



BALANCEO DE LÍNEAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA

Mtro. Mauricio López Acosta
Mtra. Gilda María Martínez Solano
Mtro. Aarón Fernando Quirós Morales
Mtro. Jorge Alberto Sosa Ochoa

Resumen.

La empresa UTC Fire & Security, se encuentra localizada en Navojoa, Sonora, México, la cual elabora sistemas de seguridad. Esta misma empresa ha instalado una nueva línea de producción en la que se quiere implementar la filosofía de manufactura esbelta. Esta nueva línea de producción lleva funcionando seis meses (Noviembre 2010 a abril de 2011) por lo que se le considera un NPI (New Product Introduction). Se desea implementar la filosofía de manufactura esbelta ya que se presentan desperdicios, principalmente el tiempo de ocio y el scrap. Para realizar esto se cronometraron las actividades de las que consta esta línea de producción para establecer el tiempo estándar a cada operario. Una vez hecho esto se calculó el takt time para balancear la línea en base a este último. Al aplicar estos métodos se pudo reducir de 10 a 7 operadores en los 3 turnos que maneja la empresa sumando un total de 9 operadores reducidos. Gracias a esto, la productividad de la línea aumentó a un 161% ya que aparte de reducir el número de operarios, se aumentó la capacidad de la línea de 303 piezas diarias a 554 piezas.

Antecedentes y marco de referencia

En toda empresa, el diseño de líneas para sistemas de producción es de suma importancia debido a que la situación económica de las mismas depende del rendimiento de fabricación. Como todo la fabricación es una función con valor agregado, la eficiencia de las actividades contribuirá de manera destacada en la rentabilidad económica de la empresa a corto y a largo plazo (Muñoz, 2009). Por tanto, este autor menciona que el ambiente actual demanda que las empresas respondan con rapidez a los múltiples requerimientos de los clientes. En base a esto, han surgido

estrategias de fabricación, entre ellas la manufactura esbelta, que se considera un método viable y efectivo para alcanzar la eficiencia.

La manufactura esbelta o lean manufacturing es un término genérico que se da a las aplicaciones del sistema de producción Toyota. Este sistema se refiere tanto a fabricación flexible, manejable, sincrónica, como a la fabricación según el flujo de demanda. El objetivo último de un sistema de este tipo consiste en reducir los siete desperdicios principales tal y como los presenta Taiichi Ohno. Entre estos desperdicios se encuentran: el procesado, movimientos innecesarios, esperas, nivel de existencias, sobreproducción, transportes y la corrección de defectos (Lareau y Kaufman, 2003).

Así pues, “El valor de la manufactura esbelta es eliminar todos los desperdicios o muda, incluyendo las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio o procesos” (Belohlavek, 2006). En este sentido, la muda es una palabra Japonesa, muy sencilla y útil que significa cualquier actividad, proceso u operación que no agrega valor al producto o servicio para el consumidor o cliente (Bohan, 2003).

Así pues, en la empresa bajo estudio, se ha introducido un nuevo producto llamado BT Ibox, en el cual su línea de producción no cuenta con los ajustes necesarios para su correcto funcionamiento ya que se presenta principalmente tiempo de ocio y scrap (desperdicio), por lo que se quiere eliminar estos desperdicios.

Los autores Kosky, Balmer, Keat y Wise (2009), aseguran que la manufactura esbelta es la manera óptima de producir bienes a través de la eliminación del desperdicio y de la implementación del flujo. Según los mismos autores, la manufactura esbelta es una filosofía de administración de procesos que se enfoca en la reducción de los 7 desperdicios identificados por Toyota.

Andriani, Biasca y Rodríguez (2003), dicen que los 7 desperdicios clasificados por Taiichi Ohno, padre del sistema Toyota de producción son los siguientes:

1. Sobreproducción.
2. Inventario.
3. Defectos, retrabajos y reparaciones.
4. Movimiento.
5. Del proceso.
6. Esperas (colas).
7. Transporte.

Por su parte, el autor Bohan (2003), menciona que estos son algunos ejemplos de desperdicios o muda que se presentan en las áreas o líneas de producción:

- Áreas de trabajo con exceso de personal.
- Líneas de producción desequilibradas. Una operación, una persona o un equipo trabajan a un ritmo más rápido o más lento que otros en la línea.
- Falta de asignación de trabajo.
- Los operarios que carecen de una capacitación adecuada.
- Esperas para realizar cambios o ajustes de moldes.
- Configuración deficiente del área de trabajo.
- Errores en la planeación o en la programación y secuencias de trabajo.
- Excesiva distancia de desplazamiento de productos durante el proceso de producción.

