

## Mejoramiento del OEE en la Línea de Producción siguiendo la Metodología Seis Sigma + Lean

GONZÁLEZ, Martín\*† y CUAUHTÉMOC, Lehi

*Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Avenida 25 Pte. #100, Colonia Reserva Territorial, 94106 Huatusco, Ver.*

Recibido 5 de Abril, 2015; Aceptado 24 de Junio, 2015

### Resumen

El uso de la metodología de Seis Sigma + Lean permitió obtener un OEE mínimo del 40% para finales de año.

Lean y Seis Sigma presentan una metodología robusta, organizada y sistemática para la mejora estratégica de la organización. Lean se concentrará en eliminar aquellas actividades que no agregan valor en la organización (eliminar los 8 desperdicios) y Seis sigma en reducir la variación en el proceso. Dicho de otra forma, Lean nos ayuda a mejorar el proceso y Seis Sigma a mantenerlo bajo control. Se siguió la metodología de Seis sigma, las técnicas Lean son complementarias en el enfoque DMAIC de seis sigma. La metodología Seis Sigma + Lean nos muestra su validez para afrontar los diferentes problemas en la línea de producción y mejorar su rendimiento de OEE a un 40%, la reducción del tiempo de cambio de formato en un 65.57%, reducción de merma en un 76.96% y un incremento en el tiempo de funcionamiento de 49.13%. La importancia del material es una de las principales causas de variación de los procesos, la importancia de eliminar el octavo desperdicio, uno para todos y todos para uno.

**OEE, Seis Sigma, Lean Manufacturing, DMAIC.**

### Abstract

Using the methodology of Six Sigma + Lean OEE allowed to obtain a minimum of 40% by the end of the year. Lean and Six Sigma has a strong, organized and systematic methodology for strategic improvement of the organization. Lean will focus on eliminating activities that do not add value in the organization (eliminate waste 8) and Six Sigma to reduce the variation in the process. In other words Lean helps us to improve the process and Six Sigma to keep it under control. Six sigma methodology followed, lean techniques are complementary in six sigma DMAIC approach. Six Sigma + Lean shows its validity to tackle the various problems in the production line and improve their performance OEE to 40%, reducing the changeover time on a 65.57% decrease on a reduction 76.96% and an increase in the operating time of 49.13%. The importance of the material is one of the main causes of the process variation, the importance of eliminating eighth waste, one for all and all for one.

**OEE, Six Sigma, Lean Manufacturing, DMAIC.**

**Citación:** GONZÁLEZ, Martín y CUAUHTÉMOC, Lehi. Mejoramiento del OEE en la Línea de Producción siguiendo la Metodología Seis Sigma + Lean. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2015, 2-3: 168-180

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: martinglez75@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Seis Sigma + Lean es la combinación de herramientas, técnicas y principios de Seis sigma (calidad) y Lean Manufacturing (velocidad). Lean se concentra en eliminar aquellas actividades que no agregan valor en la organización y Seis sigma en reducir la variación en el proceso, las cuales son llamadas desperdicios y ambas permiten reducir los defectos en cualquier proceso, de ese modo se mejora la calidad de los productos para los consumidores.

Seis sigma + Lean proporciona un enfoque riguroso y estructurado para ayudar a gestionar y mejorar el rendimiento. Ayuda a utilizar las herramientas correctas, en el lugar adecuado y de la manera correcta, no solo en la mejora, sino también en el control de las actividades diarias.

El presente trabajo muestra como Lean Seis Sigma logran un mejoramiento del OEE en la línea de producción en un 40% en la empresa Productos Químicos Naturales S. A. (PROQUINA), dicho estudio se llevó a cabo de Enero a Noviembre de 2014.

El 11 de Marzo de 1963 se funda Productos Químicos Naturales S.A. (PROQUINA) la cual se localiza en el Valle de Orizaba en la ciudad de Ixtaczoquitlan, Veracruz México. La ciudad está ubicada a 1200 metros sobre el nivel del mar.

En 2007, la compañía pasa a ser parte del grupo Bayer, donde pertenece al área de Bayer HealthCare, Product Supply. Bayer HealthCare sitio Orizaba, conservando el nombre de Productos Químicos Naturales S.A. de C.V.

La planta farmacéutica cuenta con un edificio de 2 pisos, con áreas de producción autorizadas de grageas, supositorios, cremas, óvulos.

Solución inyectable en ampolleta y solución inyectable en jeringas; así mismo tiene un área de acondicionamiento de producto y laboratorios de control de calidad. En el 2012 se cuenta con procesos de fabricación de más de 20 productos, los cuales son exportados a más de 20 países en el mundo.

