

## **Mejoras de Proceso en una Línea de Producción**

Ángel G. Torres Rodríguez  
Maestría en Ingeniería en Ingeniería de Manufactura  
Mentor: Carlos González, Ph.D.  
Departamento de Ingeniería Industrial y Sistemas  
Universidad Politécnica de Puerto Rico

---

**Resumen** — *El siguiente proyecto se llevó a cabo mediante la implementación de la metodología DMAIC en conjunto a la de 6S, buscando como resultado aumentar la eficiencia en una línea de producción. Este proyecto forma parte de la estrategia de mejora continua en la compañía, que busca la reducción de desperdicios, tiempo de manufactura, inventario, costos, etc. Como parte del proyecto y de la implementación de la metodología DMAIC fue necesario definir los aspectos básicos del proceso que se buscan mejorar luego medir, registrar y recolectar información del estatus actual del proceso de manufactura. Posteriormente, se analizaron los resultados mediante la herramienta TIMWOOD para identificar los desperdicios y el diagrama de espagueti y graficas. Finalmente se llevó a cabo la implementación de las recomendaciones estratégicas de mejora de procesos y los métodos de control y monitoreo para los cambios realizados.*

**Palabras Claves** – *Costos, Desperdicios, DMAIC, Eficiencia, Implementación, Inventario, Manufactura, Organización, TIMWOOD.*

### **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad las industrias se encuentran constantemente buscando alternativas para cada día mejorar sus procesos. Las diferentes corporaciones necesitan transformarse constantemente buscando soluciones para utilizar sus recursos disponibles de una forma más eficiente. Asegurando así poder mantenerse en el negocio en un mundo que día a día se vuelve más competitivo. Es por esto que muchas empresas como parte de su estrategia de negocios tienen programas o un departamento de implementación de mejoramiento continuo. Este departamento tiene como objetivo desarrollar y

ejecutar diferentes proyectos para la reducción de desperdicios, tiempo de manufactura, inventario y costos mejorando así la eficiencia en los diferentes procesos, pero manteniendo siempre los más altos estándares de la calidad y la seguridad. Stryker, es una de las principales compañías de tecnología médica del mundo. Actualmente una de sus plantas de manufactura se encuentra localizada en Arroyo Puerto Rico desde el año 1988. Al igual que muchas otras empresas Stryker cuenta con un departamento de mejoramiento continuo. El objetivo de este departamento es buscar e identificar constantemente áreas de oportunidad dentro de los de los diferentes procesos que se llevan a cabo para así hacerlos más eficientes y efectivos, de esta forma reducir los costos de producción brindándole a la empresa una ventaja competitiva.

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

Hoy en día, la eficacia y la competitividad son trascendentales para el éxito de cualquier empresa, por ello aplicar la filosofía de manufactura Lean se convierte en la clave que nos permite gestionar de forma exitosa los retos relacionados con los costos, calidad y tiempos de entregas, en conjunto con una serie de principios, métodos y herramientas integrales [1]. La manufactura Lean es un conjunto de herramientas que nos ayuda a eliminar o minimizar todas las operaciones que no agregan valor al producto, servicio y/o procesos [2]. Además, Lean es una filosofía de liderazgo, trabajo en equipo y resolución de problemas, que lleva hacia la mejora continua a toda la organización mediante el enfoque en las necesidades de los clientes y la mejora de procesos [1].

La manufactura Lean nació en Japón y fue concebida por los grandes gurus del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming,

Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda entre algunos. El principal objetivo de esta filosofía de mejora continua es permitirles a las compañías reducir sus costos, mejorar sus procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción del cliente [1]. Algunas de las herramientas que forman parte de la manufactura Lean lo son: 6S, justo a tiempo (JIT), kaizen, poka yoke, Kanban, celdas de manufactura, entre otras.

