

APLICACIÓN DE TÉCNICA DE LEAN MANUFACTURING EN EL PROCESO DE CAMBIO DE MOLDES EN UNA PEQUEÑA EMPRESA DE ALIMENTOS

Recibido: abril 19 de 2017 - Aceptado: junio 13 de 2017

Jairo Arboleda Zúñiga

Ingeniero Industrial, Universidad del Valle (1985), Magister en Ingeniería Industrial, énfasis en Logística y Producción, Universidad del Valle (2013), Diplomado en Supply Chain Management, IRCC–Florida-USA. (1999). 24 años de experiencia laboral en funciones de Gestión Logística, Gestión de la Calidad y Mejoramiento Continuo en empresas multinacionales, pymes de la región e instituciones públicas. Es docente asociado del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Palmira e investigador del Grupo GISAI (Grupo de Investigación de Sistemas aplicados a la Industria) de UPB-seccional Medellín, categorizado “B” por Colciencias.

E-mail: jairo.arboleda@upb.edu.co

Fabián M. Rubiano Del Chiaro

Ingeniero Industrial, Universidad Santiago de Cali (2017)
E-mail: fabian.rubiano00@usc.edu.co

Jairo Arboleda Zúñiga¹
Fabian M. Rubiano Del Chiaro²

RESUMEN

En el presente artículo se hace una propuesta de aplicación de la técnica de SMED del Lean Manufacturing en el proceso de cambio de moldes en la máquina de conos de helado de una empresa de alimentos ubicada en Santiago de Cali; actualmente, la flexibilidad de los procesos es un factor clave para mejorar la productividad y además se puede constituir en fuente generadora de ventaja competitiva en el mercado.

La metodología utilizada consiste en la identificación de una de las máquinas más recurrente en la fabricación de conos para helados, a través de análisis de tiempos perdidos y eficiencia; una vez identificada la máquina se busca definir cuál es el cambio más significativo y de esta manera se analizan los hallazgos obtenidos por medio de la técnica y se presenta la propuesta a ser considerada en su implementación, la que servirá de base de mejora para el resto de máquinas de la línea de producción. Existen aplicaciones del SMED en procesos de cambio de moldes en máquinas inyectoras pero se desconoce de empresas que se hayan enfocado específicamente en la elaboración de conos para helados por consiguiente es un artículo que posteriormente podría servir de referencia a otras empresas y la aplicación del SMED se podría hacer de forma idéntica o similar.

Palabras clave

Metodología SMED; proceso de cambio de moldes; lean manufacturing en empresa de helados

ABSTRACT

This article is a proposal of SMED implementation of lean manufacturing in the process of change of molds in the m packaging of ice cream cones from a food company located in Santiago de Cali; Currently, the flexibility of processes is a key factor to improve the productivity of the process and also can become source of competitive advantage in the market. The methodology used consists in the identification of one of the more recurrent machines in the production of cones, through analysis of lost time and efficiency; identified once machine seeks to define what the most significant change and thus discussed the findings obtained by the technique and presents the proposal to be considered in its implementation, which will form the basis for improving for the rest of the production line machines. There are applications of SMED in processes of change of mold in injection machines but unknown companies that have focused specifically on the production of cones therefore is an article that could subsequently serve as reference to other companies and SMED implementation could be done either identical or similar.

Keywords

SMED methodology; mold change process; lean manufacturing applied to ice creams factories.

¹Ingeniero Industrial, Universidad del Valle (1985), Magister en Ingeniería Industrial, énfasis en Logística y Producción, Universidad del Valle (2013), Diplomado en Supply Chain Management, IRCC-Florida-USA. (1999). 24 años de experiencia laboral en funciones de Gestión Logística, Gestión de la Calidad y Mejoramiento Continuo en empresas multinacionales, pymes de la región e instituciones públicas. Es docente asociado del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Palmira e investigador del Grupo GISAI (Grupo de Investigación de Sistemas aplicados a la Industria) de UPB-seccional Medellín, categorizado "B" por Colciencias.

E-mail: jairo.arboleda@upb.edu.co

²Ingeniero Industrial, Universidad Santiago de Cali (2017)

E-mail: fabian.rubiano00@usc.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La empresa en estudio, es una pequeña empresa industrial caleña creada en el año 1987, desde entonces ha creado 40 empleos directos, teniendo una gran visión de crecimiento y expansión enfocada a la producción y comercializadora de conos de galleta para helados, cuenta con equipos de alta tecnología y personal calificado. La demanda que presenta la compañía y sus futuros proyectos de inversión para nuevos productos es lo que ha llevado a la dirección a pensar en nuevas alternativas que les permita tener una alta y oportuna capacidad de respuesta frente al mercado para lograr consolidarse como una empresa productiva y competente.

En el año 2016 la empresa presentó altos índices de desperdicio de tiempo en el área de producción lo que ocasionó en varios meses reducción considerable en las ventas, puesto que las referencias producidas estaban por debajo de lo demandado o la ausencia de algunas de ellas, tanto así que al finalizar el año la empresa no generó las utilidades presupuestadas.