Líneas de producción

Las líneas de producción son secuencias de actividades que dan lugar a la producción de bienes y servicios determinados. Suponen una combinación determinada de insumos, una cantidad de

trabajo, de materias primas y de equipo e instalaciones necesarios para producir un “lote de producto” en un periodo dado (Vargas, 2006).

Balanceo de Líneas

Los autores Suñé, Arcusa y Gil (2004), señalan que el aspecto más interesante en el diseño de una línea de producción o montaje consiste en repartir las tareas de modo que los recursos productivos estén utilizados de la forma más ajustada posible, a lo largo de todo el proceso. El problema del equilibrado de líneas de producción consiste en subdividir todo el proceso en estaciones de producción o puestos de trabajo donde se realizaran un conjunto de tareas, de modo que la carga de trabajo de cada puesto se encuentre lo más ajustada y equilibrada posible a un tiempo de ciclo. Se dirá que una cadena está bien equilibrada cuando no hay tiempos de espera entre una estación y otra.

Los pasos para iniciar el estudio de equilibrado o balanceo de líneas es el mismo que en cualquier otro tipo de proceso productivo que consiste en:

1. Definir e identificar las tareas que componen al proceso productivo.
2. Tiempo necesario para desarrollar cada tarea.
3. Los recursos necesarios.
4. El orden lógico de ejecución.

Así mismo, el autor Meyers (2000), señala que los propósitos de la técnica de balanceo de líneas de ensamble son las siguientes:

- Igualar la carga de trabajo entre los ensambladores.
- Identificar la operación cuello de botella.
- Determinar el número de estaciones de trabajo.
- Reducir el costo de producción.

- Establecer el tiempo estándar.

Además, los autores García, Alarcón y Albarracín (2004), dicen que el balanceo de líneas se hace para que en cada estación de trabajo exista el mismo tiempo de ciclo, es decir, el producto fluya de una estación a otra cada vez que se cumple el tiempo de ciclo por lo que no se acumula. Todas las estaciones deben pasar el trabajo realizado a la siguiente estación de trabajo cada vez que se cumple el tiempo de ciclo, por lo tanto no hay cuellos de botella porque todas las estaciones tardan lo mismo.

Trabajo Estandarizado

En toda empresa de manufactura podemos encontrar líneas de producción, y son responsables desde el diseño hasta la producción. Por consiguiente, ¿Cómo sería el resultado si cada persona en cada área, trabajara de diferente modo? Por ejemplo, si el método de operación fuese diferente entre cada uno de los turnos. Posiblemente se presentarían las siguientes problemáticas:

- Se producen diferentes defectos por cada uno de los miembros
- Se dificulta conocer la causa de las fallas de la operación
- La mejora de la operación se hace problemática dado que cada quien realiza la operación a su forma de pensar
- Se realizan actos inseguros por cada uno de los miembros
- Se dificulta la capacitación y el entrenamiento del personal
- Se generan retrasos entre operaciones que se reflejan en el incumplimiento de las entregas de la producción al siguiente proceso
- Se incrementan los costos por daños en el producto por malas prácticas en la operación.

Por lo tanto, la operación estándar debe de incluir todos los requisitos importantes dentro de la organización e incluirlos para que estos se realicen de forma sistemática (González, 2007).

Productividad

La productividad es una medida del rendimiento del proceso, pudiendo expresarse como el cociente salidas/entradas. Los recursos o factores productivos considerados como entradas podrán tener tanto carácter material como humano. Los productos resultantes considerados como output, pueden hacer referencia a bienes de uso o a servicios prestados (De la Fuente, 2006).

$$Pr oductivida d = \frac{Salida (Unidades)}{(Númerodepe rsonas * Jornada)}$$

Estudio de tiempos con cronómetro.

Es el método en el que piensan la mayoría de los empleados de manufactura cuando hablan de estándares de tiempo. Frederick W. Taylor empezó alrededor de 1880 a usar el cronómetro para estudiar el trabajo. Debido a su larga trayectoria, esta técnica está incluida en muchas empresas manufactureras. Los estudios de tiempos se definen como el proceso de determinar el tiempo que requiere un operador diestro y bien capacitado a un ritmo normal, para hacer una tarea específica (Meyers, 2000).

Hay dos métodos básicos para realizar el estudio de tiempos con el uso del cronómetro, el continuo y el de regreso a cero.

Método Continuo. El método continuo se emplea para tareas que son muy concretas, que son difíciles de dividir en subtareas; luego consiste en dejar que el cronómetro correr desde que se empieza la tarea hasta que se termina, registrando el tiempo total (Sancho, 2008).

Método Regreso a Cero. En el método de regresos a cero el cronómetro se lee a la terminación de cada subtask, y luego se regresa a cero de inmediato. Al iniciarse el

siguiente elemento el cronómetro parte de cero. El tiempo final será la suma de los tiempos de cada subtarea en la que se ha dividido la tarea (Sancho, 2008).

