte con Kaizen?

#### **RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR**

- Proponer diferentes demandas para cubrir y un tiempo límite para cubrirlas.
- Dar o cambiar los roles específicos a cada integrante del equipo.
- Ser muy estricto en cuanto al estándar de calidad de los productos.

## 4 CAPÍTULO IV. Identificación del desperdicio 1: Sobreproducción y uso de la herramienta JIT

### 4.1 OBJETIVO:

- Que el alumno comprenda qué es la sobreproducción.
- Sea capaz de reconocer cuándo en un sistema de producción existe la sobreproducción.
- Conozca el concepto de “Just in Time” y su implementación.

### 4.2 MARCO TEÓRICO

#### ¿Qué es la sobreproducción?<sup>20</sup>

El mejor ejemplo para explicar la sobreproducción es el que utiliza Luis Socconini en su libro “Lean Manufacturing paso a paso” y al que se recurrirá a continuación:

“Imagina un río en cuyo fondo hay grandes rocas, para que un barco lo logre atravesar, la profundidad del agua medida desde el fondo deberá ser mayor a la altura de las rocas. Pues bien, el ofrecer un nivel de servicio satisfactorio para el cliente equivale a que el barco logre cruzar el río, en tanto cada roca representa un problema de productividad, como se observa en la **ilustración 4-1.**”

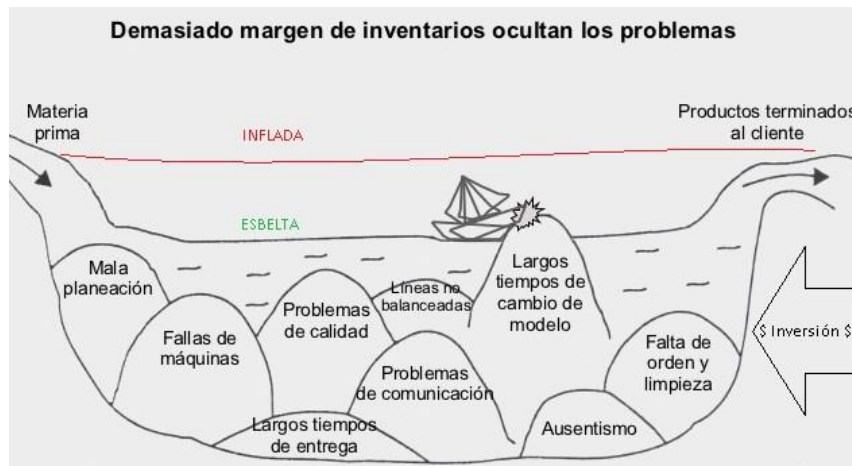


Ilustración 4-1

Parecería que la mejor solución es mantener el río lo suficientemente profundo, equivalente a mantener un inventario suficientemente elevado de tal manera que amortigüe el impacto que pudiera generar a nivel de servicio una máquina descompuesta o un error en un pronóstico.

Esta solución tiene en realidad tiene inconvenientes como:

- El mantenimiento de los inventarios (la profundidad del agua) es bastante costoso.
- Estanca los recursos de la empresa.

<sup>20</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, págs. 43 - 45)



- Incrementa el apalancamiento financiero.
- Requiere espacio, seguros, administración y manipulación de los artículos.

Y el mayor problema generado por la sobreproducción y el sobre inventario es que a la larga ocultan los problemas importantes.

Continuando con el ejemplo del río y las rocas. Piensa en un navegante que siempre ha cruzado el río sin chocar nunca con las rocas, después de cierto tiempo dejará de prestarles atención y acabará por considerarlas como parte natural del paisaje. Lo mismo pasa en las empresas que consideran como “normal” la existencia de cierto nivel de inventario, por ejemplo, al no impactar directamente en el nivel de servicio al cliente, se crea la falsa idea de que no hay problemas en la empresa o que éstos son parte natural del negocio. Lo que hay que tener presente es que esos problemas de productividad (las rocas), lejos de ser inofensivos, implican un elevado costo económico, así como costos en cuanto a oportunidades.

Después de este ejemplo se dará el significado de sobreproducción, básicamente es<sup>21</sup>:

- Producir más de lo que se necesita.
- Producir más rápido de lo que se requiere.
- Manufacturar productos antes de que se necesiten.

Algunas características de la sobreproducción son<sup>22</sup>:

- Flujo desbalanceado de material.
- Administración compleja de inventarios.
- Problemas ocultos.
- Sensación de ambiente de trabajo inseguro.
- Obsolescencia de los materiales.
- Fabricación anticipada.

Algunas causas de la sobreproducción son<sup>23</sup>:

- La producción se adelanta “por si acaso” (Just In Case).
- La optimización de las máquinas se hace en forma individual, sin tener una visión global de la cadena de valor.
- Automatización de operaciones que no lo requieren.
- Cambios y reajustes muy lentos.
- Prácticas de contabilidad de costos inadecuadas para la toma de decisiones en piso.
- Insuficiente mantenimiento preventivo.
- Falta de consistencia en la programación de la producción.
- Enfoque en las expectativas optimistas de los pronósticos de venta.

---

<sup>21</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 29 y 30)

<sup>22</sup> (Ibídem, pág. 30)

<sup>23</sup> Ídem



- Procesos con capacidad potencial muy baja.

### ¿Qué es Just In Time (JIT)?<sup>24</sup>

Alrededor de los años treinta se desarrolló en la compañía de automóviles Toyota el concepto de “justo a tiempo” el cual decretaba que la operación de Toyota no debería tener excesos de inventarios, para lograr esto se tendría que trabajar seriamente en sociedad con los proveedores para nivelar el inventario y la producción. Tiempo más tarde en los años cincuenta el “justo a tiempo” se desarrolló junto con el flujo de información y el sistema de materiales para controlar la sobreproducción.

Así es como JIT nació con el objetivo de producir los elementos necesarios en la cantidad necesaria y en el momento necesario, lo cual se logra mediante la reducción de costos y el aumento de la productividad.

El JIT se basa en tres elementos:

1. Sistema de jalar (pull system).
2. Takt Time.
3. Flujo Continuo.

### Sistema de jalar (pull system)<sup>25</sup>

Este sistema trata de examinar el flujo de producción a la inversa. Dicho de otro modo: las personas de un determinado proceso se dirigen al proceso anterior para retirar las piezas necesarias en las cantidades necesarias y en el momento necesario. En el proceso anterior solamente se producen unidades suficientes para reemplazar las que han sido retiradas. Este método se denomina “sistema de atracción” (pull system).

### Takt Time<sup>26</sup>

Este término viene de la industria de aviación alemana de los años treinta y es utilizado por Toyota desde los años cincuenta. Se define como la demanda del cliente traducida en minutos o segundos y es el indicador para producir. Marca el ritmo de producción y controla la sobreproducción y los inventarios en proceso.

Por ejemplo, si una fábrica trabaja 480 minutos por día y el cliente requiere 240 productos por día el takt time nos indica que debemos de producir un producto cada 2 minutos, no antes ni después de ese tiempo. Para ese nivel de producción deben calcularse los recursos, como son operadores y equipos necesarios (no máxima capacidad). Ahora, si el cliente requiere 120 productos por día, debe producirse un producto cada 4 minutos y recalcularse la necesidad de recursos.

---

<sup>24</sup> (Contreras & Galindo Cota, 2007)

<sup>25</sup> (Monden, 1996, pág. 26)

<sup>26</sup> (Contreras & Galindo Cota, 2007)

### Flujo continuo<sup>27</sup>

Este sistema permite a los operadores mover el material de una estación a otra en una sola pieza sin necesidad de hacer lotes entre procesos.

Si el JIT se lleva a cabo en toda la empresa se eliminará completamente las existencias innecesarias en la fábrica lo que hará innecesarios los almacenes. Los costos que entrañan la posesión de existencias disminuirán y la rotación del capital aumentará.

## 4.3 PRÁCTICA IV

### MATERIAL Y EQUIPO

- Botellas de plástico
- Tijeras
- Engrapadora
- Bolsas o cajas para guardar las pantallas.

### DESARROLLO

Pantalla para foco<sup>28</sup>

Reciclarte, es una empresa dedicada a elaborar productos con material reciclado. Entre sus productos elabora pantallas para focos hechas con botellas de PET, el proceso que siguen es el siguiente:

1. Medir 3 cm aproximadamente desde la base de la botella de plástico.
2. Cortar la base.



Ilustración 4-2

<sup>27</sup> (Soconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 350)

<sup>28</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=co6GxiJGtP8>



Ilustración 4-3

3. Armar una flor de siete pétalos y una base al centro con siete bases.



Ilustración 4-4

4. Unir las bases con engrapadora.



Ilustración 4-5



Ilustración 4-6

5. Una vez que se unieron las siete piezas quedará de esta forma.



Ilustración 4-7

6. Continuar uniendo piezas alrededor de la “flor” base, de modo vaya tomando una forma curva.



Ilustración 4-8

7. Dejar un espacio equivalente a una o dos bases para que se pueda colocar como pantalla.



Ilustración 4-9





Ilustración 4-10

**¡¡¡LISTO, TIENES UNA PANTALLA PARA LÁMPARA!!!**

**ACTIVIDADES**

1. Documentar el proceso de elaboración de una pantalla.
2. Formar una línea de producción, en la cual existe únicamente una persona encargada por cada actividad. Las actividades se dividirán de la siguiente forma:

	Actividad
Persona 1	Sacar botellas de caja.
Persona 2	Cortar base de la botella.
Persona 3	Formar la flor base de siete pétalos.
Persona 4	Añadir una hilera más de bases de botella.
Persona 5	Terminar de formar la pantalla.
Persona 6	Embolsar / Empacar la pantalla.

Tabla 4-1

2. Tomar el tiempo que tarda en salir la primera pantalla.
3. Tomar el tiempo que tardan en cubrir las siguientes demandas.

Demanda	5	10	15
Personal utilizado para la producción			
Trabajo en proceso (total de estaciones)			
Tiempo de ciclo			
Trabajo por rehacerse			
Problemas de calidad identificados			
Tiempo necesario			
Tiempo takt			

Tabla 4-2



4. Calcular el tiempo takt suponiendo que tu tiempo disponible es de 80 min. para la demanda anterior y completar la tabla de arriba. La fórmula para el tiempo takt es:

$$\text{Tiempo takt} = \text{tiempo disponible} \div \text{demanda}$$

5. Cambiar de un sistema de producción “push” a un sistema “pull” haciendo uso de la herramienta JIT.
6. Una vez que se ha implementado la herramienta JIT en la línea de producción verificar si se puede cumplir con el tiempo takt de cada demanda elaborando únicamente una pieza.

### CUESTIONARIO

1. ¿Qué cambios realizaron en la línea de producción?
2. ¿Se logró una mejora en los tiempos para elaborar las pantallas de lámpara?
3. ¿Crees que se pueden mejorar aún más los tiempos de producción? ¿Por qué?
4. Menciona las características de sobreproducción detectaste al realizar esta práctica, si es que se detectaron.
5. Menciona si conoces más ejemplos de sobreproducción a parte de los que se mencionan en esta práctica.

### RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR

- Proponer diferentes demandas para cubrir y un tiempo disponible diferente.
- Cambiar el tamaño de las botellas para que la pantalla salga más chica o más grande.
- Darles botellas de diferentes tamaños y colores para que las tengan que elegir.
- Pedir que empaquen de alguna forma específica las pantallas, como por ejemplo de tres en tres, o que las envuelvan en papel, etc.



## 5 CAPÍTULO V. Identificación del desperdicio 6: Movimientos innecesarios y uso de la herramienta manufactura celular

### 5.1 OBJETIVO

- Conocer el significado del desperdicio de movimientos innecesarios.
- Conocer el origen y las causas de los movimientos innecesarios.
- Ser capaz de identificar un movimiento innecesario.
- Conocer el uso de la herramienta manufactura celular.

### 5.2 MARCO TEÓRICO

#### ¿Qué son los movimientos innecesarios?<sup>29</sup>

Se refiere al traslado de personas de un punto a otro en su lugar de trabajo o en toda la empresa, sin que ello sea indispensable para aportar valor al producto y sin que contribuya a la transformación o beneficio del cliente. Si observamos con cuidado cada ciclo de un trabajador, encontraremos fácilmente este tipo de desperdicio: si contamos sus pasos o seguimos sus rutas (algo a lo que no estamos acostumbrados), descubriremos que muchas veces el trabajador camina más de lo necesario. Otro ejemplo muy común de este desperdicio son las búsquedas de herramientas, materiales o información. Todos esos movimientos, además de los indispensables para el cliente, toman tiempo y, por ende, reducen la productividad de los procesos.