Luego de analizar los resultados obtenidos en el año, el equipo directivo de la empresa atribuye como una de las principales causas que afectan el proceso: el desperdicio de tiempo a la preparación y mantenimiento de las máquinas, en este caso al tiempo empleado en el montaje y desmontaje de moldes.

En la tabla 1 se muestra el porcentaje de tiempo perdido en cada una de las máquinas de producción el año 2016 y en la tabla 2 el porcentaje de eficiencia para el mismo año:

Tabla 1. Porcentajes de tiempo perdido en las Máquinas de producción (Año 2016)

MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS					
	MQ1	MQ2	MQ3	MQ4	MQ5
Horas	216	348	518	221	273
perdidas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas
Horas	2.844	2.37	6.77	2.93	3440
progr madas	Horas	6 Hora	7 Hora	2 Hora	Horas
%de tiempo perdido	7,59	14,6 5	7,64	7,54	7,43

Fuente: Área de Producción, empresa en estudio

Tabla 2. Porcentajes de eficiencia de las Máquinas de producción (Año 2016)

MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS					
	MQ1	MQ2	MQ3	MQ4	MQ5
1					
producción	7,95	4,68	25,7	8,79	10,5
real	5	3	16	7	21
	und	und	und	und	und
producci	10.1	7.46	28.8	10.7	13.2
esperadas	5	0	00	35	19
	und	und	und	und	und

%de 78,3 62,8 89,3 81,9 79,6

eficiencia

%de und 16,3 56,4 6,0 13,2 14,3

rechazadas

Fuente: Área de Producción, empresa en estudio

Por lo tanto se elabora una propuesta de aplicación de la metodología SMED en nuestro caso de estudio, el cual se realiza en el proceso de cambio de moldes en la máquina 2, puesto que esta máquina produce en lotes pequeños varias referencias y por consiguiente se requieren reducir al máximo los tiempos de cambio y además, tiene un mayor porcentaje de desperdicio de tiempo, siendo menos eficiente y con mayor porcentaje de rechazo entre todas las demás máquinas de producción de la empresa.

Mcintosh, Culley, Mileham, y Owen (2000) aseguran que:

“Un alistamiento rápido es un componente fundamental de la filosofía de manufactura moderna, por lo que mejorar su desempeño es clave para permitir la fabricación de lotes pequeños; ya que las intervenciones se vuelven tan cortas que deben hacerse

económicamente viable; es decir realizar múltiples paradas para producir una variedad de productos, debe ser rentable". (pág. 37)

Para Rodríguez Mendez y Cárcel (2014) la maximización del aprovechamiento de los medios de producción depende, en gran medida, de que el diseño de las máquinas se haga no solo considerando la velocidad de producción, sino también la necesidad de realizar un cambio rápido de útiles.

Según Rodríguez (2003) las técnicas destinadas a mejorar el proceso de cambio de útiles son escasas a pesar de la relevancia que ha adquirido este proceso, sobre todo en entornos de fabricación flexible.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Proceso de moldeo de conos de helado

El proceso de moldeo de conos en máquinas consta de moldear una mezcla de masa depuesta por una unidad vertedora en las mitades inferiores de los moldes de cocción para hornear. Los moldes deben estar calientes y cerrados para circular en el quemador de gas, tras un ciclo las partes superiores de los moldes se abren y enseguida, se obtiene una pieza moldeada de un cono de helado (Imar, 2013,pág.34).

La producción de conos de helado por medio de máquinas de moldeo representa ventajas con respecto a otras maneras de producirlo, entre ellas: rapidez de fabricación, alto nivel de

producción, gran diversidad de productos en sus moldes, bajos costos de producción. La calidad del producto y la estabilidad del proceso de moldeo están directamente relacionadas con la mezcla de masa, la capacidad y limitaciones de la maquinaria, el diseño de moldes, las características de la materia prima y por supuesto la experiencia de los operadores.

En el pasado, los cambios de moldes estaban basados en diferentes estrategias como usar personas con habilidades especiales para realizar cambios de moldes, producción de grandes lotes o fabricar de acuerdo al tamaño económico de lote; en las que implicaban destreza, los operadores tenían que tener habilidades necesarias para montar y desmontar los moldes a cambiar. Este tipo de estrategia tenía el inconveniente de necesitar trabajadores especializados en los cambios y no siempre se era eficiente (Lerma, 2014,pág.14).

2.2 Lean Manufacturing

Socconini(2008) define lean manufacturing como:

"Un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si costo y trabajo, esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y capacitados". (pág.75)

Shah y Ward (2007) definen bajo el enfoque sistémico, el

Lean Manufacturing como: “un sistema integrado socio-tecnológico cuyo objetivo principal es eliminar desperdicios, minimizando o reduciendo suplidores y variabilidad interna” (pág.792)

Una de las definiciones más actuales de Lean Manufacturing la presenta Gisbert (2015), como:

“Una filosofía que se apoya en una serie de técnicas cuya finalidad es la mejora de la productividad de la empresa, soportada por un conjunto de herramientas que: ayudarán a eliminar todas las operaciones que no agreguen valor al producto, servicio y a procesos; aumentarán el valor de cada actividad realizada, eliminando lo que no se requiere; reducirán desperdicios y mejorarán las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador y obtendrán así mejoras tangibles, medibles y significativas de la competitividad”. (pág. 42).