Takt Time

El takt time es el tiempo en el que se debe obtener una unidad de producto. Es un término muy conocido en la manufactura el cual se utiliza para establecer el tiempo que se debe tardar en completar una unidad para cumplir con la demanda (Ortiz, 2006).

Tolerancias o suplementos

Es el suplemento que se añade al tiempo básico para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinado trabajo en determinadas condiciones y para que puede atender a sus necesidades personales (Sempere, Miralles, Romano y Vicens 2003).

Valor de la actuación.

Para que la comparación entre la escala del tiempo observado de trabajo, y la escala de trabajo estándar sea más efectiva, es necesario tener una escala numérica para hacer una evaluación. Esta evaluación podrá ser utilizada como un factor por el cual el tiempo observado podrá ser multiplicado para dar el tiempo estándar. Hay varios sistemas de evaluación, la más común es el Sistema Westinghouse: Desarrollado por Westinghouse Electric Corporation, el cual ha tenido mucha aplicación especialmente en el ciclo corto y en las operaciones repetitivas. Este método considera 4 factores a evaluar, habilidad, esfuerzo, condición y consistencia. La eficiencia general se obtiene sumando las calificaciones de los 4 factores a una constante de 1 (Salvendy, 2001).

Problema

La línea de producción BT Ibox de la empresa bajo estudio, lleva operando a la fecha diez meses (noviembre del 2010), por lo que se le considera un NPI (New Product Introduction). Debido a

esto, aún no se han balanceado sus actividades, no se ha establecido el trabajo estándar, el tiempo estándar y el tiempo de ejecución (playbook), lo que ocasiona que la línea pueda estar trabajando con un número inadecuado de operadores, que no se trabaje a un ritmo constante, que se trabaje de una forma incorrecta y no poder satisfacer la demanda de los clientes.

Todo lo anterior afecta la productividad, dado el tiempo de ocio que se genera y por el scrap (material de desecho) generado por desconocer el orden correcto de operación. Lo que conlleva a plantearnos la siguiente pregunta ¿Cuál será el correcto balanceo de línea que permita reducir el tiempo de ocio en los operadores sin reducir la productividad de la línea?

Objetivo

Balancear la línea de producción BT Ibox de la empresa UTC Fire & Security, mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta, con el fin de establecer la cantidad necesaria de operadores unificando actividades para eliminar el tiempo de ocio sin afectar su productividad.

Método

A continuación se detalla el procedimiento de González (2007), utilizado para establecer el trabajo estándar dentro de la línea de producción BT Ibox.

1. Base para el establecimiento de la operación estándar.

La operación estándar debe de ser establecida incluyendo las siguientes normas indispensables para su ejecución: En los equipos - condiciones de corte, condiciones de uso, etc.; en los materiales - dureza, resistencia, tipo de material, forma, etc.; en las operaciones - secuencia, medidas, norma de inspección, tiempo estándar, etc., estos estándares se muestran en el plan de control y en el diagrama de flujo de proceso.

2. Unidad de establecimiento.

Las operaciones estándar se establecen para cada operación unitaria, por cada parte, por cada máquina y por cada proceso.

3. Alcance de establecimiento.

La operación estándar no incluye solo las operaciones principales, sino también las relacionadas que son necesarias para realizar las operaciones principales en otras palabras, todas las operaciones deben ser estandarizadas.

4. Elementos de la operación estándar.

Las operaciones estándar son el mejor método para realizar una operación, la cual se debe considerar una norma básica (ley) que los operadores deben respetar. A continuación se describen los cuatro elementos de la operación estándar:

a) Carga de trabajo (tiempo de la operación).

La hoja de operación estándar muestra la carga de trabajo que el supervisor quiere asignar a cada uno de los subordinados. El supervisor debe definir el tiempo objetivo de cada operación unitaria, A través de su realización por un operador promedio. Ya teniendo un tiempo para cada operación unitaria, deberá distribuir la carga de trabajo entre todos los operadores, de acuerdo al takt time de producción.

b) Secuencia de operación.

El supervisor debe clarificar la secuencia de operación y la ruta de desplazamientos, por ejemplo la secuencia de ensamble de las partes, la carga de partes a una máquina, etc.

c) Puntos críticos.

El cuarto elemento de la operación estándar son los puntos críticos. Con ellos se consigue la calidad, facilidad y seguridad en la operación. Para poder lograr estos resultados se debe considerar el ingenio y la intuición para definirlos. Es importante clarificar los puntos críticos de la operación, para después enseñarla a los operadores y hacer que las respeten, y así poder tener el mismo nivel de habilidad.

d) Forma para establecer la operación estándar.