En todos los procesos y en todas las áreas existen desperdicios que forman parte de éstos. Los desperdicios son todas aquellas actividades que forman parte del proceso pero que no cambian la forma o la funcionalidad del producto para que este cumpla con las especificaciones requeridas por el cliente. En otras palabras, los desperdicios son todo aquello que no agrega valor al producto y por lo que el cliente no está dispuesto pagar, pero si aumenta el tiempo y los costos de producción. La filosofía de manufactura Lean clasifica los desperdicios de producción en las siguientes 7 categorías las cuales podemos recordar mediante su acrónimo en inglés TIMWOOD.

<b>T</b>	Transporte ( <i>Transport</i> )
<b>I</b>	Inventario ( <i>Inventory</i> )
<b>M</b>	Movimiento ( <i>Motion</i> )
<b>W</b>	Esperas ( <i>Waiting</i> )
<b>O</b>	Sobre-Proceso ( <i>Over-processing</i> )
<b>O</b>	Sobre-Producción ( <i>Over-production</i> )
<b>D</b>	Defectos ( <i>Defects</i> )

**Figura 1**  
Los Principales Tipos de Desperdicios o Muda

- **Transportación:** El transporte es el traslado de materiales de un lugar a otro (entre estaciones de trabajo, áreas de producción, bodegas, etc.), se trata de un residuo ya que añade cero valor al producto.
- **Inventario:** El inventario es exceso de materia prima para elaborar un producto. Aquí se debe

jugar con los costes y comprar justo lo necesario. El inventario tiene que ser almacenado, necesita espacio, necesita embalaje y tiene que ser transportado. Tiene la posibilidad de sufrir daños durante el transporte y puede quedar obsoleto.

- **Movimiento:** Se refiere a movimiento excesivo del producto dentro de la fábrica, son aquellos movimientos del hombre o de la máquina que no son tan pequeños o tan fáciles de lograr como sea posible.
- **Espera:** La espera es el tiempo esperando una respuesta de otro departamento de la organización, o esperando una entrega de un proveedor o un ingeniero para venir a reparar una máquina. Estas esperas se producen mayormente a casusa de cambios de herramienta, preparación de equipos, ajustes, procesos, etc.
- **Sobre procesamiento:** El desperdicio de sobre procesamiento es donde utilizamos técnicas inapropiadas, equipos de gran tamaño, trabajando a tolerancias que son demasiado ajustadas, realizamos procesos que no son requeridos por el cliente.
- **Sobre producción:** La sobre producción se refiere a producir lo que el cliente no quiere ahora. el desperdicio de la sobreproducción es hacer demasiado o demasiado pronto. Esto se debe generalmente a trabajar con lotes de gran tamaño, largos plazos de entrega, malas relaciones con los proveedores y muchas otras razones. La sobreproducción conduce a altos niveles de inventario que enmascaran muchos de los problemas dentro de su organización.
- **Defectos:** Esto es lo que se llama en la industria un “Scrap”. Los errores de calidad que causan defectos invariablemente le cuestan mucho más de lo que espera. Cada artículo defectuoso requiere ser reelaborado o reemplazado, desperdicia recursos y materiales, crea papeleo, puede ocasionar la pérdida de clientes.

Otra herramienta de mucha utilidad como se menciona anteriormente lo es la metodología de 6S. Las actividades de ordenar, limpiar y organizar son actividades que son fundamentales para poder identificar los problemas o procesos que se quieren mejorar. Las 6S es una filosofía de trabajo que permite desarrollar un comportamiento sistemático para mantener continuamente el orden y la limpieza, lo que permite de forma inmediata una mayor productividad, mejorar la seguridad, el clima laboral, la motivación del personal, la calidad, la eficiencia y en consecuencia la competitividad de la organización [3]. Es una metodología / filosofía para organizar el trabajo de una manera que minimice el desperdicio, además, se estandariza lo que se hace con los operarios, personal técnico, administrativo y directivos y se promueve la disciplina y nuevos métodos de trabajo [4]. La metodología originalmente fue desarrollada por Sakichi Toyoda y Taiichi Ohno. Ésta se denominaba 5S y esto se debe a que está basada en las iniciales de las palabras japonesas Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuk, que significan clasificación, organizar, limpieza, estandarización y autodisciplina. Posteriormente se incorporó el elemento de la seguridad en la metodología y de ahí su nombre de 6S.