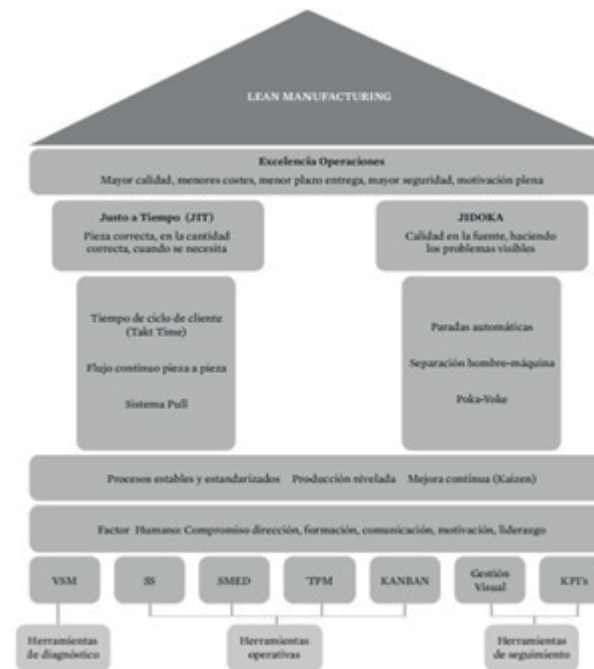
El Lean Manufacturing es una teoría fundamental para el mejoramiento de la productividad y la competitividad de las empresas de manufactura y servicios, de la cual, según Varela, Ramírez y Gómez (2015) el objetivo “es generar una nueva cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo; para ello es indispensable adaptar el método a cada caso concreto” (pág.190).

Para Melton (2014) el lean puede ser aplicado a todos los aspectos de la cadena de suministro y debe ser visto si el máximo de beneficios dentro de la organización son observados de manera sostenible.

Hernández y Vizán (2013) desarrollan una forma gráfica de

visualizar rápidamente la filosofía que encierra el lean y las técnicas disponibles para su aplicación, se explica “utilizando una casa porque ésta constituye un sistema estructural que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas lo sean; una parte en mal estado debilitaría todo el sistema” (pág.46). La figura 1 representa una adaptación actualizada de esta “casa”.

Figura 1. Representación de las Técnicas Lean.



Fuente : (Hernández y Vizán, 2013)

Todos los elementos de esta casa se construyen a través de

la aplicación de múltiples técnicas que han sido divididas según se utilicen para el diagnóstico del sistema, a nivel operativo, o como técnicas de seguimiento. Estas técnicas pueden implantarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso. Hernández y Vizán (2013. Pág. 48).

Vilana Arto (2010) sostiene que en Lean Manufacturing lo único que importa producir es:

“Lo que el cliente realmente percibe como valor, por lo que un aspecto esencial es entender quién es el cliente (interno o externo) y qué quiere, es decir comprender sus necesidades, expectativas y requerimientos e incorporarlos a los procesos de trabajo. Cada tarea, función o actividad debe añadir valor, hay que identificar el camino de valor con el fin de eliminar el desperdicio [Muda], desde que se introduce la materia prima y se transforma, hasta que se entrega el producto terminado al cliente”. (Pág.11).

Metodología SMED

En 1950 el japonés Shigeo Shingo (1909-1990) (citado en Madariaga, 2013) comenzó a trabajar en la reducción de los tiempos de cambio de las prensas. A lo largo de treinta años desarrolló una metodología a la que denominó SMED (Single Minute Exchange of Die), cuya traducción es “cambio de útiles en pocos minutos”. Shingo colaboró con Toyota durante más de 25 años como consultor y formador.

Shingo (1985) introduce la idea de que en general cualquier

cambio de máquina o alistamiento del proceso “debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase single minute (minutos en un sólo dígito), haciendo que las operaciones de preparación sean más rápidas y simples, el SMED ayuda a la empresa a producir en pequeños lotes” (Pág. 85).

Para Shingo (1989), la necesidad del SMED surge:

“Cuando el mercado demanda una mayor variedad de producto y los lotes de fabricación deben ser menores; en este caso para mantener un nivel adecuado de competitividad, o se disminuye el tiempo de cambio o se siguen haciendo lotes grandes y se aumenta el tamaño de los almacenes de producto terminado, con el consiguiente incremento de los costos ;esta técnica está ampliamente validada y su implantación es rápida y altamente efectiva en la mayor parte de las máquinas e instalaciones industriales”. (Pág.89).