#### Características de los movimientos innecesarios del trabajador

- Se emplea mucho tiempo en localizar materiales.
- Se emplea mucho tiempo en localizar personas e instrucciones.
- Se emplea mucho tiempo en localizar herramientas.
- Se realizan movimientos innecesarios al agacharse o caminar.
- Se realizan esfuerzos para alcanzar las herramientas o materiales en cada ciclo de trabajo.

#### Causas de los movimientos innecesarios del trabajador.

- Distribución inadecuada de la planta.
- Mala organización del área de trabajo.
- Métodos de trabajos mal definidos o sin actualizar.
- Lotes de producción grandes.
- Los equipos o las personas no trabajan a su máxima capacidad.
- Poco control de la producción.

#### ¿Qué es manufactura celular?<sup>30</sup>

Es un concepto de fabricación en el que la distribución de la planta se mejora de manera significativa haciendo fluir la producción ininterrumpidamente entre cada operación, reduciendo drásticamente

<sup>29</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 37 y 38)

<sup>30</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, págs. 193 - 204)



el tiempo de respuesta, maximizando las habilidades del personal y haciendo que cada empleado realice varias operaciones.

La manufactura celular consiste en agrupar máquinas y operaciones secuenciales en las que se pueda fabricar un producto completo de principio a fin sin recurrir tanto al uso de transportes, eliminando inventarios en proceso y haciendo fluir la producción continuamente.

### **¿Para qué se implementa la manufactura celular?**

Las siguientes son algunas de las utilidades de aplicar células de manufactura:

- Da continuidad en las operaciones de la planta.
- Elimina inventarios en proceso que tienen un costo económico y generan defectos por manipulación.
- Crea procesos flexibles al producir diversos productos en una sola área.
- Aumentan la flexibilidad y eficiencia de las empresas.
- Permite que los operadores sean más eficientes ya que se puede producir lo mismo con menos personas.
- Los operadores se involucran en más tareas relacionadas con el producto, al grado de que a veces un solo trabajador elabora un artículo completo, incrementando así el sentido de pertenencia con ese producto.
- Conecta directamente las operaciones para evitar transportes, demoras, movimientos de materiales, inventarios en proceso y sobreproducción.

### **¿Cuándo se utiliza la manufactura celular?**

La manufactura celular se utiliza cuando necesitamos acortar los tiempos de respuesta de un proceso o de entrega al cliente, mediante una mayor variedad y volúmenes bajos o medios de producción. Además se utiliza cuando la demanda del mercado empieza a ser muy variable y la gama de productos demandados es mayor que antes.

### **Procedimiento para implementar la manufactura celular**

#### ***Dibujar el plano actual del sistema de producción.***

Realizar un diagrama spaghetti o de hilos, el cual marca la ruta de los materiales por todas las fases de producción y nos sirve para entender el flujo de la producción desde el almacén de material, el proceso y hasta el almacén de producto terminado.

#### ***Dibujar el mapa de valor actual.***

Representamos todas las actividades del proceso, tanto las que agregan valor, como las que sólo agregan costo y tiempo, además permite ver el flujo de información desde la orden hasta la entrega al cliente.

#### ***Hacer un análisis de desperdicios y detectar oportunidades.***



Se recomienda que el equipo que implemente la célula de flujo continuo analice todas las oportunidades de mejora que existan en el área, en donde se podrán descubrir desperdicios.

### ***Determinar el tiempo takt y el número de operadores***

#### Tiempo takt

Es la velocidad a la que compra el cliente y es el tiempo al que el sistema de producción debe adaptarse para satisfacer las expectativas del cliente.

Ejemplo:

- Tiempo disponible por día = 27, 000 segundos (8 horas – 30 minutos de comida y descanso)
- Demanda mensual = 7510 piezas
- Demanda diaria = 7510 pzas. ÷ 22 días hábiles = 341 piezas diarias
- Tiempo takt = 27, 000 seg. ÷ 341 pzas. = 79 seg. /pza.

Esto significa que el cliente está dispuesto a comprar una pieza cada 79 segundos.

#### Número de operadores necesarios

Para establecer el número de operadores necesarios, dividimos el tiempo total del ciclo, que en este caso son 386 segundos, entre el tiempo takt, que es de 79 segundos, lo que nos da un total de 4.88 operadores. Esto significa que, ocupando todo el tiempo de cada persona y combinando los trabajadores de diversas operaciones, 5 personas podrían, sin ningún retraso ni interferencia, cumplir con el tiempo requerido para producir cada pieza en 79 segundos.

### ***Dibujar el mapa del valor futuro***

Desarrollar el flujo continuo. Simplemente deberíamos preguntarnos si algo impide que podamos situar una operación inmediatamente después de la siguiente.

### ***Dibujar el diseño de la nueva célula***

Para acomodar los equipos y mesas en la célula, se recomienda dibujar inicialmente el pasillo interno y situar la primera y la última operación al principio para comenzar a formar la herradura, inmediatamente después situar la segunda y la penúltima operación, y así sucesivamente hasta cerrar la U.

## **5.3 PRÁCTICA V**

### **MATERIAL Y EQUIPO**

- Latas
- Palito de madera
- Pincel
- Pintura acrílica de colores

- Foamy
- Diamantina
- Argollas de lata de aluminio
- Broches y/o seguros
- Listón
- Botón
- Pegamento blanco
- Silicón

## DESARROLLO

Reciclarte, es una empresa dedicada a elaborar productos con material reciclado. Algunos de los productos que elaboran con latas de aluminio son los siguientes:

### Flores de lata<sup>31</sup>

1. Pintar el palito de madera de color verde, dejar secar.



Ilustración 5-1

2. Cortar la parte superior de la lata.



Ilustración 5-2

3. Cortar tiras verticales alrededor del resto de la lata.

---

<sup>31</sup> [http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=ptKZXiCF\\_BA&feature=fvwp](http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=ptKZXiCF_BA&feature=fvwp)



Ilustración 5-3

4. Tomar cada tira y abrirla.



Ilustración 5-4



Ilustración 5-5

5. Colocar boca abajo la lata de aluminio con las tiras abiertas y el color hacia arriba.



Ilustración 5-6

6. Toma una tira de lata y enrolla hacia el centro de la lata, debe quedar el rollo pegado al centro sin que se desdoble, no es necesario utilizar pegamento y realizar el mismo procedimiento con las demás tiras.



Ilustración 5-7



Ilustración 5-8

7. Decorar la flor, en el centro, con diamantina.





Ilustración 5-9

8. Voltrear la flor y pegar el palito de madera por atrás.

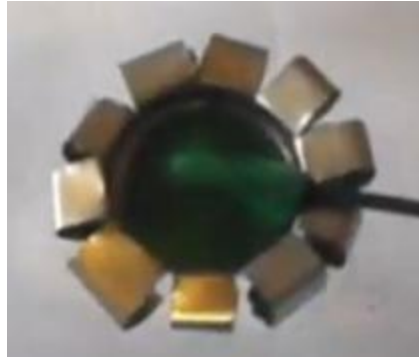


Ilustración 5-10

9. Recortar un pedazo de Foamy verde y pegar por detrás de la flor para ocultar el palito.



Ilustración 5-11



**Ilustración 5-12**

10. Recortar el foamy en forma de pétalos y pegar en el palo.



**Ilustración 5-13**



**Ilustración 5-14**



Ilustración 5-15

**¡¡¡LISTO, TIENES UNA FLOR!!!**

**Cenicero de lata de aluminio<sup>32</sup>**

1. Cortar la parte superior de la lata.

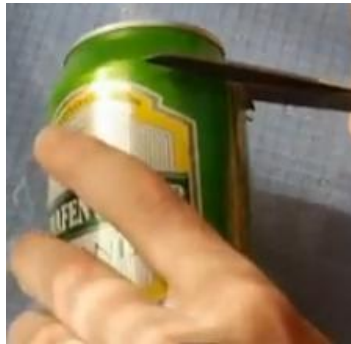


Ilustración 5-16



Ilustración 5-17

2. Cortar tiras verticales alrededor del resto de la lata.

<sup>32</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=crY12oYYcD4>



Ilustración 5-18

3. Tomar cada tira y abrirla.



Ilustración 5-19

4. Tomar una tira y doblar hacia el lado derecho para hacer el pétalo de la flor, continuar igual con el resto de las tiras, siempre dando forma de flor.



Ilustración 5-20



Ilustración 5-21

5. Al doblar la última tira, introducir el extremo por debajo del dobléz o pétalo de al lado.



Ilustración 5-22



Ilustración 5-23

### Flor con argollas de lata de aluminio<sup>33</sup>

1. Pintar las argollas con pintura acrílica, dejar secar y poner una capa de pegamento blanco, dejar secar.



Ilustración 5-24



Ilustración 5-25

2. Tomar dos argollas y poner uno sobre otro por sus lados más chicos.



Ilustración 5-26

<sup>33</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=KjWHbh-zGHY>



Ilustración 5-27

3. Insertar el listón por debajo de dichas argollas hacer un nudo dejando de un extremo un largo de 6 cm y del otro lado el sobrante, repetir el paso para dar dos vueltas.



Ilustración 5-28

4. Unir las argollas del mismo modo, apretando siempre las argollas con dos vueltas dándole forma de flor.



Ilustración 5-29

5. Cada flor se compone de seis argollas, una vez se haya insertado la sexta argolla unirla a la primera del mismo modo, para cerrar la flor.



Ilustración 5-30

6. Asegurar muy bien la argolla dando dos o tres vueltas, finalmente hacer un nudo doble por detrás de la flor, con el extremo de 6 cm de listón que se dejó al principio.



Ilustración 5-31

7. Cortar el sobrante del listón.



Ilustración 5-32

8. Pegar con silicón un botón en el centro de la flor.





Ilustración 5-33

9. Pegar con silicón un broche o seguro por detrás de la flor.



Ilustración 5-34

**¡¡¡LISTO, TIENES UNA FLOR!!!**

### ACTIVIDADES

1. Formar equipos de tres a cinco personas.
2. Documentar el proceso de la elaboración de cada uno de los tres productos (flores de lata, cenicero de lata y flor de argollas).
3. Elaborar cada uno de los productos y tomar el tiempo de elaboración de cada uno.
4. Producir durante 20 min los tres productos con el objetivo de elaborar la mayor cantidad de los tres productos en este tiempo.
5. Al finalizar los 20 min contar cuántos productos elaboraron de cada modelo y llenar las dos primeras columnas de la **tabla 5-1**.
6. De acuerdo a los datos que se obtuvieron en el punto anterior implementar la herramienta de manufactura celular, cambiando la distribución de la línea de producción y teniendo como objetivo disminuir el tiempo de elaboración de los productos y aumentar la cantidad de producto elaborado.
7. Una vez realizados los cambios iniciar la producción de los tres elementos durante 20 min, terminado el tiempo contar la cantidad de productos que se elaboraron con la implementación de manufactura celular, llenar la última columna de **tabla 5-1**.

	TIEMPO QUE TOMA ELABORAR EL PRODUCTO	CANTIDAD DE PRODUCTO ELABORADO	CANTIDAD DE PRODUCTO ELABORADO CON MANUFACTURA CELULAR
FLORES DE LATA			
CENICERO DE LATA			
FLOR DE ARGOLLAS			

Tabla 5-1

### CUESTIONARIO

1. ¿Qué medidas tomaron para implementar la herramienta manufactura celular?
2. ¿Hubo alguna mejora en el tiempo de producción al implementar la herramienta?
3. ¿A qué crees que se deba?
4. ¿Qué relación tiene la implementación de la herramienta manufactura celular con el desperdicio movimientos innecesarios?
5. ¿De qué manera crees que se pueda disminuir más el tiempo de producción?
6. ¿Qué desperdicios detectaron durante la producción?

### RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR

- Proponer diferentes demandas para cubrir y un tiempo límite para cubrirlas.
- Cambiar o dar roles específicos a cada integrante del equipo.
- Ser muy estricto en cuanto al estándar de calidad de los productos.
- Usar la mesa de trabajo hexagonal del laboratorio de ingeniería industrial.



Ilustración 5-36



Ilustración 5-35



## 6 CAPÍTULO VI. Identificación del desperdicio 4: Exceso de procesado y uso de la herramienta SMED

### 6.1 OBJETIVO

- Conocer el significado del desperdicio exceso de procesado.
- Las características y causas del exceso de procesado.
- Ser capaz de identificar el exceso de procesado.
- Conocer el uso de la herramienta SMED y su implementación.