Figura 2  
Elementos de la Metodología 6S

- **Sieri (Clasificar):** Consiste en identificar, separar y eliminar todas aquellas cosas que resultan innecesarias en nuestro trabajo diario, durante esta primera fase examinamos con detenimiento todos los materiales, herramientas y equipos que rodean al puesto de trabajo y definimos la necesidad o no de los mismos.
- **Seiton (Organizar):** Una vez los puestos de trabajo quedan libres de objetos inútiles es momento de clasificar aquellos que han considerado útiles de manera que puedan ser encontrados rápidamente con el consiguiente descenso de pérdida de tiempo que conlleva la búsqueda de herramientas para realizar el trabajo. Utilizaremos la frase: “un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar”. Se reduce la sensación de desorden, obteniendo un puesto de trabajo amigable y con todos los materiales, herramientas y equipos siempre a mano.
- **Seiso (Limpiar):** Su objetivo es detectar fuentes de suciedad y eliminarlos, consiguiendo puestos de trabajo realmente limpios, hecho que ayuda a mejorar la autoestima de los trabajadores, con lo que se puede observar en un aumento de productividad. Utilizaremos la frase: no es más importante limpiar, sino tratar de no ensuciar”. Se estará trabajando en un ambiente limpio y amigable encontrándonos mejor y más motivados. Por otro lado, recuerda que no es más limpio el que más limpia, sino el que menos ensucia.
- **Seiketsu (Estandarizar):** El objetivo es que las tres fases anteriores, se queden bajo control. Para ello se estandarizan las medidas de clasificación, orden y limpieza en el puesto de trabajo, de manera que sean medidas preventivas y no recreativas. Se observa como de un simple vistazo se puede controlar todo el proceso que se desarrolla en el puesto de trabajo.
- **Shitsuk (Autodisciplina):** Esta consiste en realizar una serie de auditorías planificadas en el tiempo cuyo objetivo es mantener los logros conseguidos con las 4s anteriores,

construyendo el hábito y disciplina en dicha metodología, así como seguir mejorando día a día el puesto de trabajo.

- **Seguridad:** Su objetivo es mantener un ambiente laboral seguro mediante la anticipación, análisis de riesgo y evaluación de consecuencias, generando así una cultura de autocuidado en la que se reporte cualquier condición insegura que se identifique.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como parte del mejoramiento continuo de Stryker P.R. para el año 2018 tenía como meta identificar áreas de mejoras en los procesos de las diferentes unidades de manufactura de la planta. Una de las unidades de manufactura en las que se quiere llevar a cabo las mejoras lo es la unidad de manufactura de Medicina Deportiva. Esta unidad de manufactura tiene la particularidad que en los últimos años había recibido la introducción de varios productos nuevos, pero luego de los lanzamientos de los diferentes productos no se había realizado un análisis de la eficiencia de los procesos de producción. El objetivo de llevar a cabo este análisis es identificar e implementar mejoras que ayuden a aumentar las eficiencias y a reducir costos de producción manteniendo los estándares de calidad y seguridad.

### Descripción de la Investigación

La investigación llevada a cabo para la implementación de este proyecto está basada en la identificación de que herramientas de las metodologías DMAIC y 6S son las adecuadas para poder alcanzar los objetivos de mejoras requeridos por la gerencia. La línea de manufactura en la cual se llevó a cabo la implementación de mejoras en la unidad de manufactura de Medicina Deportiva es la que corresponde a la manufactura del Producto Cinchlock. Durante la fase de medición se encontró que durante el proceso de manufactura se acumulaba inventario del material en proceso, el cual consume parte del espacio disponible para manufacturar. También se encontró que el Takt

time establecido para la línea de manufactura no estaba alineado con la demanda necesaria evitando así que los recursos disponibles no se utilizaran de manera eficiente.