La línea consta de un tanque Diésel (Reactor) para la fabricación de óvulos, una llenadora de óvulos y una encartonadora, en la cual, se puede trabajar en línea con la encartonadora o simplemente llenar y recolectar el producto para después ser encartonado. El proceso que se analizará inicia cuando se fabrica el producto en tanque DIESEL (reactor), una vez que se termina de fabricar se pasa a realizar las descargas hacia la llenadora y de ahí pasa a la encartonadora para su acondicionamiento. La línea presenta problemas en la llenadora y en la encartonadora como: espera de personal, materiales, mantenimiento; espera de máquina, herramientas, materia prima, capacitación, y merma excesiva. EL OEE de la línea es deficiente con un 23.51%, la meta de la empresa para finales del año es de mínimo 40%.

## Objetivos

Los objetivos del presente estudio son:

- Disminución de tiempo para cambios de lote y ajustes en 3 horas.
- Aumentar el tiempo de funcionamiento de la línea en 20%.
- Disminuir la cantidad de producto defectuoso y re trabajado.
- Reducir los restablecimientos de equipo del operador en un 50%.

- Eliminar las actividades que no agregan valor al proceso.

### Justificación de la investigación

Debido al aumento en la demanda para el siguiente año y a las metas de la empresa, será necesario tomar medidas pertinentes para lograr que la línea cuente con la capacidad de producción y calidad requerida.

### Alcances y limitaciones

El proceso que se analizará comprenderá desde el inicio del llenado y el encartonado. Debido a que la información de la empresa y los procesos son de carácter confidencial se usará letras para los productos, el proceso descrito será similar al que se utiliza en realidad y solo se muestra parte del proceso de la encartonadora.

### Hipótesis

El uso de la metodología de Seis Sigma + Lean permitirá obtener un OEE mínimo del 40% para finales de año. Ya que Lean se concentrará en eliminar aquellas actividades que no agregan valor en la organización y Seis sigma en reducir la variación en el proceso.

### Revisión de literatura

#### Lean Manufacturing

El termino Lean fue acuñado por el Massachusetts Institute of Tecnology para analizar a nivel mundial los métodos de manufactura de las empresas de la industria automotriz (Reyes Aguilar, 2002, pág.19). Actualmente se le denominó como Lean Manufacturing o sistema de producción Toyota, el cual es un grupo de métodos que es utilizado desde la década de los años setenta con la participación de Shigeo Shingo y Taiichi Ohno.

Con el propósito de minimizar el uso de recursos a través de la empresa con la finalidad de lograr la satisfacción del cliente, reflejado en entregas oportunas la diversidad de productos solicitada y con tendencia a los cero defectos. Es una metodología para mejorar la eficiencia de procesos y productividad; consiste en el conjunto de técnicas que cuando se combinan permiten reducir y luego eliminarlas actividades que no agregan valor en búsqueda de las necesidades del cliente y al mismo tiempo liberando una gran cantidad de recursos.

“Este sistema no solo hará que la empresa sea más ágil, sino también más flexible y adecuada mediante la reducción de desperdicios” (Wilson, 2010).

Lean Manufacturing fue reconocido internacionalmente por la obra “La máquina que cambio el mundo” James Womack y Dan Jones (1990).

Según Taiichi Ohno (1970), el objetivo es “la eliminación absoluta de los residuos”, donde los residuos o mudas son los que impiden el flujo de valor agregado al producto iniciando desde las materias primas hasta el producto terminado. Los clientes de una empresa son los jueces finales en cuanto a si o no la firma ha creado un valor. El enfoque de Lean lleva a sus practicantes a mejorar sus organizaciones, centrándose en la eliminación de cualquier y/o todos los desperdicios.

En la actualidad la metodología de Lean se ha empleado tanto en el sector de la industria aeroespacial, automotriz, farmacéuticas, de servicio, etc.

#### Los siete tipos de desperdicios

Taiichi Ohno (1970), Padre del Sistema de producción Toyota, define los desperdicios de una forma en la que a nadie se le había ocurrido.

Clasifica los desperdicios en siete tipos, a estos también se les conoce como TIMWOOD por sus nombres en inglés: Transport, Inventory, Motion, Waiting, Overproduction, Overprocessing y Defects (Christian Staudter, 2009).

Los siete tipos de desperdicios:

- Sobreproducción.
- Demoras.
- Transportes.
- Sobre procesos.
- Inventarios.
- Movimientos.
- Productos defectuosos.

### Seis Sigma

Sigma,  $\sigma$ , es una letra del alfabeto griego utilizada en estadística para medir la variación existente en un conjunto de datos (desviación estándar).

Seis Sigma es una estrategia de gestión empresarial desarrollada originalmente por Motorola, EE.UU. en 1986. Seis Sigma busca mejorar la calidad del proceso mediante la identificación y eliminación de las causas de defectos, trabaja para minimizar la variabilidad en la fabricación y los procesos.

Es una meticulosa metodología que apunta a la generación de casi perfectos procesos de producción buscando como resultado no más de 3.4 defectos por cada millón de oportunidades.

Para esto hay que identificar las necesidades del cliente, en términos de seis sigma CTQ's (del inglés Critical to Quality) o críticos para la calidad y lo siguiente, encontrar los números de defectos o fallas con relación a estas características y este es expresado en términos de defectos por millón de oportunidades (DPMO).