Una ventaja muy importantes al reducir los tiempos de preparación a un sólo dígito, es que la empresa: “puede pasar de trabajar contra almacén a fabricar bajo pedido, dado que para algunas fábricas la inversión en el inventario de producto acabado es el mayor activo, su conversión en efectivo puede servir para financiar otras inversiones o reducir deudas” (Velasco, 2013, pág. 320)

Villaseñor y Galindo(2007) describen las siguientes etapas para la aplicación del SMED:

1. Etapa preliminar: no se distinguen las preparaciones

internas y externas. En las operaciones de preparación tradicionales, se confunde la preparación interna con la externa y lo que puede realizarse externamente se hace internamente, lo que trae como consecuencia que las máquinas estén paradas durante grandes periodos de tiempo.

2. Primera etapa: separación de la preparación interna y externa. El paso más importante en la realización del sistema SMED es la diferenciación entre la preparación interna y la externa. Todo el mundo está de acuerdo en que la preparación de piezas, el mantenimiento de los dados, herramientas y ciertas operaciones, no se deben hacer mientras la máquina está parada. Sin embargo, esto ocurre con frecuencia.

3. Segunda etapa: conversión de la preparación interna en externa. La segunda etapa comprende dos conceptos importantes: reevaluar las operaciones, para ver si algunos pasos están erróneamente considerados como internos y buscar formas para convertir esos pasos internos en externos.

4. Tercera etapa: perfeccionamiento de todos los aspectos de la operación de preparación. Aunque el nivel de los diez minutos se puede alcanzar algunas veces, simplemente convirtiendo la preparación interna en externa, no es así en la mayoría de los casos. Esta es la razón por la cual se debe concentrar esfuerzos para perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales que constituyen las preparaciones interna y

externa. Consecuentemente, la tercera etapa necesitara un análisis detallado de cada operación (Villaseñor & Galindo, 2007, pág. 91).

Algunos investigadores, como Goubergen y Landeghem (2002), sugieren que con SMED es fácil lograr reducciones de tiempo hasta del 90%; sin embargo, la revisión de la literatura no ha dado como resultado ejemplos descriptivos que demuestren estos resultados ambiciosos de casos reales de implementación.

La aplicación de la metodología de Shingo generalmente se traduce en dos beneficios principales: aumentar la capacidad de fabricación y mejorar la flexibilidad del equipo. Eso permite trabajar con tamaños de lote más pequeños, creando un flujo de materiales eliminando la espera” (Coimbra A., 2009).

Para Singh y Khanduja (2009) la metodología SMED, podría ser ineficaz:

“Si no se tienen en cuenta algunos requisitos previos a su ejecución; al ser una herramienta de cambio cultural es importante tomar conciencia de la importancia que tiene para la empresa y sus actividades la disminución de los tiempos de preparación, preparar a los empleados mediante capacitación y entrenamiento a los efectos de incrementar la productividad y reducir los costos mediante la reducción en los tiempos de preparación, hacer un cambio de paradigmas, terminando con las creencias acerca de la imposibilidad de disminuir

radicalmente los tiempos de preparación”. (Pág. 105).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Actualmente la empresa cuenta con cinco máquinas de producción marca I.M.A.R., siendo máquinas automáticas diseñadas para la cocción y la producción de productos alimenticios a base de harina (conos de helado).

3.1 Descripción de Maquina.

Cada máquina está compuesta por tres módulos:

- Cuerpo de la máquina con calefacción de gas y tracción eléctrica, con 21 moldes (hembra fundido, latón cromado macho, peso aprox. 37 kl c/u) para la cocción del productos.
- Bomba de bombeo / bomba de inyección.
- Apilamiento de canaleta (tobogán) y se deslizan los cono, en el que se cuenta el producto y se apilan, y están listo para el embalaje.

Figura 2. Representación de Máquina de Conos



Obtenido de (I.M.A.R. S.r.l, 2013) . <http://www.imaritaly.com/>.

3.1.1 Funcionamiento de Máquina

Su funcionamiento se basa en que su bomba de inyección automática, pues está conectada a un surtidor (flauta) que está equipado con boquillas. Este sistema inyecta la cantidad fija de masa directamente en el molde para hornear. Los moldes, que se calientan mediante un quemador de gas colocado en la parte inferior de la máquina, están posicionados en cadena y su movimiento es continuo. Una vuelta completa del molde de la cadena corresponde a un ciclo de cocción completa, al final del ciclo de cocción, se abre el molde y el producto cae naturalmente en el tobogán.

3.1.2 Cambio de Moldes y Mantenimiento

El proceso de cambio de moldes es realizado por el único operario de mantenimiento a la fecha con turno de 8 horas diarias; este cambio solo empieza al momento que el Jefe de Producción le entrega la orden verbal de desmontar el molde después de haber terminado el ultimo lote producido de unas

de las referencias que se fabrican en esa máquina, para que a su vez ir montando el molde de la nueva referencia a fabricar.