**stryker**<sup>®</sup>

Figura 3  
Cinchlock System

### Objetivo de la Investigación

El objetivo de la investigación es como utilizando las metodologías DMAIC y 6S en un periodo no mayor a 7 días lograr un aumento de al menos 10% en la eficiencia del proceso de manufactura para el producto Cinchlock y que al mismo tiempo permita garantizar el cumplimiento de las condiciones de orden, higiene y seguridad, así como una óptima distribución del espacio disponible.

### Contribución de la Investigación

Mediante la utilización de las diferentes metodologías se identificó las diferentes áreas de oportunidades dentro del proceso de manufactura para así reducir el inventario del material en proceso (WIP), reducir los desperdicios por transportación y movimiento de material y reforzar el método de 6S en el área de producción garantizando el cumplimiento de las condiciones de orden, higiene y seguridad.

## METODOLOGÍA

El DMAIC es una metodología estructurada para la solución de problemas usada en todo tipo de negocios. Las letras son un acrónimo de las 5 fases de la mejora de seis sigma, por sus siglas en inglés. Define (definir), measure (medir), analyze

(analizar), improve (mejorar) y por último control (controlar). Estas etapas llevan el mismo ciclo de mejora que lleva el círculo de Deming. Debido a que sus fases son estrictamente en flujo continuo en el mismo sentido de las manecillas del reloj [2].

- **Definir:** En la metodología DMAIC esta es la primera fase, en ésta debemos comenzar por definir cuál es el problema que queremos resolver. En la fase de definir también buscamos validar el alcance del proyecto, recolectar la voz del cliente y analizar el proceso de definir para hacer los ajustes necesarios [2]. Esto es algo fundamental porque sin ello no podemos pasar al segundo paso en el cuál establecemos las métricas que debemos seguir para tener un mejor conocimiento de la situación y comprobar la evolución del problema [5].
- **Medir:** El propósito de la fase de medir es entender el estado actual del proceso mediante la recolección de datos confiables relacionados al proceso determinar las entradas y salidas del proceso, articular el proceso a través del mapa de valor agregado, validar el sistema de medición, monitorear la capacidad y comportamiento del proceso y revisar el desarrollo de la fase de medición [2].
- **Analizar:** En esta etapa se lleva a cabo el análisis de la información recolectada para determinar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora. Posteriormente se segregan las oportunidades de mejora, de acuerdo a su importancia para el cliente y se identifican y validan sus causas de variación.
- **Mejorar:** El propósito de esta fase es el de implementar a gran escala las soluciones seleccionadas en las fases anteriores. Es en esta fase donde generamos las soluciones potenciales, seleccionamos y priorizamos soluciones, aplicamos las mejores prácticas de Lean/Six Sigma, realizamos en análisis de riesgos, administramos y ejecutamos la solución, hacer alto y revisar el desarrollo de la fase de mejora [5].

- **Controlar:** Tras llevar a cabo estas acciones, debemos llevar un control sobre las mismas para asegurarnos de que se implementan correctamente y que los objetivos que nos habíamos marcado efectivamente se cumplen. En esta fase podemos comenzar el seguimiento de los métricos y gráficas de control, documentar procedimientos estándares de operación, crear planes de control del proceso, documentar la historia de las actividades implementadas y los obstáculos, la transición al dueño del proceso, hacer alto y revisar el desarrollo de la fase de control [5].