El nivel de sigma indica que tan seguido pueden aparecer los defectos. A medida que se incrementa el número de sigmas, los costos se reducen. Al reducir los reprocesos y retrabajos, se acortan los tiempos de ciclo de producción y con esto la satisfacción del cliente aumenta. Con Seis sigma el índice de medición común es "defectos por unidad", en donde unidad puede ser un producto, un servicio, un material, etc.

### Seis sigma + Lean

Seis Sigma + Lean es la combinación de herramientas, técnicas y principios de Seis sigma (calidad) y Lean Manufacturing (velocidad). Lean se concentra en eliminar aquellas actividades que no agregan valor en la organización y Seis sigma en reducir la variación en el proceso, las cuales son llamadas desperdicios y ambas permiten reducir los defectos en cualquier proceso, de ese modo se mejora la calidad de los productos para los consumidores.

Seis Sigma + Lean proporciona un enfoque riguroso y estructurado para ayudar a gestionar y mejorar el rendimiento. Ayuda a utilizar las herramientas correctas, en el lugar adecuado y de la manera correcta, no solo en la mejora, sino también en el control de las actividades diarias.

Se seguirá la metodología de Seis sigma para el siguiente trabajo, las técnicas Lean son complementarias en el enfoque DMAIC de seis sigma.

**Champions.-** Son directivos de alto nivel que trabajan con los black belt dándoles soporte y recursos para la ejecución de los proyectos seleccionados.

**Master black belt.-** El master black belt fue un black belt pero por el resultado de sus proyectos enseña, revisa y lidera proyectos difíciles y sirve como maestro de los demás black belt.

**Black belt.-** Es un experto en las herramientas de seis sigma, guía a los equipos en los proyectos y capacita a otros. Por lo general trabaja de tiempo completo en los proyectos y capacitación al personal.

**Green belt.-** Son empleados que no se dedican a tiempos completos en las actividades de seis sigma, conocen la metodología y las herramientas a un nivel de aplicación en proyectos a los cuales son invitados, pueden dirigir pequeños proyectos y proporcionar apoyo cuando son invitados.

## OEE

La Efectividad Total de los equipos u OEE (por sus siglas en inglés Overall Equipment Effectiveness) es un indicador para conocer la capacidad real que cuenta la empresa para producir. Es un métrico a partir la multiplicación de tres razones: Disponibilidad, Eficiencia y Calidad. “Se dice que engloba todos los parámetros fundamentales, porque del análisis de las tres razones que forman el OEE, es posible saber si lo que falta hasta el 100% se ha perdido por disponibilidad (la maquinaria estuvo cierto tiempo parada), eficiencia (la maquinaria estuvo funcionando menos de su capacidad total) o calidad (se han producido unidades defectuosas)”. (Fundación Wikimedia, Inc., 2014).

## Metodología

Se seguirá la metodología de Seis sigma para el siguiente trabajo, las técnicas Lean son complementarias en el enfoque DMAIC de seis sigma. Para mejorar la Efectividad Total de los equipos u OEE (por sus siglas en inglés Overall Equipment Effectiveness) el cual es un indicador para conocer la capacidad real que cuenta la empresa para producir. Es un métrico a partir la multiplicación de tres razones: Disponibilidad, Eficiencia y Calidad.

El DMAIC (por sus siglas en inglés: Define, Measure, Analyze, Improve, Control) de los pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Es representado por cinco fases secuenciales bajo la consideración de eliminar cualquier defecto en el proceso y este deberá ser estable y con límites de control.

## Definir

En la etapa inicial del proyecto se presenta la definición, en la cual se describe el objetivo, la justificación, el alcance, los recursos, el equipo asignado y un programa preliminar del proyecto. Lean Seis sigma usa cartas proyecto para presentar esta información y también en esta etapa se definen los CTQ's.

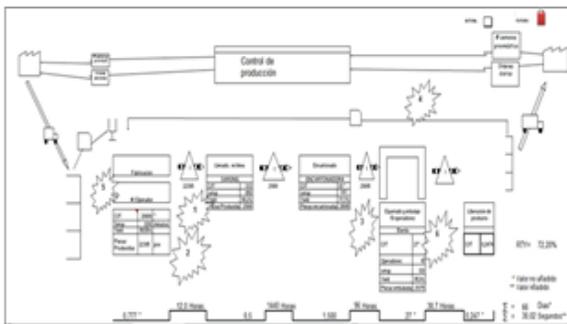
Como factores críticos de calidad se tienen los siguientes:

- Entregas a tiempo.
- Dosis adecuada.
- Sin perforación en el alveolo.
- Datos fijos en envase primario
- Centrado de datos variables en envase primario.

- Centrado de taka en envase primario.
- Presencia de producto en envase primario.
- Corte de tira adecuada.