Es muy importante establecer la operación estándar, enseñarla, y hacer que se respete. También es importante disminuir la variación de la calidad y mejorar la productividad, sin embargo hay operaciones que no son fáciles de establecer debido a sus características, por lo que es importante estandarizarlas buscando la forma más adecuada para su área de trabajo.

En el presente estudio, y de acuerdo a lo anterior, para establecer la carga de trabajo se utilizó la técnica del uso del cronómetro siguiendo el método expuesto por Quesada y Villa (2007), el cual se detalla a continuación:

1. Seleccionar al operario y explicar el objetivo del estudio: El operario deberá ser un trabajador calificado, que posea la necesaria aptitud física y mental para ejecutar el trabajo.
2. Obtener y registrar toda la información: Todas las operaciones que intervienen en la elaboración del producto o pieza (Diagrama del proceso).
3. Identificar el estudio: Número del estudio, número de la hoja, fecha del estudio, nombre del analista, nombre de quien aprueba el estudio.
4. Información del proceso (producto a elaborar): Departamento o lugar donde se hace la operación o actividad.
5. Descomposición de la tarea en elementos: Se desglosa la tarea en elementos y a cada elemento se le determina su tiempo estándar.
6. Cronometrar cada proceso: Una vez delimitados los elementos, se realiza el cronometraje. Al final de cada elemento se anota el tiempo que marca el cronómetro y los tiempos de cada elemento.
7. Calcular el tamaño de la muestra o el número de observaciones: Con estos métodos estadísticos se requiere determinar un tamaño de muestra preliminar (n) y luego aplicar la siguiente fórmula para un nivel de confianza del 95% y un margen de precisión del 5%.

$$n = \left(\frac{st}{kX} \right)^2$$

8. Cronometrar hasta tener el número de observaciones obtenidas con la fórmula: Se debe tener un registro de tiempos cronometrados igual al resultado de la fórmula del paso 7.
9. Conversión y cálculo básico del tiempo promedio para cada elemento: En la hoja de resumen se procede a sumar todos los tiempos básicos calculados para un mismo elemento y se divide dicho total por el número de veces cronometradas.
10. Aplicar tolerancias: Se aplican las tolerancias por necesidades personales, fatiga y por retrasos inevitables.
11. Calcular factor de la actuación: La calificación de 1 que utiliza UTC Fire & Security se obtiene del Sistema Westinghouse. Este sistema utiliza una constante de 1 sumándosele las diferentes calificaciones, sin embargo, las calificaciones que utiliza UTC Fire & Security son regulares, por lo que la suma es del 0%, quedando como resultado 1.
12. Cálculo del tiempo estándar: Se calcula utilizando la siguiente fórmula

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normal} * \text{Valor de la actuación} * \% \text{ tolerancias}$$

Para obtener las tolerancias se utilizó el método de tolerancia constante sumada al tiempo normal, según Stephens (2006), ya que es una de las técnicas más utilizadas en la industria (tabla1).

Tabla 1. Tolerancias para tiempo estándar.

Actividad	Tiempo (min)
Descanso (desayuno)	20
Descanso (comida)	30
Tiempo personal	10
Total	60

- Jornada laboral = 9.6 horas = 576 minutos
- Tiempo no trabajado = 60 minutos
- Tolerancia = $\frac{60}{576 - 60} * 100 = 11.62\% \approx 12\%$

El método utilizado por UTC Fire & Security para balancear una línea de producción es el siguiente:

1. Cronometrar actividades y obtener el tiempo promedio para cada operación.
2. Aplicar fórmula para determinar el tamaño de muestra.
3. Calcular el Takt Time (Ritmo al cual un producto debe ser fabricado para satisfacer la demanda del cliente).
4. Obtener el promedio entre el tiempo más alto y el más bajo de cada operación.
5. Graficar promedios y Takt Time.
6. Ajustar (unificar o separar) todas las operaciones necesarias del proceso en base al tiempo del Takt Time.

$$TaktTime = \frac{TiempoDisponible}{DemandaDelCliente}$$

7. Obtener el tiempo estándar de cada operación.
8. Graficar tiempo estándar y takt time.
9. Una vez balanceada la línea, se calcula la productividad del “antes” y el “después” para determinar en qué porcentaje aumentó la productividad.

$$Pr oductividad = \frac{Salida(Unidades)}{(Número de personas * Jornada)}$$

Resultados

En el primer paso (cronometrar actividades y aplicar la fórmula del número de muestras a cronometrar) se tomó el tiempo (10 muestras) para cada actividad representado en segundos, en la tabla 2 se muestran las 10 operaciones que fueron cronometradas en la línea de BT Ibox, cada una de esas operaciones fueron realizadas por operadores capacitados.

Tabla 2. Número de actividades cronometradas en segundos en la línea de producción BT Ibox.