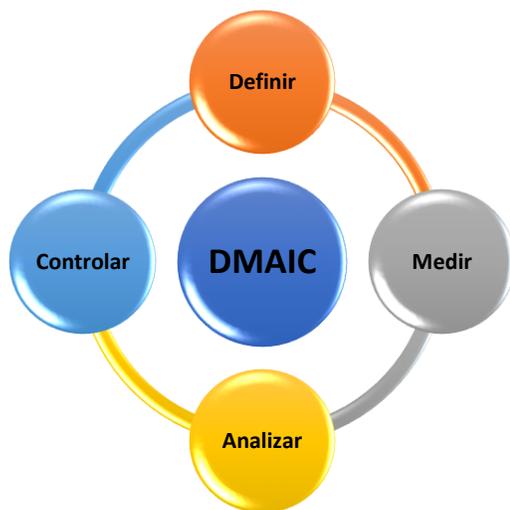


Figura 4  
Metodología DMAIC

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como parte del programa de mejora continua en Stryker Puerto Rico se le solicitó al departamento de operaciones que para el cierre de año todas las unidades de manufactura debían mejorar el rendimiento de al menos una de sus líneas de producción para reducir costos operacionales manteniendo siempre los más altos estándares de la calidad y la seguridad. El propósito de este proyecto fue identificar las oportunidades de mejoras e implementar los cambios necesarios en un periodo no mayor a 7 días para lograr un

aumento de al menos 10% en la eficiencia del proceso de una de las líneas de manufactura de la unidad de manufactura de Medicina Deportiva.

### Definir

Luego de evaluar las diferentes líneas de manufactura de la unidad de Medicina Deportiva se identificó la línea de producción del producto Cinchlock como una de las que mayores oportunidades de mejora tenía ya que desde la introducción del producto no se habían realizado revisiones del proceso. El objetivo de para esta línea de producción fue aumentar su rendimiento en al menos 10% mediante la reducción de inventario de material en proceso (WIP), reducir los desperdicios dentro del proceso de manufactura y reforzando la aplicación de la metodología de 6S en el área de producción.

### Medir

En la actualidad el proceso de producción se llevaba a cabo mediante lotes de producción. Se ejecutó un estudio de tiempo para determinar el estado actual de los tiempos del proceso de manufactura para cada estación con respecto al “Takt Time” requerido. Según la demanda requerida por el cliente se determinó que el “Takt Time” para cumplir con ésta era de 98 segundos mientras que el tiempo de ciclo actual es de 66 segundos.

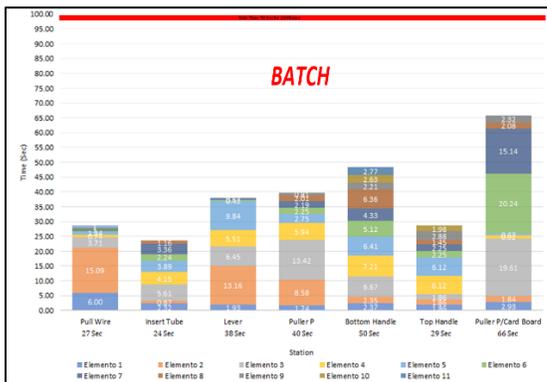


Figura 5  
Tiempos de Ciclo por Estación de Ensamblaje

En conjunto al estudio de tiempo, también se midió la cantidad de inventario que se acumulaba

en las diferentes estaciones mientras se lleva a cabo la producción y se encontró que el WIP durante el proceso de manufactura tiene un valor aproximado de \$11,500. En adición se utilizó como herramienta de medida el diagrama de spaghetti en la cual se presenta gráficamente como es el movimiento del material y los operadores para de esta forma poder determinar cuánto tiempo de producción se pierde debido a la transportación. Como parte del diagrama de spaghetti se encontró que durante el proceso de producción el material es transportado 792 pies.