Figura 3. Representación de Moldes de Conos



Obtenido de (I.M.A.R. S.r.l, 2013) . <http://www.imaritaly.com/>

3.2 Estudio de Métodos y Tiempos

A finales del cuarto trimestre del año 2016 se observó detalladamente que la máquina 2 es donde se realizaban más cambio de moldes para producir 4 diferentes referencias en sus periodos de producción; esta máquina produce alrededor de 16.261 unidades diarias; de cada referencia se elaboran entre tres y cuatro lotes lo que conlleva a realizar aproximadamente 5 cambios bimestrales, debido que las otras máquinas están produciendo las demás referencias del portafolio de venta o se encuentran en estado de mantenimiento preventivo.

Los tiempos en el proceso de cambio de moldes fueron

tomados con cronómetro y consignados en un formato establecido por la empresa donde también se consignó toda la información pertinente sobre el método que está en estudio, las herramientas utilizadas, la descripción de las operaciones, el departamento donde se realiza la operación y las condiciones de trabajo que prevalecen fueron realizados bajo los conceptos planteados por Niebel y Freivalds (2004) para el estudio de métodos y tiempos.

Además se pidió ayuda a dos analistas que tienen experiencia y conocimiento necesario del proceso de fabricación de conos los cuales fueron repartidos en cada uno de los turnos, estando presentes al momento de hacer el cambio de referencia en la maquina 2 durante el periodo de estudio con el fin de recolectar la mayor información posible en las 3 tomas de tiempo.

Por lo tanto se aplicara a la Maquina 2 la metodología SMED para la reducción de pérdida de tiempo a la preparación y mantenimiento de la máquina.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Etapa preliminar

Este estudio de métodos y tiempos permitió hacer un análisis de las operaciones que se realizan en el cambio de los 21 moldes realizado por un operario, desglosando las actividades lo mayor posible y determinando el tiempo que requiere cada una de ellas, además de los utillajes y herramientas que se precisan.

En la tabla 3 se presentan de manera resumida las actividades involucradas en el proceso:

Tabla 3. Resumen de actividades en el proceso de cambio de moldes

FIGURA	DESCRIPCIÓN	CANT.	T. OP. (min)
○	Operaciones	366	518:05
□	Inspecciones	45	77:10
⇒	Transportes	21	28:21
△	Almacenajes	21	24:30
D	Demoras	4	1295:15
TOTAL		457	1943:21

El tiempo total de la operación es de 1943 minutos 21 segundos.

Podemos identificar que todas las actividades realizadas le toma 4 turnos de 8 horas al operario siendo así 4 días para terminar el proceso de cambio de moldes y poder arrancar a producir alguno de los ítems que se tenga programado.

4.2. Primera etapa: separación de operaciones internas y externas.

Una vez hecho el desglose de las operaciones en el proceso de cambio de molde, el siguiente paso es identificar que operaciones se pueden realizar mientras la máquina está en funcionamiento (y que actualmente se realizan con la máquina en pausa) y se pueden eliminar, al no aportar valor a la operación. (Villaseñor y Galindo, 2007)

Para este análisis también utilizamos el diagrama de operaciones conjuntas donde identificamos que tanto el operario realiza actividades con la maquina parada cuando las mismas podrían realizarse con la maquina en operación antes o después del cambio de moldes.

En la tabla 4 se muestran las operaciones de preparación interna que se pueden cambiar a externas:

Tabla 4. Operaciones de preparación interna

FIGURA	DESCRIPCIÓN	T. OP (MIN)		de la máquina	
			○	Alistamiento de herramientas	3:00
⇒	Trasladar el primer molde hasta la máquina	1:21	○	Buscar y ubicar estiba en máquina para inicio de cambio	0:45
□	Verificar el estado operativo de la máquina	1:45	○	Colocar y Cerrar tapas de la maquina mientras arranca	2:55
D	Reparar eslabón en taller	345:28		operar	
D	Cambiar bujes, carcasas en taller	34:36	○	Retirar estiba	0:45
○	Abrir y Quitar tapas	2:55	⇒	Trasladarse a buscar piezas	1:51

	pequeñas de	
	repuesto al taller	
⇒	Trasladar el último	1:21
	molde al taller	
△	Almacenar el último	1:10
	molde en el taller	
	TOTAL	397:52

4.3. Segunda etapa: Conversión de operaciones internas en externas.

Las operaciones de preparación interna descritas anteriormente se convierten en operaciones de preparación externa y pasaran a realizarse mientras la máquina está en marcha. (Villaseñor y Galindo, 2007)

Para realizar esta conversión se realizó un análisis individual de las operaciones en conjunto con el Jefe de Producción y Mantenimiento, pudiendo balancear la carga del operario sin requerir inversión alguna solo un reordenamiento de las operaciones realizadas siendo un gran desafío para que el operario realice esta nueva secuencia de actividades pues siempre se requerirá capacitación frecuente para lograr el mejoramiento.