Actividad	Ciclo1	Ciclo2	Ciclo3	Ciclo4	Ciclo5	Ciclo6	Ciclo7	Ciclo8	Ciclo9	Ciclo10
Tup 1	299.60	306.69	327.44	307.31	307.68	311.80	311.14	307.70	307.61	313.64
Fracture & Initial Test	106.97	103.45	99.69	103.38	98.53	105.26	101.54	104.92	97.30	97.93
Tup 2	27.37	26.48	25.20	26.28	22.30	24.48	24.08	25.12	26.48	26.57
Tup 3	24.42	27.11	27.57	25.17	25.24	27.39	26.22	24.28	25.03	27.12
Tup 4 & Prepot	25.85	22.10	29.16	25.63	26.26	28.25	29.11	21.62	31.28	24.28
Poly	38.85	36.10	39.16	37.63	36.26	38.25	39.11	37.62	35.98	39.28
Boot & Date	29.00	29.45	27.76	28.69	25.01	24.89	25.46	24.94	25.41	26.46
Rivet & Lens	23.00	25.35	24.56	26.69	28.46	21.69	25.35	22.72	23.39	22.36
Laser, Loctite & Final Test	47.24	47.76	50.75	48.18	51.12	52.25	51.66	52.86	46.86	50.54
Packaging	33.14	34.92	34.72	38.56	32.45	35.77	39.28	32.72	36.30	35.76

Una vez que fueron cronometradas todas las actividades, en el mismo paso 1 se prosiguió a obtener el promedio de cada una de ellas y se aplicó la fórmula $n = \left(\frac{st}{kX} \right)^2$ para

comprobar que el número total de muestras fueran suficientes. En la tabla 3 se encuentran los promedios y los resultados de la fórmula del total de muestras a cronometrar.

Tabla 3. Promedio de tiempos cronometrados para cada operación y tamaño de muestra a cronometrar.

	Tup 1	Fracture & Initial Test	Tup 2	Tup 3	Tup 4 & Prepot	Poly	Boot & Date	Rivet & Lens	Laser, Loctite & Final Test	Packaging
Promedio (X)	310.06	101.9	25.44	25.96	27.26	37.83	26.71	24.36	49.92	35.87
Desviación Estándar (s)	7.19	3.4	1.51	1.27	3.28	1.32	1.84	2.13	2.21	2.36
GL (t)	1.833	1.833	1.833	1.833	1.833	1.833	1.833	1.833	1.833	1.833
Error (k)	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05	.05
Total de muestras a cronometrar (n)	.72	1.2	.18	1.80	4.42	1.28	2.52	3.21	1.62	2.42

Como bien se puede observar en la misma tabla 3, al momento de calcular el número total de muestras a cronometrar, se obtuvo el resultado de que todas las observaciones realizadas fueron suficientes, ya que se tomaron 10 muestras para cada actividad, por lo tanto cumplen con los resultados de la fórmula, siendo no necesario tomar más muestras.

Después de concluir el primer punto, en el paso 2 se calcula el takt time, este se obtiene dividiendo el tiempo disponible con el que cuenta la empresa entre la demanda del cliente. Dicho resultado nos señalará el tiempo máximo que el operador debe trabajar la pieza antes de pasarla

al siguiente operador, es decir, el tiempo máximo que la pieza debe durar en cada operación o actividad.

Por su parte, a fin de calcular el takt time, se hacen los cálculos correspondientes para un día. Para ello se dividió el total de segundos trabajados en un día (79,560 segs), obtenidos de las 22.1 horas diarias, entre el total de piezas que deben de salir diarias para cumplir la demanda de 7000 piezas.

$$TT = \frac{79,560 \text{ segs}}{1400 \text{ pzs}} = 56.82 \text{ segs} / \text{pieza}$$

Fire & Security utiliza los promedios de la tabla 3 para obtener el número de muestras a cronometrar, más no para obtener el tiempo estándar, los promedios que utiliza son los que se calculan en el paso 3, los cuales se obtienen promediando el valor mayor y el valor menor de cada actividad. En la tabla 4 se muestran éstos promedios.

Tabla 4. Promedio de tiempos cronometrados para cada Operación y número total de muestras a cronometrar.

	Tup 1	Fracture & Initial Test	Tup 2	Tup 3	Tup 4 & Prepot	Poly	Boot & Date	Rivet & Lens	Laser, Loctite & Final Test	Packaging
Promedio	313.52	102.14	24.83	25.92	26.45	37.26	27.17	25.08	49.86	35.36

Al obtener estos promedios, se prosiguió con el paso 4 donde se realizó una gráfica con los datos y se llegaron a los resultados obtenidos en la figura 1.