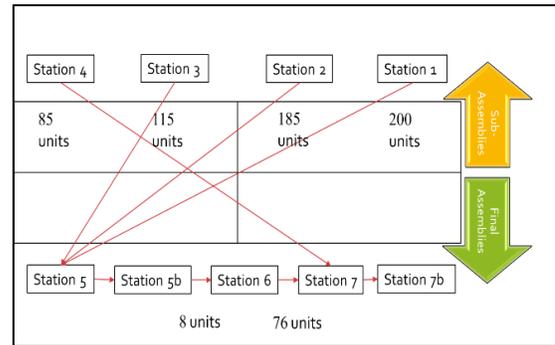


Figura 6  
Cantidad de Inventario entre Estaciones y Flujo de Material Durante Proceso de Manufactura Actual

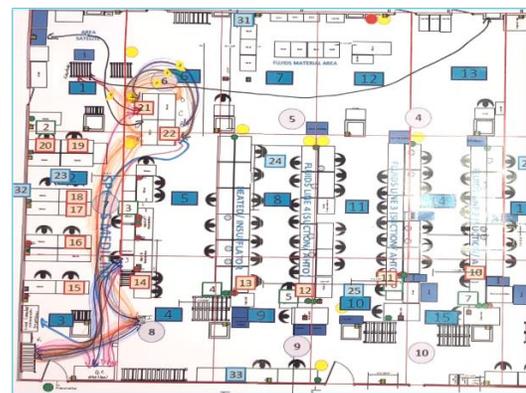
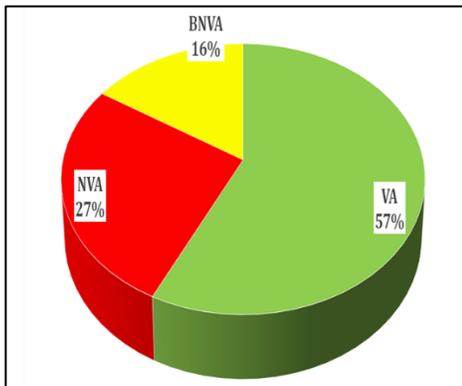
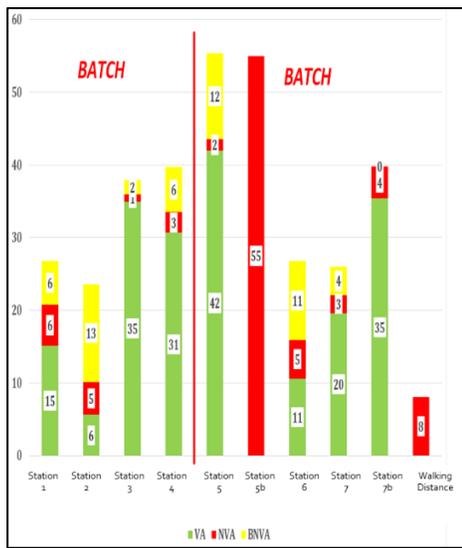


Figura 7  
Diagrama de Spaghetti para Medir la Transportación de Material Durante Proceso de Manufactura Actual

### Analizar

Luego de completar las mediciones de los aspectos claves del proceso de manufactura se tomaron las tareas de las diferentes estaciones y se dividieron en sus diferentes elementos. La división de los elementos nos ayudó a identificar cuales elementos añaden valor al producto y cuales no le

añaden valor. Mediante este análisis podemos evaluar que elementos no añaden valor (NVA) al proceso podemos eliminar y cuales elementos a pesar de que no añaden valor son realmente requeridos por el negocio (BNVA) para llevar a cabo la producción para de esta forma optimizarlos en conjunto con los elementos que si añaden valor (VA) al producto. Luego de completado el análisis se determinó que el 57% de los elementos añaden valor al producto mientras que el 43% no le añaden valor al producto de los cuales 16% son elementos requeridos por el negocio.