## Medir

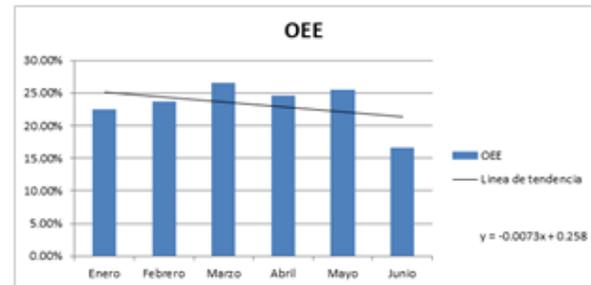
El objetivo de esta etapa es entender el estado actual del proceso y recolectar datos confiables de este. Mediante técnicas de recolección de datos como Diagrama de flujo de proceso, mapa de proceso y la creación de VSM actual. Mediante el análisis de diagramas de flujo, se identificaron dos familias de producto, a partir de ello se elaboró el VSM actual, debido al carácter confidencial de la empresa, solo se muestra parte del mismo, que corresponde al producto A.



**Figura 1** VSM actual del producto A.

La presentación del producto A requiere producto en envase primario, instructivo, guante y envase secundario. El VSM muestra periodos largos entre el llenado y el encartonado. Se encontraron que algunos lotes fueron llenados y recolectados debido a que el guante no paso el control de calidad, pero aun así se autorizó su fabricación, hay que tener en cuenta que a partir de su fecha de fabricación se tiene 2 años para su vencimiento.

A partir de lo anterior, se dio a la tarea de evaluar el comportamiento del OEE, se evaluó los meses de Enero a Junio de 2014, como podemos observar en la siguiente gráfica, la línea de tendencia muestra un decremento del OEE.



**Figura 2** Desempeño del OEE.

## Analizar

Es el propósito de evaluar la capacidad y estabilidad del proceso para producir dentro de las especificaciones. Es identificar las fuentes de variación del proceso, analizando los datos de OEE mediante el uso de técnicas de análisis de datos y de procesos. En esta etapa se analizan los desperdicios. Taiichi Ohno (1970), Padre del Sistema de producción Toyota, define los desperdicios de una forma en la que a nadie se le había ocurrido. Clasifica los desperdicios en siete tipos, a estos también se les conoce como TIMWOOD por sus nombres en inglés: Transport, Inventory, Motion, Waiting, Overproduction, Overprocessing y Defects. Hay una categoría adicional de desperdicios, se podría decir es un octavo desperdicio, Thomas Pyzdek y Paul A. Keller (2010), en su libro *The Six Sigma Handbook*, lo mencionan como: Diseño de bienes y servicios que no conocen las necesidades del cliente, diseño defectuoso lo nombra Industrial Technology Centre, Bill Carreira (2004), en su libro *Lean manufacturing That Works*, menciona el trabajo como una categoría más, que un desperdicio y por último Jeffrey K. Liker y David Meier (2006).

En su libro The Toyota Way Fieldbook, lo mencionan como: creatividad del empleado sin uso, y se refieren a que se pierde tiempo, ideas, habilidades, mejoras y oportunidades de aprendizaje por no contratar o escuchar a sus empleados.

Dentro de esta etapa se identifica que el área de mejora se encuentra en la encartonadora, para ello se realiza un diagrama de Pareto con el fin de analizar los factores que afectan el nivel del OEE.

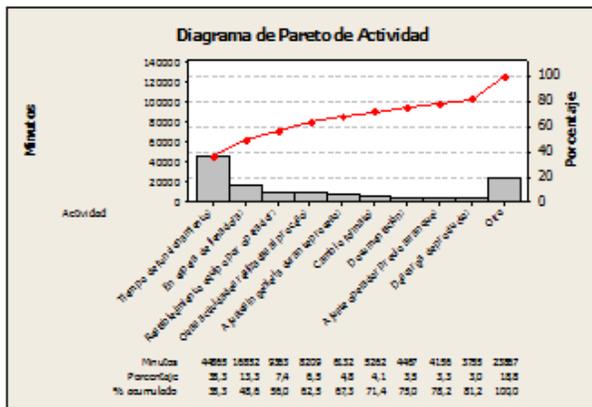


Figura 3 Diagrama de Pareto de encartonadora.

De la figura 3, podemos observar que del tiempo total solo 9 de las 28 actividades representan el 80 % del tiempo las cuales son: tiempo de funcionamiento, en espera de llenadora, restablecimiento de equipo por operador, otras actividades realizadas al proceso, ajuste de ingeniería durante el proceso, cambio de formato, documentación, ajuste operador previo arranque y descarga de producto.

Por otra parte, la empresa desea tener como mínimo un tiempo de funcionamiento por turno de 300 minutos y como máximo uno de 500 los cuales tomaremos como límites; se realizará una prueba de capacidad de proceso para conocer si el tiempo de funcionamiento esta entre estos límites.