### 6.2 MARCO TEÓRICO

#### ¿Qué es el exceso de procesado?<sup>34</sup>

También conocido como sobreproceso o procesos innecesarios, es el resultado de poner más valor añadido en el producto que el esperado o el valorado por el cliente, en otras palabras, es la consecuencia de someter al producto a procesos inútiles, por ejemplo: verificaciones adicionales, aplicaciones innecesarias de pintura, algunos trabajos de limpieza, etc. El objetivo de un proceso productivo debería ser obtener el producto acabado sin aplicar más tiempo y esfuerzo que el requerido. En las empresas de servicios estos despilfarros se manifiestan en procesos administrativos burocráticos, innecesariamente complejos o pesados.

#### Características del exceso de procesado

- No existe estandarización de las mejores técnicas o procedimientos.
- Maquinaria mal diseñada o capacidad calculada incorrectamente.
- Aprobaciones redundantes o procesos burocráticos inútiles.
- Excesiva información (que nadie utiliza y que no sirve para nada).
- Falta de especificaciones y ejemplos claros de trabajo.

#### Causas del exceso de procesado

- Cambios de ingeniería sin cambios de proceso.
- Toma de decisiones a niveles inapropiados.
- Procedimientos y políticas no efectivos.
- Falta de información de los clientes con respecto a los requerimientos.

#### ¿Qué es SMED?<sup>35</sup>

El sistema SMED (Single Minute Exchange of Die) nace como un conjunto de conceptos y técnicas que pretenden reducir los tiempos de preparación hasta poderlo expresar en minutos utilizando sólo un dígito.

<sup>34</sup> (Soconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 25 y 26)

<sup>35</sup> (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 124 y 125)



El cambio de un número de parte a otro en una máquina o serie de máquinas en el área de producción siempre tiene sus contratiempos; para minimizar el tiempo de cambio se utiliza SMED.

El tiempo de cambio se define como el tiempo entre la última pieza producida del producto “A” y la primera pieza producida del producto “B”, que cumple con las especificaciones dadas.

La necesidad de llegar a un tiempo tan corto proviene de que reduciendo los tiempos de preparación, se podría minimizar el tamaño de los lotes y por consiguiente reducir los stocks para trabajar en series muy cortas de productos.

La aplicación de esta técnica exige la consideración de tres ideas fundamentales:

- Siempre es posible reducir los tiempos de cambio de serie hasta casi eliminarlos completamente.
- No es sólo un problema técnico, sino también de organización.
- Sólo con la aplicación de un método riguroso se obtienen los máximos resultados a menor coste.

Algunas de las ventajas del sistema SMED son<sup>36</sup>:

- Disminución del tamaño de lote, del plazo de fabricación y del nivel de inventario.
- Mayor flexibilidad a la empresa para adaptarse a las fluctuaciones y modificaciones de la demanda.
- Aumento de la tasa de utilización de la maquinaria y de la productividad, al disminuir los tiempos improductivos de los cambios.
- Al permitir plazos de fabricación y entrega muy cortos, la empresa puede dejar de fabricar para almacén y adaptar su fabricación a los pedidos reales de los clientes.
- Al trabajar con lotes más pequeños, los problemas de calidad son más rápidamente detectados y afectan a menor número de piezas.

### **Metodología SMED<sup>37</sup>**

La única solución eficaz es seguir una rigurosa metodología que analice con detalle todos los aspectos implicados en el cambio de serie y que, además, los simplifique y organice. La metodología SMED puede agruparse en cuatro fases distintas:

---

<sup>36</sup> (De la Fuente Nazario García, Gómez, & Puente, 2006, pág. 116)

<sup>37</sup> (Alonso García, 1998, págs. 144 - 147)

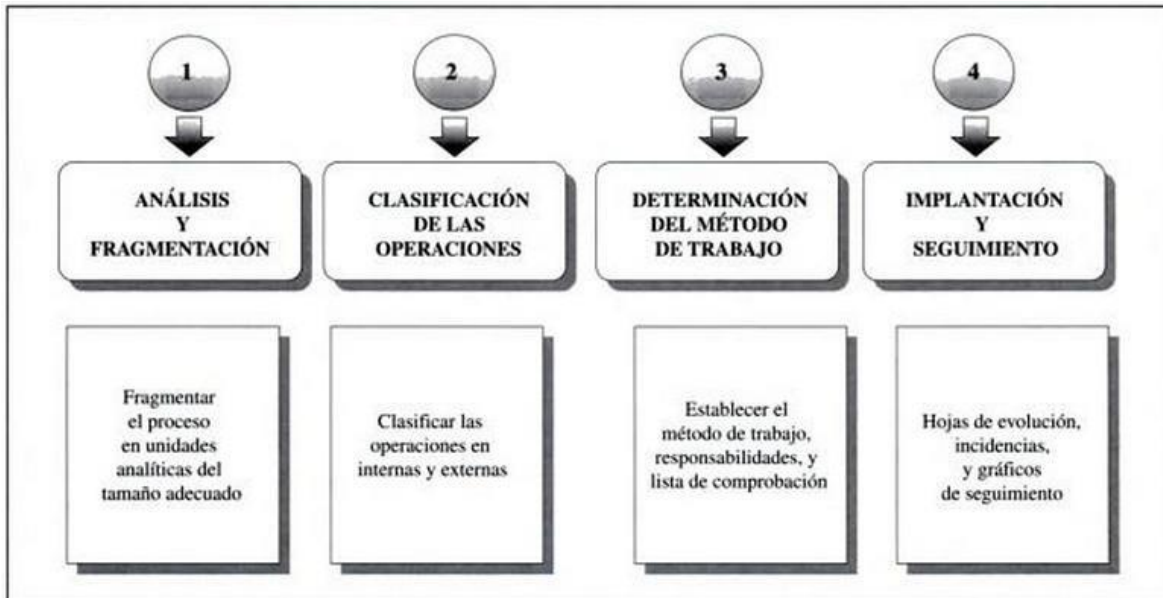


Ilustración 6-1

**Análisis y fragmentación:** consiste en detallar todas las tareas de un cambio y cronometrar todas y cada una de las secuencias, apuntando el tiempo, los metros recorridos, etc.

**Clasificación de las operaciones:** hay que identificar las tareas o actividades de preparación que se realizan en un cambio, diferenciando entre operaciones internas y externas:

**Operación interna:** Actividad que puede ser realizada únicamente cuando la máquina está preparada.

**Operación externa:** Actividad que puede ser realizada cuando la máquina está en funcionamiento.

Simplemente separando y organizando las operaciones internas y externas, el tiempo de preparación interna (máquina parada), puede reducirse entre el 30 y el 50%.

**Determinación del método de trabajo:** este tercer aspecto es fundamental para conseguir tiempos de preparación de un solo dígito e incluye transformar las operaciones internas en externas realizando un examen minucioso de todas las actividades para ver si hay algunos pasos que se han asumido erróneamente como internos mientras hay posibilidades de convertir estos pasos en externos.

**Implantación y seguimiento:** Consiste en reducir las operaciones internas y externas.

La reducción de las operaciones internas se consigue mediante las siguientes acciones:

- Utilizar cambios rápidos para los componentes y soportes.
- Eliminar herramientas utilizadas (destornilladores, llaves Allen, etc.)
- Utilizar códigos de colores (para facilitar la gestión visual).



- Establecer posiciones prefijadas de utensilios a la hora de cambiar (guías, topes, etc.)

Por otro lado las operaciones externas se reducen de la misma manera que se hace con las operaciones internas, integrando los movimientos de los operarios, teniendo los estándares de línea actualizados y validados y estando todos los operarios formados adecuadamente.

### **Perfeccionar los aspectos técnicos de las preparaciones<sup>38</sup>**

El perfeccionamiento de aspectos técnicos de los aspectos técnicos de las preparaciones se puede alcanzar mediante:

#### ***Mejoras de ingeniería***

- Utilizar mordazas funcionales o eliminar cierres completamente. Apretar tornillos no es la única manera de asegurar elementos, ni se puede asumir que un cierre es siempre necesario.
- Diseñar técnicamente utensilios específicos e incorporar sujeciones rápidas y fáciles.

#### ***Operaciones paralelas***

- Adoptar modos o métodos para la realización de operaciones paralelas en las máquinas.

#### ***Eliminar ajustes***

- Los ajustes aumentan el tiempo de cambio, el riesgo de problemas de calidad y la probabilidad de residuos.
- Los ajustes son progresivamente más pequeños conforme el montaje es más preciso, el primer paso consiste en hacer calibraciones.

## **6.3 PRÁCTICA VI**

### **MATERIAL Y EQUIPO**

- Botellas de refresco de 2.5 LT (Coca – cola)
- Tijeras
- Pinturas acrílicas de varios colores
- Pinceles
- Filtro
- Pompones y/o botones
- Silicón
- Regla
- Plumón
- Tierra o arena

---

<sup>38</sup> (Rajadell & Sánchez, 2010, pág. 132 y 133)

## DESARROLLO

Reciclarte, es una empresa dedicada a elaborar productos con material reciclado. Algunos de los productos que elaboran con botellas de PET son las siguientes:

### PRODUCTO A) Dulcero de Pingüino<sup>39</sup>

1. Cortar la primera botella por debajo de la etiqueta, una vez cortada emparejar los bordes, este será el cuerpo del pingüino.



Ilustración 6-2



Ilustración 6-3

2. Cortar la segunda botella por la base, este será el gorro del pingüino.

<sup>39</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=dzNhHUNQyW8>



**Ilustración 6-4**

3. Verificar que el cuerpo embone dentro del que será el gorro.



**Ilustración 6-5**

4. Pintar ambas piezas con acrílico blanco, dejar secar.



**Ilustración 6-6**





**Ilustración 6-7**

5. En una hoja blanca hacer el molde del cuerpo del pingüino en forma de corazón, sin pico, redondeando en la parte de abajo (de aproximadamente 10.5 cm de largo y 11.5 cm de ancho).



**Ilustración 6-8**

6. Tomar la pieza que será el gorro del pingüino y pintar del color de preferencia.



**Ilustración 6-9**

7. Tomar la pieza que será el cuerpo y marcar el cuerpo del pingüino con el molde que se hizo en el paso anterior.



**Ilustración 6-10**

8. Pintar la pieza del cuerpo de negro excepto en donde se marcó el molde.



**Ilustración 6-11**

9. Dibujar los ojos y el pico del pingüino, en la parte blanca del cuerpo.



**Ilustración 6-12**

10. Cubrir las piezas con barniz o laca.



Ilustración 6-13

11. Hacer una bufanda con el fieltro y decorar la pieza con los botones y/o pompones.



Ilustración 6-14

**¡¡¡LISTO, TIENES UN DULCERO!!!**

**PRODUCTO B) Caja mágica<sup>40</sup>**

1. Medir 4 cm desde donde empiezan las líneas desde la base de la botella, marcar alternadamente (una línea sí y otra no).

<sup>40</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=vg0cNJvprpQ>



Ilustración 6-15

2. Cortar la botella por debajo de la etiqueta, una vez cortada emparejar los bordes.



Ilustración 6-16

3. Cortar por las líneas de la botella hasta la marca que se hizo en el paso 1.



Ilustración 6-17

4. Cortar la parte de arriba de la media botella en forma de pétalos.



Ilustración 6-18



Ilustración 6-19

5. Doblar los cortes hechos hacia dentro de la botella para cerrar.



Ilustración 6-20

6. Decorar la botella.



Ilustración 6-21

## ¡¡LISTO, TIENES UN CAJA MÁGICA!!!

### PRODUCTO C) Porta velas<sup>41</sup>

1. Cortar la base de la botella.



Ilustración 6-22

2. Del resto de la botella cortar la parte superior, de unos 8 cm de largo a partir del cuello de la botella.



Ilustración 6-23

<sup>41</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=k0CXJSIAQ5A>

3. Tomar el corte superior de la botella y hacer cuatro cortes paralelos para formar los pétalos de la flor.



Ilustración 6-24

4. Doblar los cuatro segmentos que se cortaron hacia afuera de la botella para dar la forma de flor.



Ilustración 6-25



Ilustración 6-26

5. Dar forma a los pétalos cortando de forma redonda.



Ilustración 6-27



Ilustración 6-28

6. Pintar los pétalos por la parte de atrás con pintura acrílica.



Ilustración 6-29





**Ilustración 6-30**

7. Colocar el tapón de la botella en la rosca que es parte de la flor.



**Ilustración 6-31**

8. Llenar la base que se cortó en el paso 1 de tierra o arena.



**Ilustración 6-32**

9. Colocar la flor con tapa rosca encima de la base con tierra o arena.



Ilustración 6-33

10. Colocar una vela en el centro de la flor.



Ilustración 6-34

**¡¡¡LISTO, TIENES UN PORTA VELAS!!!**

### ACTIVIDADES

1. Formar equipos de dos o tres participantes.
2. Cada equipo elegirá al azar el lote que debe producir, los lotes se componen de un número determinado de cada producto, (**ver ejemplo de lotes tabla 6-1**). Sólo dos de los participantes pueden elaborar los productos, el tercer participante será el encargado de indicar el lote que deben elaborar y todos los productos se deben elaborar en la misma mesa de trabajo.