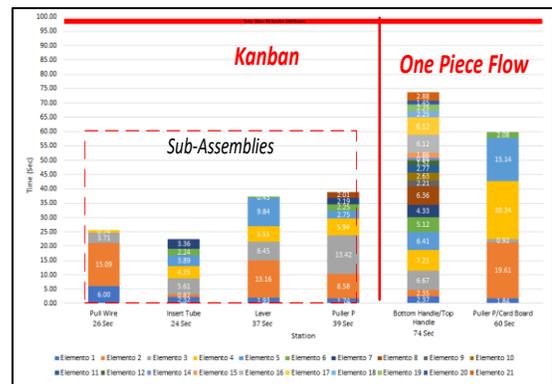


**Figura 8**  
Distribución de los Elementos que Añaden y No Añaden Valor al Proceso

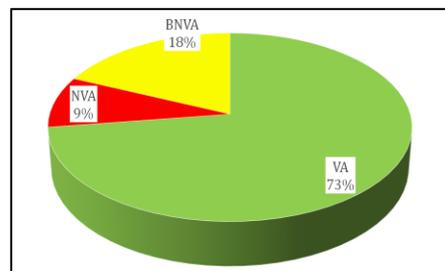
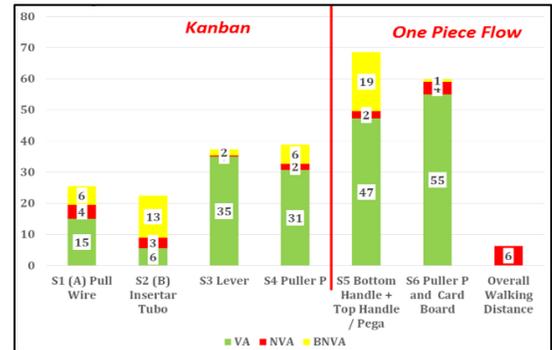
**Mejorar**

Como método de mejora se realizó un nuevo estudio de tiempo para llevar a cabo un balanceo entre las diferentes estaciones, se consolidaron

estaciones, se reorganizo la distribución de las estaciones para mejorar el flujo de material y en conjunto se reforzó la implementación de 6S en el área de trabajo. En adición a esto el proceso pasó de trabajarse en forma de lote a uno en el cual los sub-ensamblajes se realizan en Kanban mientras que el ensamblaje final fluye una unidad a la vez. Como resultado se redujo el WIP, la distancia que se transportan los materiales, el tiempo de ciclo, el espacio requerido para manufactura, la cantidad de actividades que no añaden valor al producto y aumentó la eficiencia.



**Figura 9**  
Tiempos de Ciclo por Estación de Ensamblaje Luego de la Implementación de las Mejoras



**Figura 10**  
Distribución de los Elementos que Añaden y No Añaden Valor al Proceso Luego de la Implementación de las Mejoras



**Figura 11**

**Estación de Manufactura Antes de la Implementación de 6S**

### Controlar

Luego de completada la implementación de las mejoras es necesario implementar métodos de control y monitoreo para asegurar que el proceso se mantiene de acuerdo a los resultados esperados e identificar nuevas oportunidades de mejora. Como métodos de control los procedimientos de producción se actualizaron para que estuviesen alineados con el nuevo flujo de material y con los nuevos tiempos de ciclo. Adicional a esto se les dio entrenamiento a los operadores en las técnicas de 6S al igual que en los nuevos procedimientos para que estos puedan mantener su área de trabajo limpia y recogida y a su vez puedan identificar nuevas oportunidades que ayuden a mejorar su área de trabajo. Otro método de control que ya formaba parte del proceso es el monitoreo diario del rendimiento de producción por parte del ingeniero de manufactura y se implementaron herramientas de gestión visual en el área de manufactura para así los operadores y supervisores puedan monitorear el rendimiento de la producción. También se recomendó la instalación de un riel en las mesas de manufactura para mantener la eficiencia del proceso y el flujo de material entre estaciones.