Variable	Turno	Conteo				Media	Dev. Est.	Varianza
		total	N	M*				
Tiempo de funcionamiento	1	105	91	14	172,2	119,4	14256,5	
	2	118	100	18	175,3	114,5	13110,1	
	3	15	15	0	145,5	80,8	7887,7	

Variable	Turno	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo	Rango	N para	
							Modo	moda
Tiempo de funcionamiento	1	69,34	3,0	144,0	525,0	522,0		
	2	66,06	3,0	149,0	514,0	505,0		
	3	61,05	21,0	138,0	306,0	285,0		

Variable	Turno	N para	
		Modo	moda
Tiempo de funcionamiento	1	10	3
	2	24; 51; 53; 60	2
	3	*	0

Figura 4 Estadística descriptiva de tiempos de funcionamiento.

La estadística descriptiva muestra tiempos de funcionamiento de 3, 9 y 21 como mínimo y máximos de 525, 514 y 306, es importante observar que las desviaciones estándar presentan valores grandes.

Después de realizar las pruebas de bondad de ajuste, para identificar el tipo de distribución de probabilidad a la que se ajustan los datos, se elige la distribución de Weibull para realizar el análisis de capacidad de proceso.

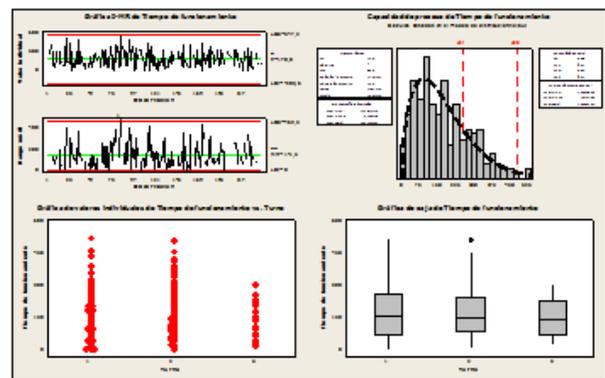


Figura 5 Análisis de capacidad del proceso actual.

La distribución de Weibull se ajusta a los datos, la mayoría de los turnos presenta valores de tiempo de funcionamiento pequeños, será necesario incrementar el tiempo de funcionamiento; se necesitará reducir los paros por fallas, ajustes, restablecimientos, etc. El proceso no está bajo control.

Para el análisis de los CTQ's, se utilizará el diagrama de Pareto, de esta manera llegar a conocer cuales CTQ's son los que tienen la mayor frecuencia, es importante mencionar solo es para analizar el comportamiento de esto, el FMEA es la herramienta principal que se utilizara para buscar la mejora.

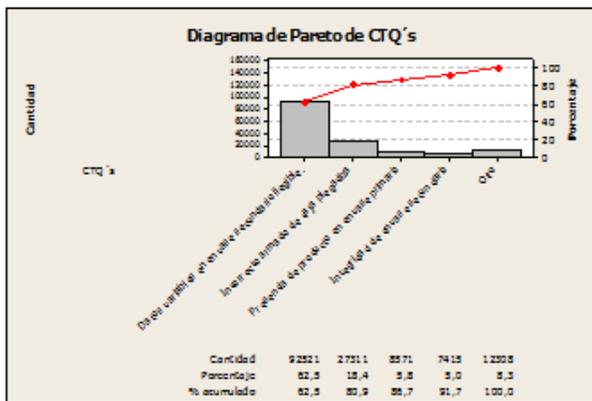


Figura 6 Diagrama de Pareto de CTQ's.

De los 18 CTQ's, solo 2 representan el 80.89% de la cantidad, cabe mencionar que las 8,571 piezas de presencia de producto en envase primario fue un lote que se retrabajo al 100%, debido a falla del sensor de presencia de producto.

A partir del análisis de los CTQ's y del análisis FMA, llegamos a la elaboración del VSM futuro del producto A:

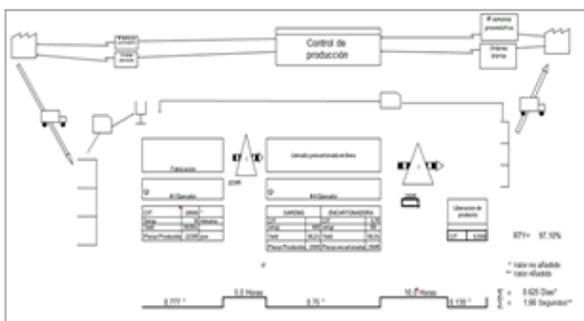


Figura 7 VSM futuro del producto A.

En el VSM del estado futuro nos muestra un proceso eficiente en comparación del actual, se busca que el proceso sea en línea al 100%, el producto no se fabricaría hasta que todo el material para su acondicionamiento cumpla con los estándares establecidos, se eliminaría el sello de garantía que se le tiene que poner al producto en envase secundario, en su lugar el cierre de caja plegadiza sería pegamento en las solapas del envase secundario por medio de sellos Hot Melt y la caja plegadiza la respectiva leyenda que avale la garantía. Se aplicara el FMEA para mejorar el tiempo de funcionamiento, la calidad y la reducción de paros y restablecimientos, y con SMED lograr cambios rápidos de lote. Y con estos cambios lograr reducir el valor no añadido.