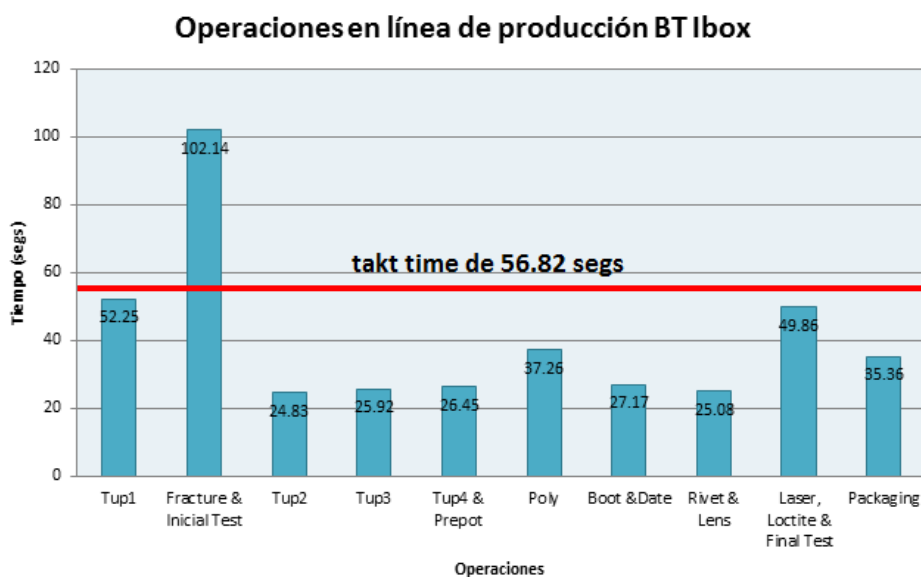


Figura 1. Tiempo por actividad (promedios) para la línea de producción BT Ibox (cada actividad realizada por un operador).

Nota: Todas las actividades deben promediarse individualmente, por lo que la actividad **Tup 1** se dividió entre 6 para obtener el tiempo unitario, ya que el tablero se compone de 6 pequeñas tarjetas.

Al analizar la Figura 1 se observa que las actividades están desbalanceadas, por lo que se prosiguió a separar o unificar actividades para que se ajustaran al takt time (paso 5) y así eliminar el mayor tiempo posible de ocio. Al realizar la sumatoria de los tiempos de las actividades unificadas y de las actividades que quedaron de la misma manera se aplicaron tolerancias del 12% y una calificación de la actuación de 1, al realizar esto, se obtuvo el tiempo estándar para cada operación (paso 6) por lo que se prosiguió a hacer una gráfica con estos datos que se pueden apreciar en la figura 2 (paso 7).

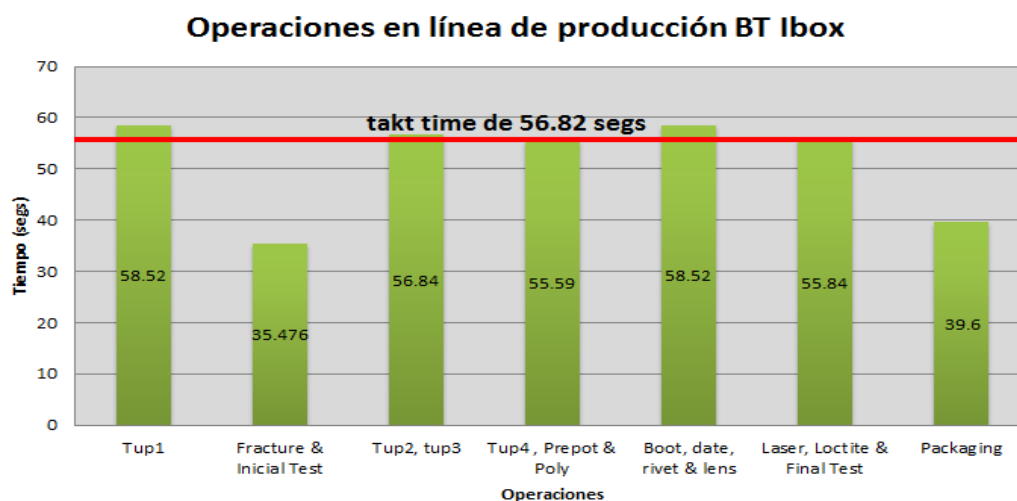


Figura 2. Tiempo estándar por actividad para la línea de producción BT Ibox (cada actividad realizada por un operador).

De esta manera, al comparar la figura 1 y la figura 2, se aprecia que antes de haber realizado el balanceo de la línea, esta contaba con 10 operadores, los cuales tenían una escasa carga de trabajo por lo que los trabajadores presentaban un promedio de tiempo de ocio de 16 segundos por pieza. Por tanto, al realizar el balanceo se combinaron actividades para ajustarlas en base al takt time para que la carga de trabajo se encontrara nivelada entre cada uno de los operadores.