	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	TOTAL
PRODUCTO A	2	2	3	7
PRODUCTO B	4	1	2	7
PRODUCTO C	0	2	5	7

Tabla 6-1



3. Elaborar el diagrama hombre – máquina<sup>42</sup> de cada uno de los tres productos (**ver Anexo 6.1**).
4. Iniciar la producción, tomar el tiempo en el que se elabora cada lote y llenar la **tabla 6-2**. Se comprobará la calidad de los productos elaborados, en caso de que no cumplan con el estándar no se tomarán en cuenta para el lote.
5. Después de haber acabado el primer lote, diseñar una la herramienta SMED para reducir los tiempos en que se elabora el lote.
6. Elegir otro lote al azar en el que se implementará la herramienta SMED, tomar el tiempo en el que se elabora el lote y terminar de llenar la **tabla 6-2**.

	LOTE 1	LOTE 1.2
TIEMPO		

Tabla 6-2

### CUESTIONARIO

1. ¿Cómo aplicaron la herramienta SMED?
2. ¿Hubo mejorar al implementar la herramienta?
3. ¿A qué crees que se deba?
4. ¿Crees que se pueda implementar otra herramienta SMED para mejorar más la elaboración de lotes en este ejercicio?
5. ¿Cómo relacionas la implementación de SMED con el desperdicio exceso de procesado?
6. ¿Qué otros desperdicios crees que se puedan eliminar con el uso de SMED?

### RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR

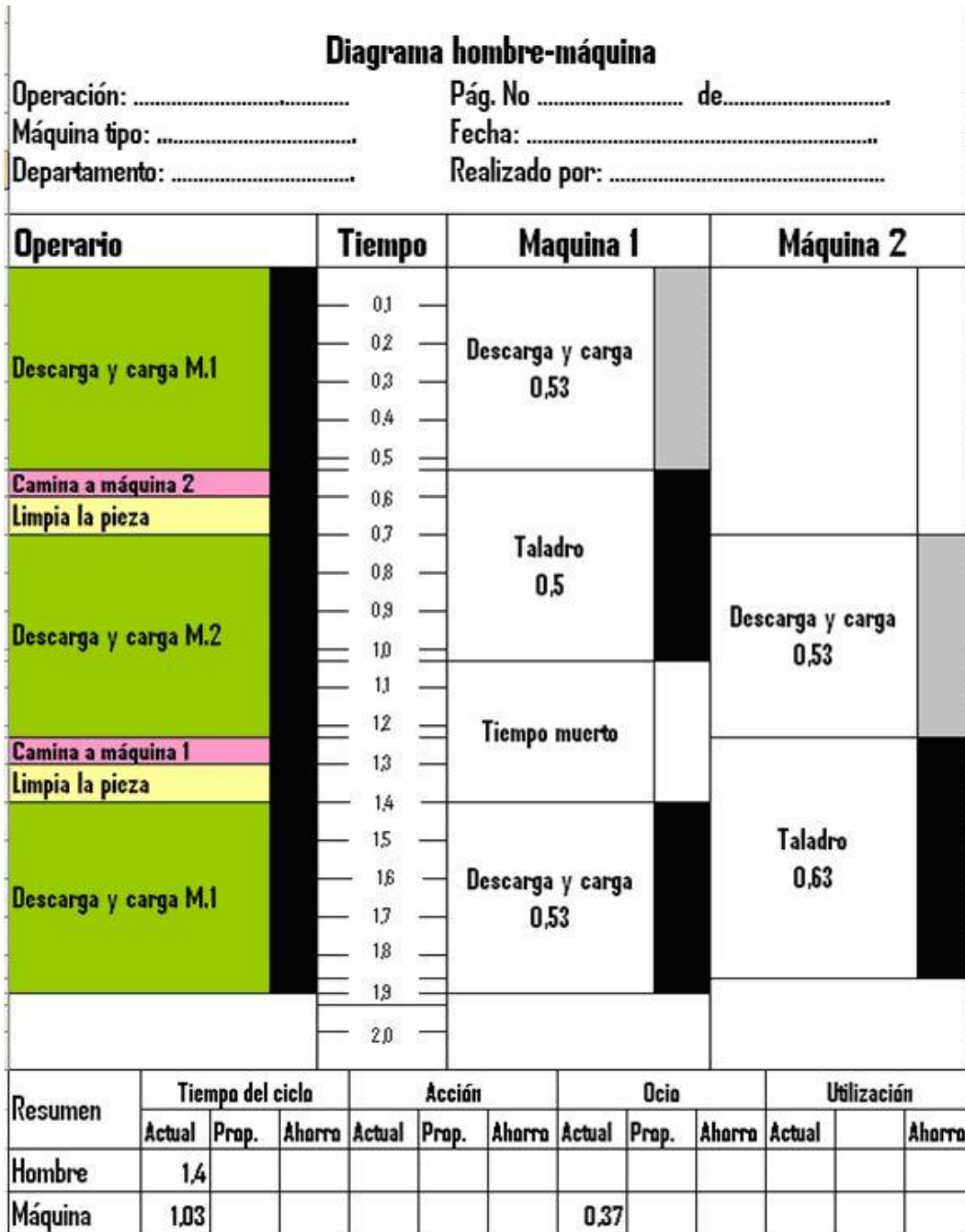
- Los lotes que se darán a elaborar a los participantes deben ser al azar y diferentes, solo se debe cuidar que el total de productos a elaborar sea igual para cada equipo.
- Ningún equipo puede saber antes de iniciar la actividad el lote que elaborará.
- Para esta práctica es indispensable que los equipos sean pequeños, máximo tres participantes, incluso la actividad puede realizarse individualmente. De esta manera se verán obligados a hacer cambios de herramientas, materiales, etc.; que es justamente lo que ataca la herramienta SMED (el tiempo que toma hacer cambios a un sistema de producción).

<sup>42</sup> Diagrama hombre – máquina: “sirven para estudiar operaciones que implica el trabajo de cada puesto, para analizar y valorar el grado de ajuste o de sincronización recíproca entre los movimientos o flujos de pérdidas, tanto de tiempos, como de rendimientos, por causa de la máquina, que no funciona con su óptimo ritmo de efectividad, tanto por falta de personal o estados de espera improductiva, o por exceso de operarios...” (Roig Ibáñez, 1996, pág. 90).



- Para esta práctica es necesario que el área de trabajo sea reducida, para que exista más desorden al elaborar los lotes.
- Ser muy estricto en cuanto al estándar de calidad de los productos para que sea más difícil cubrir la demanda.

Anexo 6.1





## 7 CAPÍTULO VII. Identificación del desperdicio 3: Productos defectuosos y uso de la herramienta Poka Yoke

### 7.1 OBJETIVO

- Que el alumno conozca el significado del desperdicio de productos defectuosos.
- Conozca las causas de los productos defectuosos.
- Conozca las consecuencias del desperdicio productos defectuosos.
- Conozca el uso de la herramienta Poka Yoke y su implementación.

### 7.2 MARCO TEÓRICO

#### ¿Qué es el desperdicio de productos defectuosos?<sup>43</sup>

Se refiere a la pérdida de los recursos empleados para producir un artículo o servicio, ya que se invirtieron materiales, tiempo – máquina y, lo más importante, tiempo de una persona para realizar un trabajo que, a fin de cuentas, no sirvió para agregar valor al cliente. Es algo similar a lo que ocurre cuando se quema un pastel al hornearlo: se desperdician ingredientes, gas y el trabajo de los cocineros; todo va a dar la basura, incluidos el tiempo y dinero invertidos.

En este rubro entran también los retrabajos, ya que si bien el defecto puede ser corregido, el retrabajo implica realizar una o más tareas dos o más veces, incurriendo así en más gastos y en la pérdida de disponibilidad de los recursos de la empresa.

#### Características que generan los defectos

- Exceso de operarios dedicados a inspeccionar, re trabajar o reparar.
- Inventario acumulado específicamente para ser re trabajado.
- Flujo complejo del producto dentro de la planta.
- Producto o servicio de calidad cuestionable.
- Fallas en los embarques y en las entregas.
- Pocas ganancias debido a los retrabajos, desechos y costos por primas de fletes urgentes y devoluciones.
- La organización se vuelve reactiva: se “apagan fuegos”.

#### Causas de los defectos y retrabajos

- Procesos ineficientes.
- Variación excesiva en el proceso de producción.
- Incapacidad de los proveedores.
- Falta de control de los errores del operario.
- Decisiones administrativas inadecuadas.
- Capacitaciones inadecuadas.
- Equipo y herramientas inadecuados.

---

<sup>43</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 32 y 33)



- Distribución inadecuada de la planta o manejo excesivo de los materiales.
- Altos niveles de inventario.
- Malas condiciones ambientales.
- Falta de cultura de calidad.
- Falta de liderazgo en el tema de la calidad.
- Desconocimiento de las causas de los problemas.

### ¿Qué es Poka Yoke?

Son comúnmente llamados sistemas a prueba de errores, ya que se verifica el proceso antes de llevarlo a cabo y están basados en conocer el error que causa un defecto. Por lo tanto, Poka Yoke se enfoca en diseñar dispositivos para prevenir la recurrencia de errores, no de defectos (Contreras & Galindo Cota, 2007).

Se distinguen dos situaciones (modos) relacionados con los defectos (Escalante, 2006, pág. 394):

1. Predicción. Es cuando un defecto va a ocurrir.
2. Detección. Es cuando un defecto ya ocurrió.

En ambos casos, las funciones de los dispositivos Poka Yoke son (Escalante, 2006, pág. 394):

1. Detener
2. Controlar
3. Advertir

En el caso del modo de predicción, el dispositivo Poka Yoke detiene la operación, evita los errores (aún los intencionales) y avisa que un defecto va a ocurrir. En el caso del modo de detección, el dispositivo Poka Yoke detiene la operación, evita el paso de unidades defectuosas y avisa que hay unidades defectuosas (Escalante, 2006, pág. 394).

### Categorías de los elementos Poka Yoke<sup>44</sup>

#### 1. Poka Yoke de advertencia

El elemento de advertencia avisa al operador o usuario antes de que ocurra el error. Sin embargo, el hecho de que el mecanismo lo advierta no necesariamente significa que se evitará el error.

#### 2. Poka Yoke de prevención

Con este tipo de elemento se busca que no haya errores utilizando mecanismos que hagan imposible cometerlos.

### Niveles de Poka Yoke<sup>45</sup>

---

<sup>44</sup> (Soconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 242 y 243)

<sup>45</sup> (Ibídem, pág. 243)



*Nivel 1.* Detecta el defecto cuando ya ha ocurrido, pero generalmente se asegura de que no llegue a la siguiente estación.

*Nivel 2.* Detecta el error en el momento en que surge y antes de que se convierta en un defecto.

*Nivel 3.* Elimina o impide la generación de errores antes de que éstos ocurran y generen defectos.

Existen tres sugerencias para el uso de dispositivos Poka – Yoke:

1. Identificar artículos basándose en sus características:
  - a) **Peso.** Definir estándares y detectar unidades defectuosas usando básculas (partes, faltantes, tornillos, etc.)
  - b) **Dimensión.** Establecer estándares para longitud, ancho, etc. Detectar desviaciones por medio de topes en plantillar interruptores de límite, etc. (posicionamiento).
  - c) **Forma.** Establecer estándares para ángulos, curvaturas, etc. (patrones).
2. Detectar desviaciones en procedimientos.
  - a) **Secuencia.** El siguiente proceso no puede realizarse si no se siguen los estándares.
  - b) **Operaciones.** Las operaciones no pueden realizarse si se omitió algún paso.
3. Detectar desviaciones de valores fijos.
  - a) **Contadores.** Usar contadores para detectar operaciones o partes faltantes.
  - b) **Método de piezas sobrantes.** Preparar el número exacto de piezas por ensamblar. Al final, ver si no hubo sobrantes.
  - c) **Detección de condición crítica.** Monitorear, por ejemplo, presiones, temperaturas, etc., y parar si no tienen un valor adecuado.