**Mejorar**

Es implementar los cambios necesarios para mejorar el proceso. Por medio de eventos Kaizen en nuestro VSM actual y creando VSM Futuro.

SMED. "Cambio de herramientas en un solo dígito de minuto", en menos de 10 minutos. Es el tiempo entre la última pieza producida buena del lote anterior y la primera pieza buena del lote siguiente.

AMEF (Análisis del modo y efecto de fallas) Fue desarrollado por los ingenieros de la National Aeronautics and Space Administration (NASA); se conocía como el procedimiento militar MIL-P-1629, titulado "Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de Criticabilidad", se empleaba para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas en el éxito de una misión y en la seguridad del personal o de los equipos.

Su objetivo es detectar cualquier posible falla en producto o procesos y evaluar sus efectos, causas y elementos de detección para evitar su ocurrencia y de esta manera tener un método documentado de prevención.

En la tabla 1, se presentan los eventos Kaizen así como sus respectivos responsables y algunas observaciones:

Propuesta/tarjeta No.	Evento Kaizen	Responsable	Observaciones
01	Aplicar FMEA	A. Méndez	Línea
02	Aplicar SMED	A. Méndez	Llenadora
03	Aplicar SMED	Cuauhtémoc	Encartonadora
04	Tablero de información	Cuauhtémoc	Línea
05	Segundo Tanque para producción	R. Lezama	Fabricación
06	Nueva encartonadora	R. Lezama	Encartonado

Tabla 1 Eventos Kaizen a implementar.

Con la implementación de las herramientas anteriores, se obtendrá un ahorro del 82 % del tiempo en la preparación de los lotes de diferentes productos y un 91% en la preparación de un mismo lote. También se deberá intercalar el producto de Farmores II y Sarong.

	Actual	Propuesto	Ahorro	%
Cambio de Lote de un producto A hacia producto B.	413	109	304	82%
Cambio de lote del mismo producto.	290	25	265	91%

Tabla 2 Resultados esperados.

**Controlar**

Es estandarizar los nuevos métodos y verificar que las mejoras se mantengan. Se diseñó un plan de control para consolidar todas nuestras actividades de control.

Como son: procedimientos escritos conocidos como SOP's, hojas de verificación, CTQ's, métodos de control de procesos y tableros de tareas. El tablero de tareas para supervisores que permitirá mejorar el flujo de trabajo y alcanzar un ritmo sostenible libre de estrés.

Las columnas del tablero corresponden a los estados del flujo de tareas y pueden ser específica para un proceso puntual o bien adoptar una forma genérica de tres columnas la primera destinada a pendientes, la segunda destinada para aquellas tareas que están en proceso y la tercera destinada a las tareas terminadas.

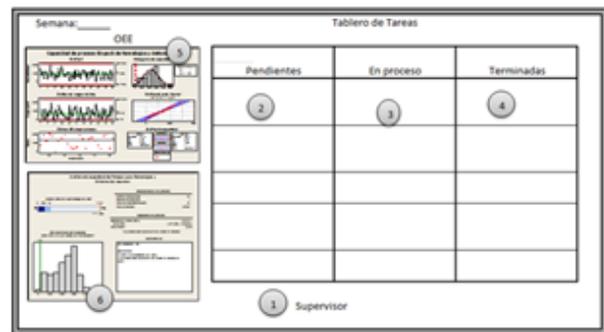


Figura 8 Tablero de tareas.

**Resultados**

Para validar la mejora en el nivel del OEE, en primer lugar se vuelve a realizar un análisis de capacidad de procesos de Sixpack, como se presenta en figura 9:

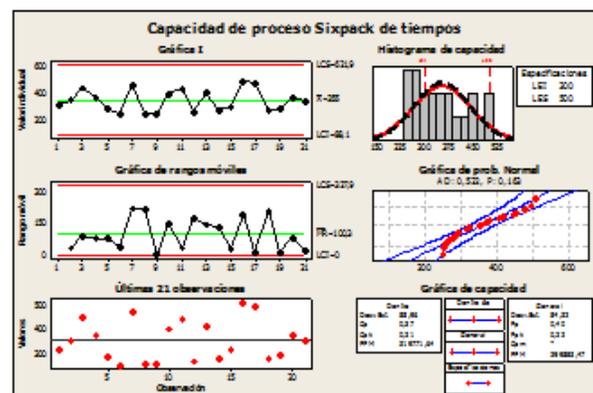


Figura 9 Capacidad de proceso de Sixpack de tiempo de funcionamiento mejora.

Se observan mejoras al comparar la figura 9 con respecto a la figura 5, si bien todavía no está en control si presenta mejoras. Es importante mencionar que antes de la mejora nuestros datos seguían una distribución no normal (No paramétrica) y después de la mejora presenta datos normales.