El último paso para el balanceo de líneas (paso 8), consiste en determinar la productividad de la línea antes y después de ser balanceada, con la intención de conocer el porcentaje que aumentó la productividad. Para hacer esto se toma en cuenta el cuello de botella de las operaciones del antes y del después de ser balanceada.

Por ejemplo, cuando había 10 trabajadores, el cuello de botella era la operación 2 (Fracture & Initial Test) que dura 102.14 segundos = 1.70 min. Para obtener las piezas fabricadas se divide el tiempo disponible (516 min) entre los 1.70 minutos que dura dicha operación, dando como resultado un total de 303.5 piezas aproximadamente. Este resultado se divide entre el total de operadores (10) y la jornada laboral de trabajo por turno (8.6 hrs)

$$Productividad = \frac{303.5}{(10)(8.6)} = 3.52 \text{ unidades.por.operador}$$

El resultado de 3.52 significa que cada operador fabrica 3.52 piezas por hora.

Cuando el balanceo de línea se realizó, el cuello de botella se convirtió en la operación 5 (Boot, Date, Rivet & Lens) que dura 58.52 segundos, pero se acordó que la operación 6 (Laser, Loctite & Final Test) sería el cuello de botella ya que es una máquina manejada por un operador a la cual no puede reducirse el tiempo, mientras que a la operación 5 sí, ya que es una operación manual por lo cual poco a poco el operador irá adquiriendo más práctica por lo que su tiempo se reducirá. Al hacer los cálculos correspondientes se llegó al resultado que cada operador realiza 9.21 piezas por hora contra las 3.52 piezas por operador cuando la línea no estaba balanceada.

$$Productividad = \frac{554.83}{(7)(8.6)} = 9.21 \text{ unidades.por.operador}$$

Este balanceo ha aumentado la productividad de la línea en un 161% ya que ahora se producen más piezas utilizando menos gente para ello.

Finalmente, para establecer el trabajo estándar en cada actividad, se siguió el procedimiento expuesto por Correa (2007), en el cual se puede apreciar en el formato utilizado por UTC Fire & Security.

Por ejemplo, en la figura 3 se puede apreciar que las actividades de Tup1 están desglosadas en elementos ordenadas secuencialmente (paso 1), y a un lado su tiempo promedio representadas por tiempo manual (paso 2). También se aprecia el alcance de las operaciones (paso 3), la cual comprende solo la actividad de Touch Up 1 (Tup1), y por último el tiempo estándar (paso 4).

Summary Standard Work – Trabajo estándar

Fecha preparado	Marzo 2011
Revisado por:	Jorge Sosa

Estacion de trabajo	BT-IBOX
Operador	1

Alcance de las operaciones

Desde: Touch Up 1

Hasta: Touch Up 1

Takt Time 56.82 seg/pc

Tiempo Estándar 58.52 segs

Standard Worksheet

Standard Work Combination Sheet

	Descripción	Tiempo manual	Tiempo auto
1	Tomar board y colocar en fixture	3.71	
2	Tomar cautín, soldadura y "touchapearla"	19.35	
3	Preformar capacitores, colocarlos en board y soldarlos	17.75	
4	Voltear el board y soldar	7.97	
5	Cortar terminales y colocarlo en charola	3.47	
	Tiempo normal	52.25	
	Tiempo estándar	58.52	

Figura 3. Trabajo estándar para la actividad de Tup 1.

Estos formatos se hicieron para cada una de las actividades y están a la vista de cada operador para que sigan la secuencia correcta de operación en su tiempo estándar establecido para así dar cumplimiento a la demanda del cliente de 7000 piezas semanales, (1400 piezas diarias).

Conclusiones

Según los autores Hansen, Mowen y Guan (2007), las empresas que implementan la manufactura esbelta persiguen una estrategia de reducción de costos al redefinir las actividades realizadas por la empresa.

Los mismos autores afirman que la correcta implementación de la manufactura esbelta trae consigo mejoras muy significativas como una mejor calidad, un incremento de la productividad, menores costos y un aumento de la producción. Por ejemplo, Hearth & Home Technologies, una

compañía que se especializa en fabricación de mobiliario de oficina y chimeneas, implementó la manufactura esbelta en sus instalaciones ubicadas en Mount Pleasant, Iowa. Esta implementación disminuyó las quejas de los clientes en un 15%, un 38% en costos por garantía, un 23% en costos de calidad, un 30% en tiempo de ocio, y mejoró la entrega de los pedidos de 93% a un 98.4 %, también redujo la espera del cliente en un 46%, se ahorraron espacios en un 25% y se aumentaron las unidades producidas por hora en un 48%.