### Clasificación de mecanismos Poka Yoke<sup>46</sup>

Richard Chase y Douglas Stewart han definido básicamente cuatro tipos de Poka Yoke:

- *Poka Yoke físicos*, aseguran la prevención de errores en productos y/o procesos e identifican los errores o inconsistencias físicas.
- *Poka Yoke secuenciales*, restringen la secuencia de manera que sólo se pueda seguir un orden predeterminado.
- *Poka Yoke de agrupamiento*, utilizan kits en los que se preparan materiales, piezas, etc., de tal manera que se tengan todos listos y no falte ninguno al realizar la operación.
- *Poka Yoke de información*, retroalimentan a la persona con información clara, sencilla y completa de lo que es necesario para evitar errores.

### Los cinco mejores Poka Yoke<sup>47</sup>

De acuerdo con Nikkan Kogyo Shimbun (1988), los cinco mejores Poka Yoke son:

---

<sup>46</sup> (Soconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 243)

<sup>47</sup> (Escalante, 2006, pág. 396)



1. Los pasadores de guía o dispositivos para alinear dos partes o moldes en forma simétrica.
2. Detectores de errores y alarmas (visuales o auditivas).
3. Interruptores de límite o dispositivos que no permiten que la operación se realice hasta que la pieza esté colocada en posición correcta.
4. Contadores de piezas para que no existan faltantes o sobrantes.
5. Listas de verificación para no omitir operaciones.

**NOTA:** Es recomendable que el participante tenga conocimientos de diseño de máquinas (Procesos de manufactura).

### 7.3 PRÁCTICA VII

#### MATERIAL Y EQUIPO

- Dos latas de refresco
- Cierre de 25 cm
- Palillos
- Bisutería para decorar
- Chaquira
- Espejo de 6 cm de diámetro
- Silicón
- Tijeras

#### DESARROLLO

##### Monedero<sup>48</sup>

Reciclarte, es una empresa dedicada a elaborar productos con material reciclado. Entre sus productos más novedosos está el monedero con espejo, se elabora de la siguiente manera:

1. Cortar la base de cada una de las latas. / **A una distancia de 1.5 cm a partir de donde empieza el cuerpo de la lata, cortar los sobrantes para que quede una línea recta.**



Ilustración 7-1

<sup>48</sup> [http://www.youtube.com/watch?v=\\_K2u9b24nM](http://www.youtube.com/watch?v=_K2u9b24nM)





Ilustración 7-2

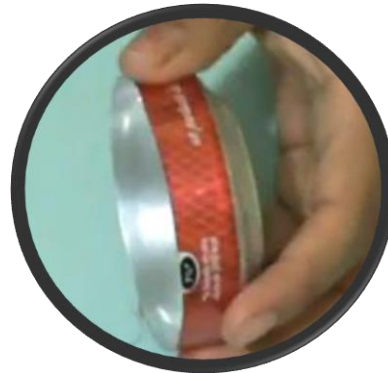


Ilustración 7-3

2. Hacer pequeños cortes alrededor de ambas latas en forma de pestañas. /Cortes de 0.5 cm



Ilustración 7-4

3. Doblar las pestañas hacia adentro.



Ilustración 7-5

4. Decorar las latas. /Pegar con silicón y palillo la bisutería y chaquira, presionar fuerte para que se pegue.



Ilustración 7-6

5. Pegar el espejo dentro de una de las bases de lata. /Rellenar la base interior de la lata con chaquira o algodón para que quede una base plana.



Ilustración 7-7

6. Recortar las puntas del cierre. /Cortar 0.5 cm aproximadamente por la parte donde se une el cierre.



Ilustración 7-8

7. Tomar una de las bases y esparcir silicón alrededor de la lata. /Esparece el silicón con un palillo.



Ilustración 7-9

8. Pegar el cierre alrededor de la lata.



Ilustración 7-10

9. Cortar el cierre restante. /Y pegar para sellar la punta.



Ilustración 7-11

10. Pegar la segunda pieza del cierre a la segunda base. /Abrir el cierre para pegarla otra pieza, dejar secar y quitar los residuos de silicón con un cotonete humedecido con un poco de alcohol.



Ilustración 7-12



Ilustración 7-13



Ilustración 7-14

**¡¡¡LISTO, TIENES UN MONEDERO!!!**

### ACTIVIDADES

1. Formar equipos para elaborar el monedero.
2. Iniciar la línea de producción durante 20 min, después de este tiempo contar el número de monederos elaborados y llenar la columna **RONDA 1** de la **tabla 7-1**.
3. Documentar el proceso de elaboración del monedero.



4. Revisar los monederos elaborados, indicar el tipo de defecto que tienen, si es que tienen, y las causas del mismo.
5. Elaborar un Poka Yoke con el cual se logre elaborar un mayor número de monederos con menos defectos y en el mismo tiempo.
6. Una vez finalizado el ejercicio llenar la columna **RONDA 2** de la **tabla 7-1**.

	RONDA 1	RONDA 2
NÚMERO DE MONEDEROS ELABORADOS EN 20 MIN.		
NÚMERO DE MONEDEROS DEFECTUOSOS		
TIPO DE DEFECTOS		
POKA YOKE IMPLEMENTADO		

Tabla 7-1

### CUESTIONARIO

1. Menciona tres utilidades de implementar Poka Yoke.
2. ¿Hubo algún defecto que se repitiera más que otro en la elaboración de los monederos?, ¿Cuál?
3. ¿Qué tipo de Poka Yoke se implementó para mejorar la producción de monederos?, ¿Por qué?
4. ¿Hubo una menor cantidad de monederos defectuosos después de la implementación del Poka Yoke?
5. ¿A qué crees que se deba esto?

### RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR

- En esta práctica se debe ocultar el texto de las instrucciones, después de la diagonal, así como las imágenes circulares con margen negro, para crear confusión al elaborar el monedero y que existan mayor número de defectos.
- Definir un tiempo límite diferente para producir los monederos.
- Establecer la cantidad de monederos que se deben elaborar.
- Ser muy estricto en cuanto al estándar de calidad de los productos.
- Hacer que exista confrontación entre departamentos, haciendo que miembros de otro equipo revisen los defectos en los monederos.



## 8 CAPÍTULO VIII. Identificación del desperdicio 2: Tiempo de espera y uso de la herramienta Kanban

### 8.1 OBJETIVO

- Que el alumno conozca el significado del desperdicio tiempo en espera.
- Conozca el origen y consecuencias del tiempo en espera.
- Sea capaz de identificar un tiempo en espera.
- Conozca el uso de la herramienta Kanban y su implementación.

### 8.2 MARCO TEÓRICO

#### ¿Qué es el tiempo de espera?<sup>49</sup>

Es el tiempo que se pierde cuando un operador espera a que su máquina termine su trabajo, cuando las máquinas se detienen en espera de que el operador haga algún ajuste, o incluso cuando tanto el operador como la máquina están en espera de materiales, herramientas o instrucciones.

Todo esto implica un consumo de tiempo que no agrega valor, y constituye el más común de todos los desperdicios en la industria.

#### Características de la espera

- El operador espera a que la máquina termine su ciclo de procesamiento.
- La máquina espera a que el operario termine su ciclo.
- Los tiempos necesarios para el cambio de un producto para la preparación de una máquina obligan a esperar a la gente.
- Un operario espera a otro operario para poder empezar o terminar su trabajo.
- El operario y la máquina están en espera de instrucciones, de un programa o de materiales.
- Despreocupación por las fallas de los equipos.
- Paros inesperados de equipo.
- Causas de la espera.
- Mala programación de la producción.
- Poco control de la producción.

#### Causas de la espera

- Mala programación de la producción.
- Poco control de la producción.
- Desequilibrio de las operaciones.
- Falta de programación de los cambios de producto.
- Programación inadecuada de tiempos extras.
- No se cuenta con la maquinaria adecuada.
- Se emplea demasiado personal.

---

<sup>49</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 36 y 37)



- El trabajo se organiza por departamentos y existe demasiada especialización.
- Falta de programas de capacitación en multihabilidades.
- Falta de capacitación de los operadores.

#### Consecuencias del tiempo en espera<sup>50</sup>

- Incremento del tiempo de ciclo.
- Lenta respuesta a los clientes.
- Mayor nivel de inventario en proceso.

#### Niveles del tiempo en espera<sup>51</sup>

- **Primer nivel:** Se da dentro de una misma estación de trabajo, ejemplo: un operador que no encuentra una herramienta de trabajo.
- **Segundo nivel:** Son demoras que ocurren entre estaciones de trabajo, ejemplo: la estación A entrega a la estación B la pieza 2 minutos arriba del tiempo “Takt” por lo que B debe esperar.
- **Tercer nivel:** Se da entre elementos de cadenas de suministro, ejemplo: el pedido se retrasa un día entre el proveedor de materia prima y la planta lo que obliga a ésta a trabajar medio día.

#### ¿Qué es Kanban?<sup>52</sup>

Se denomina Kanban a un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas, que consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores, y éstos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica, y éstos con la línea de montaje final.

Se dice que el sistema se ha inspirado en el concepto de los supermercados, porque:

1. Los consumidores eligen directamente los artículos y compran aquellos que desean.
2. Los consumidores reducen el trabajo del personal de almacén transportando por sí mismos sus compras hasta la zona de la caja.
3. En vez de utilizar un sistema de aprovisionamiento estimado, el supermercado reaprovisiona solamente los productos vendidos, reduciendo así los stocks excedentes.
4. Los puntos 2 y 3 posibilitan la reducción de precios, aumentando las ventas y los beneficios.

#### Kanban de producción

El Kanban de producción indica qué y cuánto hay que fabricar para el proceso posterior, por ejemplo:

---

<sup>50</sup> (Peñaflor Zurita, 2012, pág. 31)

<sup>51</sup> Ídem

<sup>52</sup> (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, págs. 96 - 101, 104 y 105)

Se tienen dos líneas de producción A y B, las cuales solamente procesan un tipo de producto. Este producto pasa secuencialmente de la línea A a la B. El espacio S entre A y B, almacena piezas ya procesadas por A y se divide en tres cuadros o celdas S1, S2 y S3 a modo de supermercado (**ver ilustración 8-1**), cada uno de ellos con capacidad para almacenar un número determinado de piezas, en este ejemplo serán cuatro. Estas celdas actúan como una señal, informando al proveedor A cuando precisa procesar más piezas para el cliente B. En la operación normal de B, éste irá retirando piezas de S, las procesará y las enviará al proceso posterior al B. Cuando todos los cuadros S1, S2 y S3 están llenos, A no tiene dónde colocar su producción y se detiene.

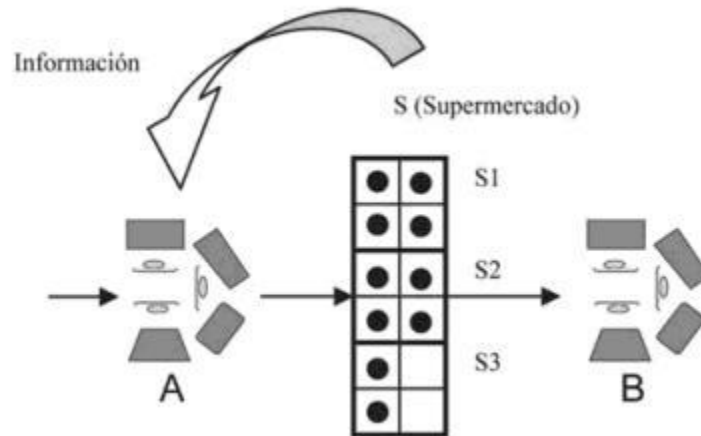


Ilustración 8-1

La cantidad a procesar viene dada por la capacidad de los espacios vacíos, por ejemplo, si hay dos celdas vacías, A procesará ocho piezas para llenar estos espacios. Así, la retirada de piezas por parte de la sección B dispara una señal de demanda para procesar más piezas en la operación A. Los espacios, estando llenos o vacíos proporcionan la información en la que se basa A para determinar su producción. Esta señal se llama *Kanban de producción*.