A continuación podemos ver los resultados obtenidos, comparando el antes y después de la implementación de los eventos kaizen:

Equipo		Antes	Después
1	N	91	13
	Media	172,2	350,5
	Desv. Est.	119,4	82,3
	Mediana	164	358
	Mínimo	3	250
	Máximo	525	475
	Rango	522	225
2	N	100	8
	Media	173,3	362,30
	Desv. Est.	114,5	92,80
	Mediana	149	333,00
	Mínimo	9	279,00
	Máximo	514	509,00
	Rango	505	230

**Tabla 3** Comparación de Estadística descriptiva antes y después de la mejora para tiempo de funcionamiento.

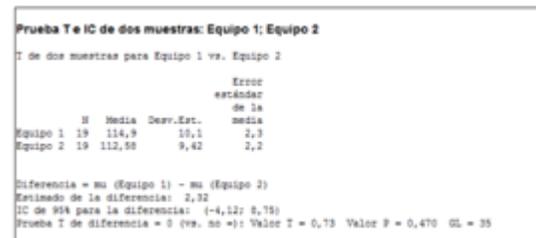
La tabla 4, nos presenta los resultados obtenidos, derivados de la implementación del cambio de formato:

Equipo		Antes	Después	Diferencia	Porcentaje
1	Media	409	114,9	294,1	71,91%
	Desv. Est.	171	10,1		
2	Media	327	112,58	214,42	65,57%
	Desv. Est.	112	9,42		

**Tabla 4** Comparativo antes y después de la mejora para cambio de formato.

Como se puede observar en el comparativo hubo una disminución en la mejora del cambio de formato, el equipo dos es el que realiza el cambio de formato de una manera más rápida y también es el que muestra una desviación estándar menor entre los dos grupos. El proceso de cambio de formato está controlado.

Se realizó una prueba de Hipótesis de T de 2 muestras para determinar si el método de cambio de formato es diferente entre los equipos.



**Figura 10** Prueba de hipótesis t de 2 muestras para Cambio de formato.

El p valor no proporciona evidencias de que haya diferencia en el método de cambio de formato cuando lo realiza el quipo 1 versus equipo 2.

**CTQ's**

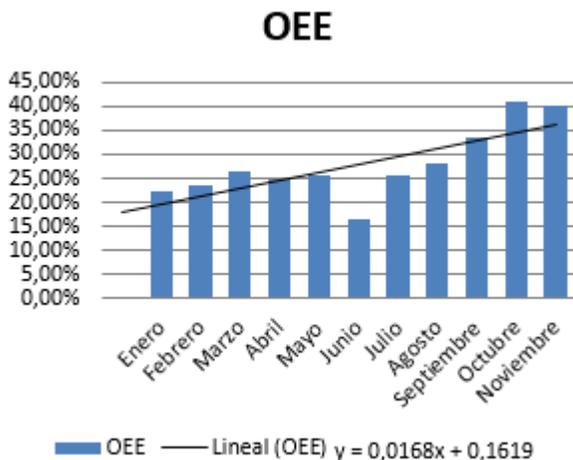
Se logró una mejora con respecto al anterior, los defectos y retrabajos antes mostraba una media de 1,357.6 y ahora 312.7. Si bien se logró una mejora es necesario volver a analizar las causas y lograr que el proceso cumpla con los objetivos de la empresa.

Reducción de defectos						
	N	Media	Desv. Est.	Mediana	Mínimo	Máximo
Antes	81	1357,62	623,377	1462	22	2895
Después	68	312,728	112,847	327	130	499

**Tabla 5** Estadísticas descriptivas de la reducción de defectos.

**OEE**

En la Figura 11, se muestra los resultados obtenidos hasta el mes de Noviembre en ella se observa como se ha presentado el comportamiento del OEE a partir de que se inició el proyecto y se empezó a controlar el proceso, la línea de tendencia muestra que de seguir aplicando el plan de control se podrán obtener rendimientos y procesos eficientes. El nivel de sigma mejoró a un nivel de 3.47.



**Figura 11** Resultados de OEE Hasta el mes de Noviembre

**Conclusiones**

En esta investigación se ha presentado como la metodología Seis Sigma + Lean nos muestra un método de solución de problemas organizado y sistemático para la mejora estratégica del sistema.

Se logró disminuir el tiempo para el cambio de lote de 327 a 112.58 con una reducción de 214 minutos porcentaje que significa un ahorro del 65.57%, en horas equivalente a una hora con cincuenta y tres minutos.

La cantidad de defecto de la misma forma se redujo de una media 1357.62 a una media de 312.728 con una desviación estándar de 623.377 a 112.847 se logró una reducción de 76.96 % de producto reprocesado.

El tiempo de funcionamiento de la encartonadora aumentó del equipo uno de 172.2 a 350.5 lo que significa un incremento del 49.13% con respecto a su media. El quipo 2 muestra mejoras de 173.3 a 362.3 con un aumento del 44.74% con respecto a su media. Esto se debe a que cuando el tanque esta en limpieza y fabricación, en la Cart 5 I se pasó producto de la Farmores II, y esto nos llevó a mejorar el rendimiento.