Tras la conversión de operaciones internas en externas. El proceso de cambio de moldes queda de la siguiente manera:

Tabla 5. Resumen de actividades en el proceso de cambio de moldes (Primera mejora)

FIGURA	DESCRIPCIÓN	CANT.	T. OP. (min)
○	Operaciones	361	507:45
□	Inspecciones	44	75:15
⇒	Transportes	18	24:08
△	Almacenajes	20	23:20
⌒	Demoras	2	915:11
	TOTAL	445	1545:39

Tras la mejora implantada, se redujo el tiempo de preparación en un 20,47 %.

Tiempo total del proceso de cambio de moldes antes de la aplicación del SMED: 1943 min 21 seg.

Tiempo total del proceso de cambio de moldes tras la

segunda etapa del SMED: 1545 min 39 seg.

% de tiempo reducido =

$$\frac{(1943 \text{ min } 21\text{seg} - 1545\text{min } 39\text{seg}) * 100}{1943 \text{ min } 21 \text{ seg}}$$

% de tiempo reducido = 20,47%

4.4 Tercera etapa: Perfeccionar las operaciones internas y externas.

El siguiente paso en la reducción del tiempo de cambio de referencia, es mejorar y reducir el tiempo de las tareas externas. Villaseñor y Galindo (2007).

Para esta operación, si se dispusiera un equipo de mantenimiento consolidado o por lo menos un (1) operario mecánico más que apoyara las demás actividades externas que demoran la operación de cambio de moldes. De esta forma se reduciría el tiempo que se pierde esperando continuar la operación de un día a otro pues sería una operación continua sin tiempo de espera para seguir el proceso de montaje del siguiente molde. Las actividades que se pueden suprimir al disponer de dos operarios mecánicos que trabajen un turno cada uno se muestran en la tabla 6:

Tabla 6. Operaciones de preparación externa que se pueden suprimir

El siguiente paso en la reducción del tiempo de cambio de

referencia, es mejorar y reducir el tiempo de las tareas externas. Villaseñor y Galindo (2007).

Para esta operación, si se dispusiera un equipo de mantenimiento consolidado o por lo menos un (1) operario mecánico más que apoyara las demás actividades externas que demoran la operación de cambio de moldes. De esta forma se reduciría el tiempo que se pierde esperando continuar la operación de un día a otro pues sería una operación continua sin tiempo de espera para seguir el proceso de montaje del siguiente molde. Las actividades que se pueden suprimir al disponer de dos operarios mecánicos que trabajen un turno cada uno se muestran en la tabla 6:

Tabla 6. Operaciones de preparación externa que se pueden suprimir

FIGURA	DESCRIPCIÓN	T. OP. (MIN)
D	Suspensión de operación hasta el día siguiente.	900
	TOTAL	900

Con esta mejora aplicada, el estudio de la operación

devolvería los siguientes resultados:

Tabla 7. Resumen de actividades en el proceso de cambio de moldes (Segunda mejora)

FIGURA	DESCRIPCIÓN	CANT.	T. OP. (min)
○	Operaciones	361	507:45
□	Inspecciones	44	75:15
⇒	Transportes	18	24:08
△	Almacenajes	20	23:20
▷	Demoras	1	15:11
TOTAL		444	645:39

Con la aplicación de la tercera etapa del SMED se redujo el tiempo del proceso en 58,23%.

Tiempo total del proceso de cambio de moldes tras la segunda etapa del SMED: 1545 min 39 seg.

Tiempo total del proceso de cambio de moldes tras la tercera etapa del SMED: 645 min 39 seg.

% de tiempo reducido =

$$\frac{(1545 \text{ min } 39 \text{ seg} - 645 \text{ min } 39 \text{ seg})}{1545 \text{ min } 39 \text{ seg}} * 100$$

% de tiempo reducido = 58,23%

El tiempo de preparación en el proceso de cambio de moldes se redujo un 66,8% que equivale a 1297 min 42 seg.

Tiempo total del proceso de cambio de moldes antes de la aplicación del SMED: 1943 min 21 seg.

Tiempo total del proceso de cambio de moldes después de la aplicación del SMED: 645 min 39 seg.

% de tiempo reducido =

$$\frac{(1943 \text{ min } 21 \text{ seg} - 645 \text{ min } 39 \text{ seg.})}{1943 \text{ min } 21 \text{ seg.}} * 100$$

% de tiempo reducido = 66,78%

Con la aplicación del SMED se puede lograr una reducción de 1297 min 42 seg. En el proceso de cambio de moldes y en un año se ahorrarían un total de 38.931 minutos.