### Kanban de transporte

El Kanban de transporte indica qué y cuánto material se retirará del proceso anterior, por ejemplo:

Piensa en dos líneas de producción A y B no están contiguas, A no puede ver qué sucede con el nivel de piezas en S, puesto que S está en la alimentación de B. En estas circunstancias, introduciremos una operación de transporte T consistente en desplazar piezas de la salida A a la entrada de B (**ver ilustración 8-2**).



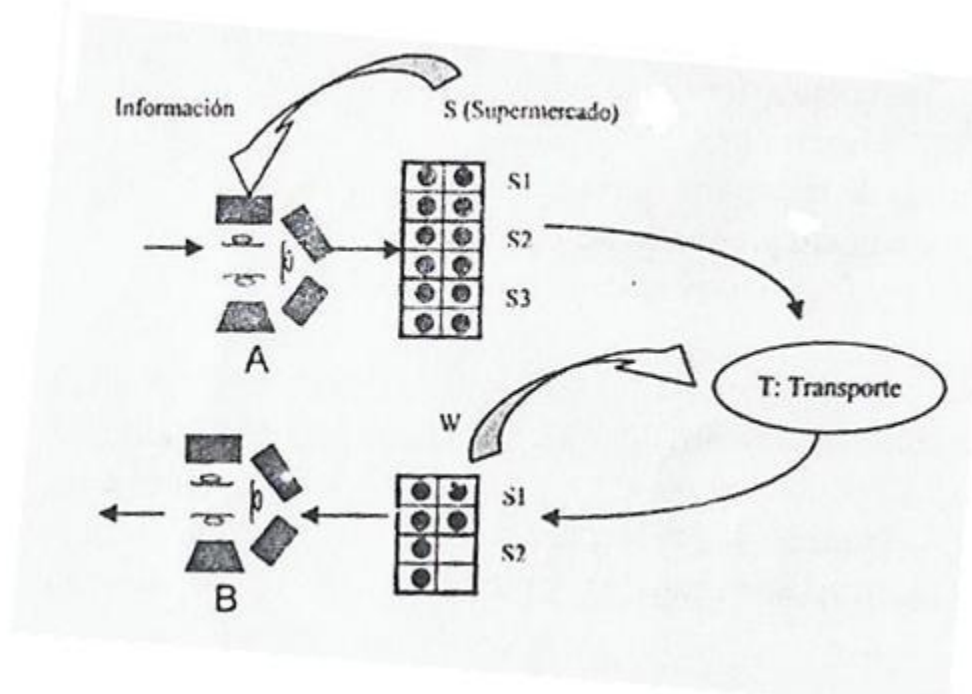


Ilustración 8-2

Así pues, los kanbans de transporte son tarjetas que se mueven entre dos lugares de trabajo e indican las cantidades de componentes a retirar del proceso anterior. Los kanbans de producción se mueven dentro de un mismo lugar de trabajo y funcionan como órdenes de fabricación. A continuación se adjunta un formato de ejemplo de Kanban de transporte.

Kanban de transporte		
Código:		
Descripción:		
Automóvil:		
Cap. Caja	Tipo Caja	Kanban N°

De:
A:

Ilustración 8-3

Para la implantación del sistema deben colocarse tanto al principio como al final unos contenedores, carros u otros elementos para almacenar las piezas transportadas desde el final de un proceso hasta el principio de otro o viceversa. Estos contenedores tendrán su correspondiente tarjeta, que contendrá los datos del suministro (código de la pieza, capacidad, número de Kanban, proceso origen, proceso destino, etc.), de manera que la cantidad especificada será la capacidad del contenedor. De esta manera, cada tarjeta cumple una función distinta según el casillero que ocupa:



- Una tarjeta de transporte situada en un casillero del inicio del proceso (que se referirá por tanto a un componente del mismo) deberá ser colocada en un contenedor vacío para ser transportado al final del proceso anterior y solicitar dicho componente.
- Una tarjeta de transporte situada en un casillero del final de un proceso (hace referencia a productos acabados) deberá ser asignada a un contenedor lleno para ser transportada al proceso siguiente.

### **Kanban túnel**

En algunos casos, la función de las tarjetas de transporte puede integrarse con las de producción, dando lugar a un sistema de tarjeta única, de manera que una tarjeta destinada a recoger un material determinado puede utilizarse para generar directamente la producción correspondiente en el proceso anterior. Esto ocurrirá si ambas áreas están muy próximas y enlazadas automáticamente y siempre que el lead time de producción no supere el máximo que puede admitir el proceso que espera el componente. Si varios procesos están enlazados secuencialmente (como un proceso único), se utiliza una tarjeta única denominada Kanban túnel.

### **Kanban proveedor**

Se remite para solicitar materiales a un proveedor. Una forma especial de utilización de esta tarjeta consiste en dirigirse al proveedor con un Kanban de ese tipo y un contenedor vacío (a no ser que el envase de entrega del producto haga de contenedor) y que esta tarjeta haga de pedido para un suministro ulterior. En este caso lo que se recoge es un contenedor o envase lleno correspondiente al entregado en la visita anterior. El sistema permite que no incremente el lead time total de la recogida con la espera de la producción (si es que ésta es necesaria) y el llenado del contenedor.

En resumen, el funcionamiento de un sistema Kanban se basa en las reglas siguientes:

1. El proceso posterior recogerá, en el lugar adecuado, los productos necesarios en las cantidades justas.
2. El proceso precedente fabricará sus productos en las cantidades recogidas por el proceso siguiente.
3. El número de kanbans ha de tender a disminuir.
4. Los productos defectuosos nunca han de pasar al proceso siguiente, esto implica que las relaciones con el proveedor son muy importantes, y se basan en una tremenda confianza mutua.

### **Calcular la cantidad de piezas por Kanban<sup>53</sup>**

La fórmula de piezas por kanban es:  $D \times TE \times U \times \%VD$

Donde:

---

<sup>53</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 280 y 281)



D = demanda semanal. Normalmente la demanda mensual se multiplica por 12 y se divide entre el número de semanas laborales o entre 52.

TE = tiempo de entrega en semanas que tiene el proveedor interno o externo, e incluye:

**Para productos comprados:**

Tiempo de generar la orden + tiempo de entrega del proveedor + tiempo de transporte + tiempo de recepción, inspección y stock.

**Para productos manufacturados:**

Tiempo para generar la orden de trabajo + tiempo total de procesamiento + tiempo de recepción / inspección.

U = número de ubicaciones. Por ejemplo, al inicio de la implementación se recomienda tener dos ubicaciones llenas, una para el proveedor y otra para el cliente.

% VD = nivel de variación de la demanda. Es la desviación estándar de la demanda del periodo dividida entre el promedio de la demanda en el mismo periodo.

**Para calcular el número de contenedores y la secuencia pitch:**

Número de contenedores = Cantidad de piezas en Kanban ÷ Capacidad del contenedor

**Pitch** es el ritmo de producción de acuerdo con la cantidad de productos por empaque, es decir, es la cantidad de tiempo requerida para elaborar un contenedor estándar de producto terminado. Si el contenedor estándar es de 60 piezas y el tiempo takt es de 45 segundos, el pitch es 45 minutos.

Pitch = tiempo takt x capacidad del empaque

## 8.3 PRÁCTICA VIII

### MATERIAL Y EQUIPO

- Tetra packs rectangulares
- Tetra packs largos de base cuadrada
- Toalla para limpiar
- Tijeras
- Pluma
- Regla
- Cinta adhesiva
- Silicón
- Perforadora
- Papel o tela y listón para decorar

## DESARROLLO

Reciclarte, es una empresa dedicada a elaborar productos con material reciclado. Los productos que elaboran en el área de tetra pack son los siguientes:

### Monedero de tetra pack<sup>54</sup>

1. Desdoblar el envase y cortar la parte superior e inferior del envase.



Ilustración 8-4



Ilustración 8-5



Ilustración 8-6

<sup>54</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=NcCsJhmBrGY>

2. Limpiar el interior del envase con la toalla.



Ilustración 8-7

3. Doblar una tercera parte del envase desde la parte superior (donde se encuentra la tapa) hacia atrás.



Ilustración 8-8

4. Marcar con pluma la línea hasta donde llega el tetra pack en la parte de atrás.



Ilustración 8-9

5. Desdoblar y cortar únicamente la parte posterior del tetra pack, hasta donde la marca del paso anterior.



Ilustración 8-10

6. Doblar los costados hacia a dentro por el centro.



Ilustración 8-11



Ilustración 8-12



Ilustración 8-13

7. Volver a Doblar una tercera parte del envase desde la parte superior y cortar los sobrantes que quedaron del corte del paso 5.



Ilustración 8-14

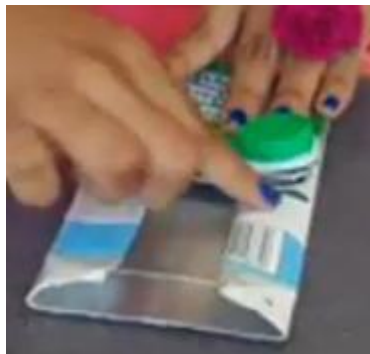


Ilustración 8-15

8. Pegar con silicón el doblé para darle forma de monedero.



Ilustración 8-16

9. Doblar lo que será la tapa del monedero y presionar para marcar la tapa circular del tetra pack.



Ilustración 8-17



Ilustración 8-18

10. Recortar la marca circular del tetra pack del lado de la tapa del monedero.



Ilustración 8-19

11. Forrar el monedero con papel o tela y decorar.





Ilustración 8-20

**¡¡¡LISTO, TIENES UN MONEDERO!!!**

### Cartera de tetra pack<sup>55</sup>

1. Tomar el tetra pack por el lado más corto, de modo que quede un rectángulo horizontal, y desdoblar los triángulos del lateral corto y del lateral largo.



Ilustración 8-21

2. Cortar las puntas triangulares de cada lado.



Ilustración 8-22

<sup>55</sup> [http://www.youtube.com/watch?v=\\_XvZ7\\_Nc-2I](http://www.youtube.com/watch?v=_XvZ7_Nc-2I)

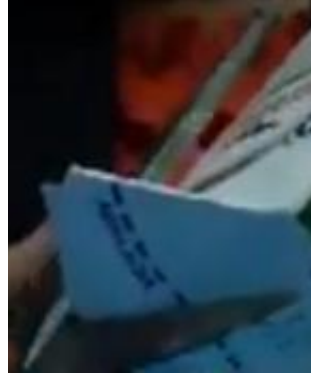


Ilustración 8-23

3. Cortar una orilla del lateral largo para desprenderlo del tetra pack y limpiar el tetra pack por dentro.



Ilustración 8-24



Ilustración 8-25

4. Doblar los laterales cortos desde el centro hacia adentro del tetra pack.



Ilustración 8-26



Ilustración 8-27

5. Desdoblar las puntas triangulares de la parte inferior de cada uno de los laterales cortos, doblarlas hacia el lateral largo del tetra pack y pegar con silicón.



Ilustración 8-28



Ilustración 8-29



Ilustración 8-30

6. Dar forma al lateral que se desprendió en el paso 3, esa será la tapa de la cartera.



Ilustración 8-31



Ilustración 8-32

7. Forrar el monedero con papel tela y decorar.



Ilustración 8-33

## ¡¡¡LISTO, TIENES UNA CARTERA!!!

### Bolsa para regalo<sup>56</sup>

1. Trazar una línea horizontal a 5 cm de la base hacia arriba del tetra pack.



Ilustración 8-34



Ilustración 8-35

<sup>56</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=49R0eXDh-vE>

2. Trazar un línea horizontal a 8.5 cm de la línea que se trazó en el paso anterior.



Ilustración 8-36



Ilustración 8-37

3. En la línea que se trazó en el paso 2 mide una línea de 3.5 cm para marcar un punto exactamente a la mitad.



Ilustración 8-38

4. Repetir el paso 3 para la línea inferior y unir con una regla ambos puntos (paso 3 y paso 4), de modo que se formen dos rectángulos.



Ilustración 8-39



Ilustración 8-40

5. Trazar una diagonal por los dos rectángulos, uniendo el punto B con el punto A y el punto C con el punto A, de modo que se forme un triángulo.