Los materiales es lo más importante si se desea ajustar la empresa ya que de ellos depende que los cambios de formato se realicen de manera rápida, así como la variación de éstos puede afectar el proceso. Los proveedores tienen que adaptarse a requisitos solicitados no la empresa a la variación en su material.

Solo liberar ordenes de lotes que cuenten con todo el material necesario para su fabricación y acondicionamiento.

Uno para todos y todos para uno. Cada vez que se cambia de producto se debe cambiar de formato lo cual implica una mayor cantidad de tiempo invertido, por eso es necesario utilizar la menor diferencia de las cajas plegadizas (formato). Es decir, lograr que un mismo tipo de formato se utilice para varias presentaciones. Así como la misma calidad entre los diferentes proveedores.

Llenadora. Es necesario lograr que el OEE se incremente, se requiere mayor seguimiento al FMEA para lograr una menor cantidad de paros por ajustes. Así como la elaboración de SOP's sobre las principales causas de paro y como solucionarlas. Si no se realizan los ajustes necesarios en la llenadora cabe la posibilidad de que se tenga producto en el primer tanque, en la llenadora y producto en el segundo tanque; lo cual generaría varias desviaciones y no conformidades y se tendrían problemas graves de rendimiento.

## Referencias

- Bass, Issa. (2007). Six Sigma Statistics with Excel and Minitab. New York. McGraw-Hill.
- Bass, Issa y Lawton Ph.D., Barbara. (2009). Lean Six Sigma Using SigmaXL and Minitab. New York. McGraw-Hill.
- Bayer HealthCare Sitio Orizaba Proquina. (2013). Hormonas Esteroidales. Orizaba.
- Cabrera Oettinghaus, Ricardo. (2001). La mecánica de un alto en pits - NASCAR. 05 de Marzo de 2014, de Mecánica Popular Sitio web: <http://www.mimecanicapopular.com/verautos.php?n=759>
- Carreira, Bill. (2005). Lean Manufacturing That Works: Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits. New York. American Management Association.
- Dailey, Kenneth W. (2003). The Lean Manufacturing Pocket Handbook. DW publishing Co.
- EL-HAIK, BASEM y AL-AOMAR, RAID. (2006). Simulation-based lean six-sigma and design for six-sigma. New Jersey. John Wiley & Sons, Inc.
- Feld, William M. (2001). Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them. Washington, D.C. The St. Lucie Press/APICS Series on Resource Management.
- Fundación Wikimedia, Inc. (2014). Lean manufacturing. 11 de Mayo de 2014, de Fundación Wikimedia, Inc. Sitio web: [http://es.wikipedia.org/wiki/Lean\\_manufacturing](http://es.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing)
- Industrial Technology Centre. (2004). Principles of Lean Thinking: Tools & Techniques for Advanced Manufacturing. 09 de Abril de 2014, de Industrial Technology Centre. Sitio web: <http://www.itc.mb.ca/files/library/PrinciplesofLeanThinkingRevD2004.pdf>
- Liker, Jeffrey K. y Meier, David. (2006). The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide For Implementing Toyota's 4P's. New York. The McGraw-Hill.
- M. Khan, Rehman. (2013). Problem Solving and Data Analysis using Minitab: A clear and easy guide to Six Sigma methodology. Loughborough, UK. John Wiley & Sons, Inc.
- McCarty, Thomas; Bremer, Michael; Daniels, Lorraine y Gupta, Praveen. (2004). The Six Sigma Black Belt Handbook. New York. The McGraw-Hill.
- Minitab Inc. (2010). Ayuda Minitab.

Niebel, Benjamin W., y Andris Freivalds. (2009). Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Mexico. McGraw-Hill

Pyzdek, Thomas, y Paul Keller. (2010). The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels. New York. The McGraw-Hill.

Reyes Aguilar, Primitivo. (2002). Manufactura delgada (Lean) y seis sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. Abril-junio de 2002, Revista UNAM. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rca/article/viewFile/4540/4072>

Secretaria de Salud. (2013) NOM-059-SSA1-2013. Buenas prácticas de fabricación de medicamentos. 22 de Julio de 2013.

Staudter, Christian; Mollenhauer, Jens-Peter; Meran, Renata; Roenpage, Olin; von Hugo, Clemens y Hamalides, Alexis. (2009). Design for Six Sigma + Lean Toolset: Implementing Innovations Successfully. Frankfurt: Stephan Lunau.

Socconini, Luis. (2008). Lean Manufacturing paso a paso. Norma.

Theodore T. Allen, PhD. (2006). Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma. Germany. Springer.

Wilson, Loonie. (2010). How to implement Lean Manufacturing. New York. McGraw-Hill.

Womack, James P., y Daniel T. Jones. (2003). Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation New York. Free Press.

Yang, Kai, y Basem S. El-Haik. (2009). Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development. New York. McGraw-Hill.