Esta misma implementación de manufactura esbelta en la línea de producción BT Ibox en la empresa UTC Fire & Security en Navojoa, Sonora, trajo consigo una reducción del tiempo de ocio en un 32%, además un aumento de la producción diaria por turno en un 83%. También se pudo compartir el uso de las herramientas que se utilizaban en la actividad Tup (Tup2, Tup3) con otras líneas de producción ya que ahora solo una persona realizaba esta operación, entre las herramientas que se compartieron está un cautín, una charola, una silla, un fixture y unas pinzas.

Al haber realizado esta implementación se puede concluir que no porque haya más operadores en una línea significa que se generará mayor volumen de piezas, sino al contrario, los operadores se acostumbrarán a una carga de trabajo mínima, por lo que los operadores harán el trabajo de manera lenta e irán perdiendo consistencia y habilidad. Por lo tanto, lo que realmente importa es que los operadores estén cargados con un ritmo de trabajo uniforme basado en el tiempo del takt time, para que se produzcan las piezas necesarias.

Además, se concluye que los balanceos se tienen que hacer constantemente, ya que poco a poco se van agregando máquinas o herramientas nuevas las cuales agilizan el trabajo, razón por la cual es necesario hacer un nuevo ajuste para que exista de nuevo el flujo o la carga de trabajo óptima para eliminar el tiempo de ocio.

Por otra parte, en cuanto al tiempo estándar, se considera que es muy esencial capacitar a los operadores para que éstos cumplan con el tiempo establecido para que se produzca la cantidad de piezas de acuerdo a la demanda del cliente.

Finalmente, en cuanto al scrap, se pudo constatar que se redujo a un promedio de 6 piezas por turno, ya que gracias a los formatos de trabajo estándar utilizados por la empresa, se representó de manera escrita y gráfica la secuencia de operaciones que los operadores deben de seguir para realizar cada actividad, lo que trajo consigo menos errores en la mano de obra lo que impactó en gran medida la reducción del scrap.

Es evidente pues, que al implementar estas herramientas (Balanceo de líneas, tiempo y trabajo estándar) se redujo significativamente el desperdicio de tiempo de ocio y de scrap.

Bibliografía

- Andriani, Carlos S., Biasca, Rodolfo E., & Rodríguez Martínez, M. (2003). "El nuevo sistema de gestión para las PYMEs: un reto para las empresas latinoamericanas". Editorial Norma.
- Belohlavek, P. (2006). "OEE: Overall Equipment Effectiveness". Editorial Blue Eagle Group.
- Cuatrecasas, L. (2010). "Lean Management". Editorial Profit.
- De la Fuente, D. (2006). "Organización de la producción en ingenierías". Editorial Ediuno.
- García Sabater, J., Alarcón Valero, F., & Albarracín Guillem, J. (2004). "Problemas resueltos de diseño de sistemas productivos y logísticos". Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- González, F. (2007). Revista Panorama Administrativo. "Manufactura esbelta. Principales herramientas". Beachmold Mexico S. de R.L. de C.V.
- Hansen, D., Mowen, M., & Guan, L. (2007). "Cost Management: Accounting & Control. Editorial Cengage Learning. Sexta edición.
- Kosky, P., Balmer, R., Keat, W., & Wise, G. (2009). "Exploring engineering: an introduction to engineering and design". Editorial Academic Press.

- Lareau, W., & Kaufman R. (2003). "Office Kaizen: Cómo Controlar y Reducir Los Costes de Gestión en la Empresa". Editorial FC.
- Muñoz Negrón, D. (2009). "Administración de operaciones: Enfoque de administración de procesos de negocios". Editorial Cengage Learning.
- Meyers, F., & Stephens, M (2006). "Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales". Tercera edición. Editorial Pearson.
- Meyers, F. (2000). "Estudios de tiempos y movimientos". Editorial Pearson.
- Ortíz, C. (2006). "Kaizen assembly: designing, constructing, and managing a lean assembly line. Editorial CRC Press.
- Quesada Castro, M., & Villa Arenas, W. (2007). "Estudio del trabajo". Primera edición. Editorial Textos Académicos.
- Sancho Frías, J. (2008). "Implantación de productos y servicios". Editorial Vértice.
- Sempere Ripoll, F., Miralles Insa, C., Romano, C., & Vicens Salort, E. (2003). "Aplicaciones de mejora de métodos de trabajo y medición de tiempos". Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Salvendy, G. (2001). "Handbook of industrial engineering: technology and operations management". Tercera edición. Editorial Wiley.
- Suñé Torrents A., Arcusa Postils I., & Gil Vilda F. (2004). "Manual práctico de diseño de sistemas productivos". Editorial Díaz de Santos.
- Vargas Sánchez, G. (2006). "Introducción a la teoría económica: un enfoque latinoamericano". Editorial Pearson.
- William, B. (2003). "El Poder Oculto De La Productividad". Editorial Norma.