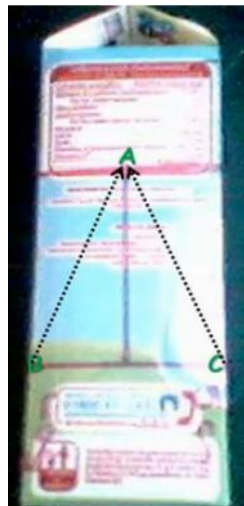


Ilustración 8-41



Ilustración 8-42

6. Trazar un semicírculo en la parte de arriba de cada rectángulo.



Ilustración 8-43

7. Repetir los pasos del 1 al 6 por todos los lados del tetra pack.

8. Recortar la parte superior del tetra pack, cortando por el contorno de los medios círculos.



Ilustración 8-44



9. Doblar el tetra pack siguiendo las líneas que se trazaron en el paso 5.



Ilustración 8-45



Ilustración 8-46

10. Perforar los medios círculos de cada lado (8 perforaciones).



Ilustración 8-47

11. Forrar la caja con papel o tela.



Ilustración 8-48

12. Perforar como en el paso 10.



Ilustración 8-49

13. Pasar un listón por las perforaciones para cerrar la caja y decorar.



Ilustración 8-50

**¡¡¡LISTO, TIENES UNA BOLSA DE REGALO!!!**



## ACTIVIDADES

1. Formar equipos de dos participantes por departamento, las actividades se realizarán agrupadas en los siguientes departamentos (**ver tabla 8-1**).

DEPARTAMENTO	ACTIVIDAD	PRODUCTO / PASOS
1. Separación de material	Recibir y separar el material dependiendo de la forma y tamaño.	
2. Desdoblado	Desdoblar los tetra packs.	
3. Limpieza	Limpiar los tetra packs por dentro con una toalla	
4. Corte	Se cortan los tetra packs.	
5. Doblecés	Doblar los tetra packs y marcar los dobleces si es necesario.	
6. Pegado	Pegar los tetra packs.	
7. Forrado	Forrar los tetra packs con papel o tela	
8. Decorado	Decorar los tetra packs de acuerdo al artículo que se haya elaborado.	

Tabla 8-1

2. Decidir qué actividades de cada uno de los productos, se realizarán en cada departamento y llenar la columna **PRODUCTO / PASOS** de la **tabla 8-1**.

3. Documentar el proceso para elaborar cada uno de los tres productos. Una vez iniciada esta actividad, no debe haber comunicación entre departamentos.

4. Iniciar la producción para satisfacer la demanda indicada en la **tabla 8-2**, tomar el tiempo que lleva producir la cantidad de productos indicada. Se revisará que los productos cumplan con cierto estándar de calidad, de ser rechazados no serán contados para satisfacer la demanda.

5. Una vez completada la demanda para la producción y llenar las **tablas 8-2 y 8-3**, los espacios correspondientes a la **RONDA 1**.

6. Mejorar el tiempo en que se completa la demanda y disminuir la cantidad de inventario entre departamentos utilizando la herramienta Kanban. Recordar que no se puede hablar durante la actividad.

7. Una vez realizadas las mejoras llenar las **tablas 8-2 y 8-3**, los espacios correspondientes a la **RONDA 2**.



PRODUCTO	DEMANDA	TIEMPO RONDA 1	TIEMPO RONDA 2
Monedero	3		
Cartera	6		
Bolsa para regalo	4		

Tabla 8-2

RONDA 1			
CANTIDAD DE INVENTARIO ENTRE DEPARTAMENTOS	MONEDERO	CARTERA	BOLSA PARA REGALO
1 Y 2			
3 Y 4			
5 Y 6			
6 Y 7			
7 Y 8			
TOTAL			
RONDA 2			
CANTIDAD DE INVENTARIO ENTRE DEPARTAMENTOS	MONEDERO	CARTERA	BOLSA PARA REGALO
1 Y 2			
3 Y 4			
5 Y 6			
6 Y 7			
7 Y 8			
TOTAL			

Tabla 8-3

### CUESTIONARIO

1. ¿En qué se basaron para decidir qué actividades se elaborarían en cada departamento?
2. ¿Para qué producto hubo mayor cantidad de inventario?
3. ¿A qué crees que se deba?
4. ¿Hubo una mejora en el tiempo después de utilizar la herramienta de Kanban?
5. ¿A qué crees que se debió?
6. ¿Cuál fue la mayor dificultad que se presentó al realizar la actividad?

### RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR

- La finalidad de que los departamentos no puedan comunicarse hará más difícil la elaboración de los productos, aparte de que promueve la creatividad para elaborar las tarjetas Kanban.
- Proponer diferentes demandas para cubrir y un tiempo límite para cubrir las.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



- Ser muy estricto en cuanto al estándar de calidad de los productos para que les sea más difícil cubrir la demanda.
- Acomodar físicamente cada departamento de forma que sea más difícil la elaboración de los productos.



## 9 CAPÍTULO IX. Identificación del desperdicio 5: Sobre inventario y uso de la herramienta Heijunka para la secuenciación de la producción

### 9.1 OBJETIVO

- Conocer el significado del sobre inventario.
- Conocer el origen y consecuencias del sobre inventario.
- Ser capaz de identificar cuándo existe sobre inventario.
- Aplicar la herramienta Heijunka, para la secuenciación y flujo de una pieza.

### 9.2 MARCO TEÓRICO

#### ¿Qué es sobre inventario?<sup>57</sup>

Los stocks son la forma de despilfarro más clara porque esconden ineficiencias y problemas crónicos. Como consecuencia de sus relaciones con estos problemas, los directores japoneses han denominado al stock la “raíz de todos los males”. Desde la óptica JIT, los inventarios se contemplan como los síntomas de una fábrica enferma, de la misma manera que los médicos observan como síntomas típicos de la gripe, la fatiga, la fiebre y el malestar general, los doctores JIT ven a los stocks como los síntomas de la mala salud en las operaciones de una fábrica. Algunos argumentos para considerar los stocks como síntomas de una enfermedad con los siguientes:

- Encubren los stocks muertos que generalmente, se detectan una vez al año, cuando se realizan los inventarios físicos. Se trata de productos y materiales que no sirven para nada porque son obsoletos, caducados, rotos, etc., pero que no se han dado de baja.
- Los stocks necesitan cuidados, mantenimiento, vigilancias, contabilidad, gestión, etc.
- Agobian las partidas de los activos de los balances, principalmente las del activo corriente. La expresión “inversión en stocks” es un error, porque no ofrecen retribución sobre las inversiones y por tanto no pueden ser considerados como tales en ningún momento. También agobian las partidas del inmovilizado material, son necesarias instalaciones de almacenamiento automático o inteligente.
- El despilfarro por stock es el resultado de tener mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas. El hecho de que se acumule material antes y después del proceso indica que hay stock innecesario y que el flujo de producción no es continuo. En este caso, se deberían monitorear las actividades intermedias para identificar y resolver el problema.

#### Características del sobre inventario<sup>58</sup>

- Espacios grandes en el andén de recepción de materias primas.

<sup>57</sup> (Rajadell Carreras & Sanchez García, 2011, pág. 26 y 27)

<sup>58</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 31)



- Permanencia de las primeras entradas, en el lugar de aplicar el principio “primeras entradas, primeras salidas”.
- Grandes cantidades de producto en espera de ser procesadas.
- Grandes áreas destinadas al almacenamiento de producto (materias primas, materiales, producto en proceso y producto terminado).
- Tiempos prolongados de proceso cuando se implementan los cambios de ingeniería.
- Necesidad de recursos adicionales para el manejo de los materiales (hombres, equipo, estantes, almacenes, espacios y sistemas).
- Baja rotación de inventarios.

#### **Causas de los sobre inventarios<sup>59</sup>**

- Escaso conocimiento de la velocidad con la que se presenta la demanda real.
- Procesos inadecuados para satisfacer los requerimientos y especificaciones de los clientes.
- Cuellos de botella sin control.
- Capacidad insuficiente de los proveedores.
- Programación excesiva de tiempo extra.
- Malas decisiones administrativas.
- No se logra la optimización del trabajo de la gente y de los centros de trabajo.
- Bonos de productividad mal aplicados.

#### **¿Qué es Heijunka?<sup>60</sup>**

Heijunka es una técnica que busca equilibrar las líneas de producción para flexibilizar el sistema productivo, permitiendo una mezcla de productos que vienen a satisfacer las variantes requeridas por los diferentes clientes.

El concepto de Heijunka engloba dos ideas de estabilización de la manufactura:

- Equilibrar el volumen de la producción.
- Nivelar por tipo de producto o mezcla de productos.

Heijunka significa nivelación o aislamiento de la producción con compensación de las cargas de trabajo. Consiste en establecer una producción equilibrada, mediante un mecanismo de planificación de la producción en pequeños lotes de diferentes modelos / tipos en periodos pequeños de tiempo producidos en la misma línea amortiguando las variaciones de la demanda del cliente. Al equilibrar la producción se pasa de una línea dedicada a un solo producto, la cual es sensible a las variaciones de ventas y se convierte en una línea flexible, capaz de fabricar varios tipos de productos. Es también conocida como producción mixta, es un término que se utiliza para denotar la mezcla de la programación de producción para satisfacer la demanda.

---

<sup>59</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 32)

<sup>60</sup> (Cabrera Calva, 2010, págs. 247-250)



### ¿Para qué se implementa Heijunka?<sup>61</sup>

Las siguientes son algunas de las utilidades de implementar Heijunka:

- Evita la sobreproducción.
- Establece completamente el sistema jalar.
- Nivelada la producción en la cadena en mezcla de producción y volumen de producción.

### ¿Cuándo se utiliza Heijunka?

Cuando el sistema de Kanban es maduro y requiere mayor precisión en la planeación de la producción para evitar inventarios excesivos.

### Procedimiento para implementar Heijunka:

- Calcular el tiempo takt.
- Calcular el pitch para cada producto.
- Establecer el ritmo de producción.
- Crear la caja Heijunka.

### Calcular el tiempo takt

Tiempo takt = Tiempo disponible ÷ demanda

Ejemplo:

Tiempo disponible = 27, 000 segundos (8 horas – 30 minutos de descanso)

Demanda diaria = 500 piezas por día.

Tiempo takt = 27, 000 segundos ÷ 500 piezas

### Calcular el pitch para cada producto

Pitch representa el tiempo de producción y empaque de una unidad de producción en su correspondiente cantidad de productos por empaque.

Pitch = (tiempo takt x cantidad de piezas por empaque) ÷ 60 segundos / min.

Ejemplo:

Para este ejemplo se tienen cuatro productos de una sola familia cuyo tiempo takt es de 54 segundos por pieza.

Producto W: 12 piezas por caja.

---

<sup>61</sup> (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, págs. 290 - 292)





Producto X: 24 piezas por caja.

Producto Y: 10 piezas por caja.

Producto Z: 20 piezas por caja.

Pitch:

$$W = (54 \times 12) \div 60 = 10.8 \text{ min}$$

$$W = (54 \times 24) \div 60 = 21.6 \text{ min}$$

$$W = (54 \times 10) \div 60 = 9 \text{ min}$$

$$W = (54 \times 20) \div 60 = 18 \text{ min}$$

### Establecer el ritmo de producción

Para establecer la secuencia, tomamos el valor más bajo de los cálculos anteriores, que en este caso es de 9 minutos.

Suponiendo que la producción inicia a las 8:00 am, la secuencia quedaría como sigue:

8:00	8:09	8:18	8:27	8:36	8:45	8:54
------	------	------	------	------	------	------

### Crear la caja Heijunka

La caja Heijunka, también conocida como caja de nivelación de producción, es una matriz que se puede hacer en madera u otro material y sirve para establecer cómo se realizará la secuencia de la producción en los periodos calculados en el paso anterior.

Esta caja es como un depósito de correo que se utiliza para programar la producción. También se necesita un corredor, quien pondrá las tarjetas de Kanban en la caja Heijunka para establecer las prioridades y secuencias de producción conforme se muevan las tarjetas dada la demanda de los productos.

El corredor irá introduciendo estas tarjetas, que se convertirán en una señal visual para saber cuándo y qué producir.

**NOTA:** Para esta práctica se requerirán los mismos productos que se elaboran en la **práctica VIII**, con un enfoque diferente.