### CONCLUSIÓN

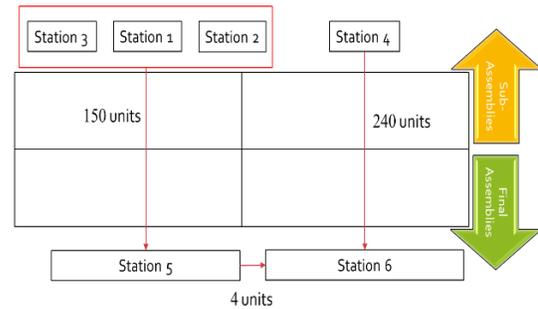
Los resultados de este proyecto fueron sumamente satisfactorios ya que se cumplió a cabalidad el objetivo de aumentar la eficiencia en la línea de manufactura en al menos 10% teniendo como resultado un aumento en la eficiencia de



**Figura 12**

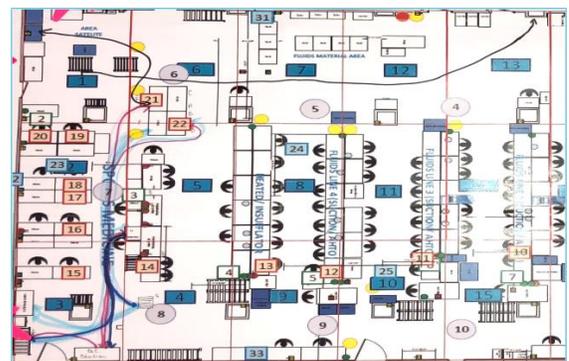
**Estación de Manufactura Luego de la Implementación de 6S**

15%. Adicional a esto como resultado de la implementación de las diferentes mejoras el WIP se redujo en un 95% lo que representa un ahorro estimado de \$11,000.



**Figura 13**

**Cantidad de Inventario entre Estaciones y Flujo de Material Durante Proceso de Manufactura Luego de la Implementación de Mejoras**



**Figura 14**

**Diagrama de Spaghetti para Medir la Transportación de Material Durante Proceso de Manufactura Luego de Implementación de Mejoras**

Otros resultados satisfactorios obtenidos por la implementación de este proyecto lo fueron la reducción de las actividades que no añaden valor al

proceso de manufactura en un 16%, la utilización de espacio en el área de manufactura se redujo en un 12.5% lo que provee espacio adicional para la manufactura de otros productos y se redujo la distancia en la que se transportan los materiales en un 40%.

## REFERENCIAS

- [1] CMTY. “Por qué es importante implementar la filosofía Lean en tu empresa”. *Centro de Competitividad de Monterrey*. 2-jul-2018. [En línea]. Disponible en: <http://cmty.com/filosofia-lean-en-tu-empresa/>. [Accedido: 30-abr-2019].
- [2] A. Rodríguez Torres. (2016, Ago. 26). *Metodología DMAIC* [En línea]. Disponible: <https://es.slideshare.net/AlejandroRodriguezTo1/metodologia-dmaic>. [Accedido: 30-abr-2019].
- [3] F. Santoyo Telles, D. Murguía Pérez, A. López-Espinosa, E. Santoyo Teyes, “Comportamiento y organización. Implementación del sistema de gestión de la calidad 5S’S”, *Diversitas: perspectivas en psicología*, vol. 9, núm. 2, pp. 361-371, 2013.
- [4] A. Olive. (2016, Abr. 21). *Las 5s. Implementación y concepto* [En línea]. Disponible en: <https://blog.pro-optim.com/las-5s/la-metodologia-5s-implantacion-y-concepto/>. [Accedido: 1-may-2019].
- [5] M. Montes. (2018, Sept. 5). *¿En qué consiste la metodología DMAIC?* [En línea]. Disponible en: <https://clubresponsablesdecalidad.com/en-que-consiste-la-metodologia-dmaic/>. [Accedido: 3-may-2019].