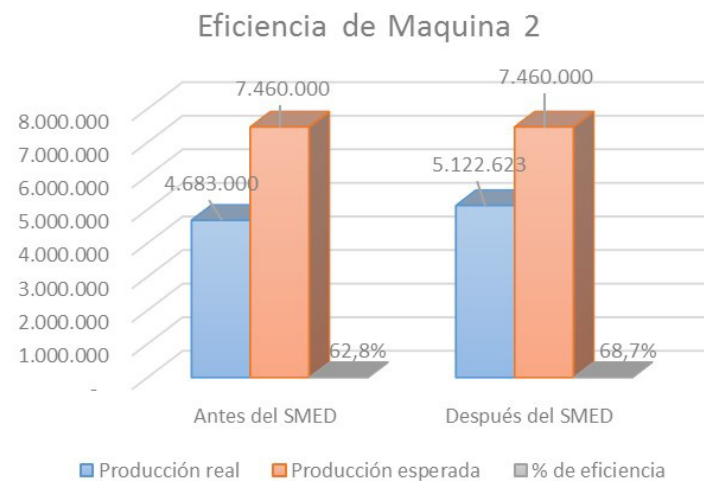
$$1297 \text{ min } 42 \text{ seg} \times 5 \text{ cambios/bimestrales} \times 6 \text{ bimestres} = 38.931 \text{ minutos.}$$

Que equivalen a la producción de aprox. 439.623 unidades/año.

Y además un ahorro de \$ 3.041.000 al año

Teniendo en cuenta todo estos resultados debido a la implementación del SMED en la máquina 2 su tiempo de preparación se vuelve menor y por lo tanto se puede aumentar la capacidad de la máquina y su eficiencia aumentaría como lo demuestra la figura 4.

Figura 4. Representación de Eficiencia



Fuente: Los Autores

El porcentaje de eficiencia de la línea se incrementaría en un 5,94%. Con la técnica SMED se pueden identificar muchas actividades ineficientes que no aportan valor al proceso. La empresa en estudio, puede aplicar la metodología SMED

a todas sus demás máquinas de producción como así lo demuestran los resultados y a su vez conseguir mejores beneficios, ya que una mayor reducción en los tiempos de preparación incrementaría la productividad y la eficiencia de la empresa, queriendo decir que con la aplicación de la técnica SMED es proyecto exitoso en el aumento de la productividad como en el conocimiento adquirido por la mejora.

Según Mcintosh et al. (2000) La disminución de los tiempos de cambio de moldes permite la reducción en el tamaño de los lotes, haciendo posible la reducción de los inventarios en proceso y por consiguiente es factible reducir los tiempos de ciclo; esto le permite dar a la empresa una respuesta más rápida a los clientes, reduciendo o eliminando la necesidad de mantener altos inventarios de productos terminados.

En la actualidad hay muchas empresas que han implementado la metodología SMED y han logrado posicionarse en el mercado en cuanto a productividad y competitividad gracias a que apuntaron a la parte de la reducción en los tiempos de preparación que consideraban era la principal causa de desperdicio de tiempo y pérdidas financieras para la organización.

A continuación se mencionan algunos casos de éxito en empresas colombianas:

Según Cárdenas y Hernández (2008) se aplicó la metodología SMED en una máquina empacadora de papel higiénico de la empresa Familia Sancela de Cajicá, el proyecto generó un incremento de \$1.037.760.000 al año en

producto terminado.

Rojas y Cortéz (2014) exponen sobre la aplicación de la metodología SMED para el cambio de bobina en una máquina rebobinadora de papel higiénico en la empresa Papeles Nacionales S.A donde se logro reducir el tiempo de la operación en un 32% (183 segundos con SMED versus 270 segundos sin SMED)

En empresas internacionales se mencionan algunos casos destacables:

Según (Rowlands, 2006, pág. 20) Amcore Pet Packaging una compañía cuya casa matriz se encuentra en Ann Arbor, Michigan (USA) y es líder en el negocio de envases plásticos cuya planta elabora nueve millones de preformas al día por medio de máquinas de soplado y moldeo por inyección obtuvo resultados espectaculares con el SMED al reducir los tiempos de cambio en un 54% lo cual generó ahorros de £ 60.000 para la empresa.

La empresa Alfa dedicada a la producción de espuma de poliuretano y poliéster para varios mercados, ubicada en el norte de Portugal, empleó la metodología SMED en las máquinas de corte de los rollos de espuma y se logró reducir el tiempo de preparación de 74 min a 40 min que representó una mejora del 65% y el coste unitario del producto total se redujo en un 13% Carrizo y Torres (2013, pág. 78).

5. CONCLUSIONES

Con la implementación de la metodología SMED la empresa podrá reducir los tiempos de preparación en el proceso de cambio de moldes de la maquina 2 en un 66,77% que equivalen aprox. A 439.623 unidades/año, lo cual generaría mayor capacidad de respuesta a la empresa y aumentar sus utilidades, y a su vez obtendría un ahorro de por lo menos \$ 3.041.000 al año teniendo en cuenta el salario del presente año; y sin olvidar que su costo de producción bajaría por lo menos \$ 1 por unidad, solo considerando que se está hablando de la máquina en que se aplicaría el proceso.

La empresa en estudio, cuenta con cinco máquinas de producción y maneja más de 10 referencias por lo cual es necesario realizar muchos cambios en las máquinas; de tal manera que la implementación de la metodología SMED en todas sus máquinas podría generar importantes aportes a la empresa como:

- Mayor flexibilidad sin necesidad de mantener grandes inventarios.
- Mayor capacidad de respuesta ya que la producción en pequeños lotes significa plazos de fabricación más cortos y por consiguiente menos tiempos de espera para los clientes.
- Reducir en los tiempos de alistamiento y preparación y tiempos de parada en las máquinas y los equipos

- Incremento en la tasa de productividad.