## 9.3 PRÁCTICA IX

### MATERIAL Y EQUIPO

- Tetra packs rectangulares
- Tetra packs largos de base cuadrada

- Toalla para limpiar
- Tijeras
- Pluma
- Regla
- Cinta adhesiva
- Silicón
- Perforadora
- Papel o tela y listón para decorar

## DESARROLLO

Reciclarte, es una empresa dedicada a elaborar productos con material reciclado. Los productos que elaboran en el área de tetra pack son los siguientes:

### Monedero de tetra pack<sup>62</sup>

1. Desdoblar el envase y cortar la parte superior e inferior del envase.



Ilustración 9-1

<sup>62</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=NcCsJhmBrGY>



Ilustración 9-2



Ilustración 9-3

2. Limpiar el interior del envase con la toalla.



Ilustración 9-4

3. Doblar una tercera parte del envase desde la parte superior (donde se encuentra la tapa) hacia atrás.



Ilustración 9-5

4. Marcar con pluma la línea hasta donde llega el tetra pack en la parte de atrás.



Ilustración 9-6

5. Desdoblar y cortar únicamente la parte posterior del tetra pack, hasta donde la marca del paso anterior.



Ilustración 9-7

6. Doblar los costados hacia a dentro por el centro.



Ilustración 9-8



Ilustración 9-9

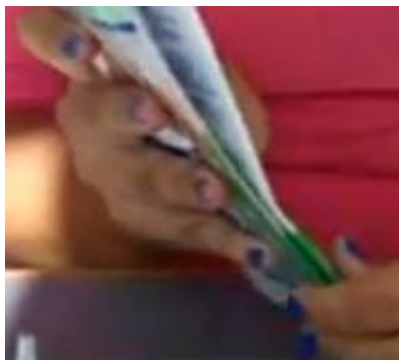


Ilustración 9-10

7. Volver a Doblar una tercera parte del envase desde la parte superior y cortar los sobrantes que quedaron del corte del paso 5.



**Ilustración 9-11**



**Ilustración 9-12**

8. Pegar con silicón el doblez para darle forma de monedero.



**Ilustración 9-13**

9. Doblar lo que será la tapa del monedero y presionar para marcar la tapa circular del tetra pack.



Ilustración 9-14



Ilustración 9-15

10. Recortar la marca circular del tetra pack del lado de la tapa del monedero.



Ilustración 9-16

11. Forrar el monedero con papel o tela y decorar.



Ilustración 9-17

**¡¡¡LISTO, TIENES UN MONEDERO!!!**

### Cartera de tetra pack<sup>63</sup>

1. Tomar el tetra pack por el lado más corto, de modo que quede un rectángulo horizontal, y desdoblar los triángulos del lateral corto y del lateral largo.



Ilustración 9-18

2. Cortar las puntas triangulares de cada lado.

<sup>63</sup> [http://www.youtube.com/watch?v=\\_XvZ7\\_Nc-2I](http://www.youtube.com/watch?v=_XvZ7_Nc-2I)





Ilustración 9-19



Ilustración 9-20

3. Cortar una orilla del lateral largo para desprenderlo del tetra pack y limpiar el tetra pack por dentro.



Ilustración 9-21



Ilustración 9-22

4. Doblar los laterales cortos desde el centro hacia adentro del tetra pack.



Ilustración 9-23



Ilustración 9-24

5. Desdoblar las puntas triangulares de la parte inferior de cada uno de los laterales cortos, doblarlas hacia el lateral largo del tetra pack y pegar con silicón.



Ilustración 9-25



Ilustración 9-26



Ilustración 9-27

6. Dar forma al lateral que se desprendió en el paso 3, esa será la tapa de la cartera.



Ilustración 9-28



Ilustración 9-29

7. Forrar el monedero con papel tela y decorar.



Ilustración 9-30

**¡¡¡LISTO, TIENES UNA CARTERA!!!**

**Bolsa para regalo<sup>64</sup>**

1. Trazar una línea horizontal a 5 cm de la base hacia arriba del tetra pack.

<sup>64</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=49R0eXDh-vE>



Ilustración 9-31



Ilustración 9-32

2. Trazar un línea horizontal a 8.5 cm de la línea que se trazó en el paso anterior.



Ilustración 9-33



Ilustración 9-34

3. En la línea que se trazó en el paso 2 mide una línea de 3.5 cm para marcar un punto exactamente a la mitad.



Ilustración 9-35

4. Repetir el paso 3 para la línea inferior y unir con una regla ambos puntos (paso 3 y paso 4), de modo que se haga dos rectángulos.



Ilustración 9-36



Ilustración 9-37

5. Trazar una diagonal por los dos rectángulos, uniendo el punto B con el punto A y el punto C con el punto A, de modo que se forme un triángulo,



Ilustración 9-38



Ilustración 9-39

6. Trazar un medio círculo en la parte de arriba de cada rectángulo.



Ilustración 9-40

7. Repetir los pasos del 1 al 6 por todos los lados del tetra pack.

8. Recortar la parte superior del tetra pack, cortando por el contorno de los medios círculos.



Ilustración 9-41

9. Doblar el tetra pack siguiendo las líneas que se trazaron en el paso 5.



Ilustración 9-42





Ilustración 9-43

10. Perforar los medios círculos de cada lado (8 perforaciones).



Ilustración 9-44

11. Forrar la caja con papel o tela.



Ilustración 9-45

12. Perforar como en el paso 10.



Ilustración 9-46

13. Pasar un listón por las perforaciones para cerrar la caja y decorar.



Ilustración 9-47

**¡¡¡LISTO, TIENES UNA BOLSA DE REGALO!!!**

### ACTIVIDADES

1. Continuando con la *práctica VIII: Tiempo de espera y uso de la herramienta Kanban*, diseñar empaques para cada producto.
2. Crear la caja Heijunka, realizar los cálculos de tiempo takt y pitch para cada producto, tomando para tiempo disponible y demanda los mismos datos que se presentaron en el ejemplo de esta práctica.
3. Recuerda que no puede haber comunicación entre departamentos.
4. Una vez que crearon la caja Heijunka, tomar el tiempo que tarda en abastecer la demanda y completar la **tabla 9-1**, los datos de la columna **TIEMPO RONDA 1** y **TIEMPO RONDA 2** deben ser los mismos de la práctica VIII.



PRODUCTO	DEMANDA	TIEMPO RONDA 1	TIEMPO RONDA 2	TIEMPO RONDA HEIJUNKA
Monedero	3			
Cartera	6			
Bolsa para regalo	4			

Tabla 9-1

### CUESTIONARIO

1. ¿Hubo alguna diferencia en el tiempo en que se abasteció la demanda al aplicar el Heijunka?
2. ¿A qué crees que se deba eso?
3. ¿Qué relación hay entre el uso de la herramienta Heijunka y el desperdicio sobre inventario?
4. ¿Qué otros desperdicios se pueden eliminar utilizando la herramienta Heijunka?
5. ¿Crees que se podría mejorar aún más el sistema de producción planteado en esta práctica?, ¿Por qué?

### RECOMENDACIONES AL INSTRUCTOR

- Presionar a los participantes haciendo continuamente mención del tiempo que les resta para finalizar la actividad.
- Minimizar o maximizar el área de trabajo.
- Dar material en mal estado y quitar el material conforma avance la práctica.
- En caso de no tener suficiente tiempo se puede entregar el material únicamente para que lo ensamblen, etc.

### CONCLUSIONES

Con la elaboración de esta tesis se diseñaron prácticas de Manufactura Esbelta, las cuales son accesibles para desarrollarlas en los salones de clase debido a que los materiales utilizados son de bajo costo, la elaboración es sencilla y el espacio que se requiere no excede al que se puede encontrar en un salón de clases.

Las prácticas son versátiles y se pueden adecuar para la enseñanza de los diferentes temas tratados en esta tesis, así mismo, se dan recomendaciones a los instructores que les sirven como guía para obtener mejores resultados y el logro de los objetivos propuestos en cada una de las prácticas.

Implementando estas prácticas se logra que los alumnos tengan una mejor comprensión de los conceptos y participen activamente, ya que resuelven sus dudas por medio de lluvias de ideas e interactuando con sus demás compañeros, por lo cual se promueve el aprendizaje significativo, participativo, colaborativo y por descubrimiento.

Se lleva a cabo el aprendizaje significativo ya que para entender los conceptos de éstas es necesario tener algunos conocimientos previos de ingeniería industrial como: saber qué es un inventario, línea de producción, elaborar el diagrama de flujo de un proceso, calcular el tiempo de ciclo, etc. Algunos



de estos conceptos se utilizan en las prácticas junto otros nuevos. Sumado a esto, la elaboración de sencillas manualidades que requieren de destrezas aprendidas previamente como recortar, pegar, medir, etc. da como resultado que el participante logre comprender de una mejor manera los nuevos temas.

El aprendizaje participativo se alcanza debido a que el desarrollo de cada práctica depende de los participantes, quienes tienen que organizarse, resolver dudas entre ellos, evaluar sus sistemas de producción y dar propuestas para mejorarlos. Así, mientras participan activamente, ponen en práctica los conocimientos que se requieren aprender, siendo esto necesario para el logro de los objetivos de las prácticas.

Formar grupos en cada práctica genera que los participantes aprendan de forma colaborativa, interactuando entre sí para lograr un objetivo en común, es por ello que cada práctica a pesar de ser flexible requiere que se desarrolle cuidando algunos aspectos como: la forma de organizar a los equipos, la división por actividades o áreas, el lugar físico en que se elabora cierta actividad, las herramientas a utilizar, etc. Al provocar ciertas dificultades ayuda a que los participantes compartan sus experiencias y conocimientos adquiridos previamente.

Además, el diseño de estas prácticas contribuyó a que adquiriera un mayor conocimiento sobre las herramientas empleadas para implementar el sistema de producción de Manufactura Esbelta. Con la investigación que realicé sobre los diferentes temas conocí las distintas definiciones de los autores, lo que me permitió integrar cada contenido de forma completa y resumida para una fácil comprensión de los conceptos. Conocí sobre el aprendizaje significativo, colaborativo, participativo y por descubrimiento; cómo se pueden llevar a cabo y que los resultados del desarrollo e implementación de estos tipos de aprendizaje pueden ser mejores que los obtenidos con el aprendizaje tradicional.

Finalmente, para cada tema seleccioné una manualidad tomando en cuenta que durante su elaboración se pudiera poner en práctica el tema antes visto, y por medio de las instrucciones doy lugar a que se cumplan ciertas condiciones que ayudan al cumplimiento de los objetivos, así como se desarrolle el aprendizaje significativo, colaborativo, participativo y por descubrimiento.

## 10 Bibliografía

Alonso García, A. (1998). *Conceptos de organización industrial*. Barcelona: Marcomobo, S.A.

Barkley, E. F., Cross, K. P., & Howell Major, C. (2007). *Técnicas de aprendizaje colaborativo*. Madrid: Morato.

Cabrera Calva, R. C. (2010). *Lean Six Sigma TOC simplificado para PYMES*. México: Independiente.

Caso Neira, A. (2006). *Técnicas de Medición del Trabajo - 2° Edición*. España: Fundación Confemetal.



- Castañeda Jimenez, J. (2008). *Aprendizaje y Desarrollo*. México: Umbral.
- Contreras, A. V., & Galindo Cota, E. (2007). *Conceptos y reglas de Lean Manufacturing*. México: Limusa.
- De la Fuente Nazario García, D., Gómez, A., & Puente, J. (2006). *Organización de la producción en Ingenierías*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Escalante, E. (2006). *Análisis y mejoramiento de la calidad*. México: Limusa.
- López Noguero, F. (2005). *Metodología participativa en la enseñanza universitaria*. Madrid: Narcea.
- Méndez, Z. (2009). *Aprendizaje y Cognición*. España: EUNED.
- Mesonero Valhondo, A. (1995). *Psicología del desarrollo y de la educación en la edad escolar*. Oviedo: Textos Universitarios EDIUNO.
- Monden, Y. (1996). *El Just inTime hoy en Toyota*. España: Deusto.
- Navas Martínez, L. (2010). *Aprendizaje, desarrollo y disfunciones: implicaciones para la enseñanza en la educación secundaria*. España: Club Universitario.
- Peñaflor Zurita, A. (2012). *Manual de apoyo para la capacitación en Lean Manufacturing*. México: Tesis.
- Rajadell Carreras, M., & Sanchez García, J. L. (2011). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad*. España: Díaz de Santos.
- Reséndiz Olguín, E. (2009). *Lean Manufacturing como un sistema de trabajo en la industria manufacturera: un estudio de caso*. México: Tesis.
- Roig Ibáñez, J. (1996). *El estudio de los puestos de trabajo: La valoración de tareas y la valoración del personal*. Madrid, España: Díaz Santos.
- Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing paso a paso*. México: Norma.
- Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing paso a paso*. México: Norma.
- Udadondo Duran, M. (1991). *Gestión de la calidad*. Madrid: Díaz de Santos.