La técnica SMED es una metodología de fácil aplicación que se adapta a cualquier empresa; las empresas del sector alimenticio no serían la excepción para su aplicación, lo importante es combinarla con las demás técnicas de mejora continua de Lean Manufacturing para obtener mejores resultados y poder lograr que la empresa sea más competitiva en el mercado global.

Disponer de una ventaja a nivel de mejora de procesos y crecer competitivamente es algo que en la actualidad cualquier empresa apuesta; ya que bajar sus costos operativos es la lucha de cualquier empresa y más en mercado emergentes como el colombiano donde cualquier peso es la satisfacción de los directivos para futuros proyectos de inversión.

BIBLIOGRAFÍA

Arrieta Posada, J. G. (2007). Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento. *Tecnura*, 139-148.

Cakmakci, M., Karasu, M. K., & Cakiroglu, M. B. (2014). Improvement of changeover times via Taguchi empowered SMED / case study on injection molding production. *Measurement* (47); 741 - 748.

Cárdenas, I., & Hernández, J. (2008). Aplicación del SMED en una máquina empacadora de papel higiénico en la planta

de conversión de papel higiénico de Familia Sancela en Cajicá. Obtenido de <http://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/7002/125072.pdf?sequence=1>

Carrizo, A., & Torres, P. M. (2013). Implementation of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in Small to Medium-sized Enterprises: A Portuguese Case Study. *International journal of management*, 30 (1), 66 - 87.

Coimbra A., E. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute.

Cruelles, J. A. (2013). *Mejora de métodos y tiempos de fabricación*. Mexico: Grupo editor Alfa Omega.

Gisbert, V. (2015). Lean manufacturing. Qué es y qué no es, errores en su aplicación e interpretación más usuales. *3C Tecnología*, 13 (4), 42 - 52.

Goubergen, D. V., & Landeghem, H. V. (2002). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* Vol. 18, 205-214.

Hernández, J. C., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid, España. Obtenido de <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptos-tecnicas-e-implantacion>

I.M.A.R. S.r.l. (s.f.). Obtenido de <http://www.imaritaly.com/>
Lerma, J. R. (2014). Manual advanced thermoplastic processing by injection: scientific injection molding. Barcelona: 9Disseny.

Madariaga, F. (2013). Lean manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos. Bubok Publishing.

Melton, T. (2004). To lean or not to lean? (that is the question). *The chemical Engineer*, 34-37.

Niebel, B., & Freivalds, A. (2004). Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo (11 ed.). México: Alfaomega grupo editor.

Paredes Rodriguez, F. (2007). <http://www.lean-vision.com/>. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/SME D.pdf>

Rajadell Carreras, M., & Sanchez Garcia, J. (2011). Lean Manufacturing. La Evidencia de una Necesidad. 1 Ed. Madris: Diaz de Santos.

Rajadell, M., & Sanchez, J. L. (2010). Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad. Madrid - España: Ediciones Diaz de Santos.

Rodriguez Mendez, M., & Cárcel Carrasco, F. (2014). Methodology and considerations for setup operations in

production. *Tecnica Industrial*, 68-71.

Rodríguez, M. (2003). El proceso de cambio de útiles. La flexibilidad de una fábrica. Madrid: Fundacion Confemetal.

Rojas, L., & Cortéz, c. (2014). Aplicación de la metodología SMED para el cambio de bobina de semielaborado en una máquina rebobinadora de papel higiénico en la empresa Papeles Nacionales S.A. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5037/65854R741.pdf;jsessionid=7E79A195591B90CD284C980BDD2A9489?sequence=1>

Rowlands, C. (2006). Just a minute. *Works management*, 59 (11), 19 - 21.

Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of operations management*, 25 (4), 785 - 805.

Shingo, S. (1985). A revolution in manufacturing: The SMED system. Cambridge, Massachusetts and Norwalk, Connecticut: Productivity press.

Shingo, S. (1989). A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint. Cambridge, Massachusetts: Productivity press.

Singh, B., & Khanduja, D. (2009). SMED: for quick changeovers in foundry SMEs. *International journal of productivity and performance management*, 59 (1), 98 - 116.

Socconini, L. (2008). Lean manufacturing paso a paso: el

sistema de gestión empresarial japonés que revolucionó la manufactura y los servicios. Norma.

Varela, A., Ramírez, J., & Gómez, L. (2015). Lean production system model with Petri nets to support for decision making. *Ingeniare*, 23 (2), 182 - 195.

Velasco, J. (2013). Organización de la producción. Distribuciones en planta y mejora de los métodos y los tiempos. Piramide.

Vilana Arto, J. R. (2010). Fundamentos Lean Manufacturing. Obtenido de Escuela Organización Industrial: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:75259/componente75258.pdf

Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). Manual de Lean Manufacturing. Guía básica. México, D.F: Limusa.