

## Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado

Adrián M. Andrade, César A. Del Río y Daissy L. Alvear

Universidad de Otavalo, Carrera de Administración de Empresas, Otavalo-Ecuador  
(e-mail: [aandrade@uotavalo.edu.ec](mailto:aandrade@uotavalo.edu.ec); [caedelrio@uotavalo.edu.ec](mailto:caedelrio@uotavalo.edu.ec); [dalvear@uotavalo.edu.ec](mailto:dalvear@uotavalo.edu.ec))

*Recibido Ago. 30, 2018; Aceptado Nov. 27, 2018; Versión final Dic. 20, 2018, Publicado Jun. 2019*

---

### Resumen

Se presenta los resultados de un estudio de tiempos y movimientos en una industria que fabrica calzado. En primer lugar, se empleó un diagrama de Ishikawa y el método de las 6M para determinar la causa de la baja productividad. Seguidamente, se estandarizó las tareas utilizando un diagrama de proceso de operaciones y diagramas bimanuales. Finalmente, se estableció el tiempo de producción aplicando un estudio de tiempos por cronómetro. Con el uso de estas herramientas se determinó que en ninguna de las áreas el trabajo estaba distribuido equitativamente. A fin de dar solución a estos inconvenientes se reasignaron tareas de una estación a otra. Por último, aplicando una hoja de verificación se evidenció los resultados. Así se comprobó que el uso de técnicas de gestión productiva incrementa la productividad y la eficiencia en los procesos de producción. Los resultados evidenciaron un incremento de la producción del 5,49%.

*Palabras clave: tiempos-movimientos; eficiencia de trabajo; productividad; distribución de tareas*

## A Study on Time and Motion to Increase the Efficiency of a Shoe Manufacturing Company

### Abstract

This paper presents the results of a time-and-motion study of the production process in a shoe manufacturing company. An Ishikawa diagram and the 6M method were used to determine the cause of the company's low productivity. Tasks were then standardized using an operations process diagram and right/left hand charts. Finally, the production times were determined using a stopwatch. With the use of these tools, it was determined that the work was not evenly distributed among the work areas. To solve this, tasks were reassigned to balance the workload. Finally, the results were captured on a check sheet. The study verified that the use of production management techniques increases productivity and efficiency and in the production processes. This study shows that there was a production increase of 5.49%.

*Keywords: time-motion; work efficiency; productivity; task distributions*

## INTRODUCCIÓN

Las pequeñas y medianas empresas en América Latina que realizan estudios de trabajo son competitivas, mientras que las empresas que operan empíricamente presentan multitud de problemas en su gestión productiva (Bloom y Van Reenen, 2010). Por lo tanto, combinar adecuadamente los recursos humanos, materiales y financieros es importante, ya que los beneficios se traducen en una reducción de costos y una mejora de calidad en los productos (Bernal, 2014). Dentro de esta perspectiva podemos afirmar que las empresas que aplican estudios de trabajo están en una mejor posición para ser competitivas, puesto que su trabajo está orientado a la efectividad empresarial. El gobierno en el Ecuador define cambios requeridos en la matriz productiva para impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible (Senplades, 2017). Al respecto, para que las empresas alcancen competitividad se debe realizar mejoras en los procesos de producción optimizando las condiciones en que se desarrolla el proceso productivo (Ahumada et al., 2016). De ahí se puede establecer que para incrementar la producción se debe aplicar técnicas que permitan utilizar adecuadamente los recursos humanos, materiales y económicos, para que el sector industrial alcance competitividad. Dentro de esta perspectiva, podemos afirmar que las empresas que aplican apropiadamente estudios de trabajo producen más eficientemente (Adler, 1993).

La productividad se mide por el grado de eficiencia con que se emplean los recursos humanos y otros para alcanzar los objetivos empresariales. Esto quiere decir que se debe aplicar técnicas que permitan medir este grado de eficiencia. Para equilibrar la línea de trabajo, eliminar o reducir los movimientos no efectivos y acelerar los efectivos, se debe emplear un método (Niebel y Freivalds, 2014). López et al. (2015), por ejemplo, han propuesto un modelo de programación de la producción mediante la aplicación de una meta heurística para lograr la reducción del tiempo de terminación del último trabajo. Alternativamente, un método que las empresas pueden aplicar es el estudio de tiempos y movimientos para asignar de forma adecuada las tareas a los operarios. De esta manera contarán con un informe detallado de sus actividades, para analizarlas y mejorarlas.

El objeto de un estudio de movimientos es eliminar o mejorar elementos innecesarios que podrían afectar la productividad, seguridad, y calidad de la producción. Un estudio de tiempos consiste en la determinación del tiempo que requiere completar un proceso, actividad, tarea o paso específico (Salvendy, 2001). Estos dos elementos, un estudio de tiempos y un estudio de movimientos, forman parte de un estudio de trabajo. A finales del siglo XIX, Frederick Taylor (1911) comenzó a estudiar los tiempos asociados con actividades laborales y desarrolló el concepto de tarea. Motivados por los estudios de tiempos de Taylor, alrededor del mismo periodo, la pareja de esposos Frank y Lillian Gilbreth condujeron estudios de movimientos (Krenn, 2011) que complementaron el trabajo de Taylor sobre estudios de tiempos. A pesar de la pérdida de popularidad de los estudios de tiempos y movimientos a fines del siglo 20 (Adler, 1993), ellos han recuperado su estatura y son ahora una herramienta esencial para el análisis y mejora de los procesos de manufactura (Abbas et al., 2016), (Vijai et al., 2017) por ejemplo.

El estudio descrito en este artículo tuvo por objetivo identificar inconvenientes de producción aplicando un estudio de tiempos y movimientos en la línea de calzado ejecutivo en una empresa ecuatoriana de producción de calzado. La corrección de los inconvenientes identificados por el estudio permitió a la empresa incrementar las unidades producidas durante una jornada de trabajo y cumplir con los objetivos propuestos en su planificación anual. No se encontró literatura relacionada directamente con el tema. Un artículo describe la ejecución de un estudio de tiempos y movimientos aplicado a una empresa de manufactura de calzado en Filipinas (Marcelo et al., 2016). La contribución del presente trabajo es la aplicación de las técnicas de tiempos y movimientos al ambiente empresarial latinoamericano en general, y al ecuatoriano en particular, específicamente aplicadas a la manufactura de calzado. Además del estudio en las Filipinas ya mencionado, se encontró 14 artículos sobre la aplicación de estudios de tiempos y movimientos al sector manufacturero y de extracción en general, y 10 artículos sobre estudios de tiempos y movimientos realizados en industrias relacionadas a la salud. Además de artículos sobre la aplicación de tiempos y movimientos a industrias específicas, se encontró artículos describiendo la integración de los estudios de tiempos y movimientos a la manufactura esbelta ("*lean*"), por ejemplo, (Monroe-Wise et al., 2017), y la Gestión de Procesos de Manufactura (Owens y Timms, 2013).

La metodología usada en este estudio es consistente con el método desarrollado por Won K. Ham y Sang C. Park (2014) para el estudio y mejora de líneas de ensamblaje humanas. Este método consiste en cinco niveles posibles de niveles de análisis: estación de trabajo, trabajador, ciclo de operación, elemento de trabajo, y movimiento unitario. Dos actividades principales están incluidas en este modelo: mejora del proceso del trabajo de ensamblaje, y la mejora de la eficiencia del equilibrio de la línea de producción. Este estudio se enfocó sólo en la primera actividad, ya que el proceso de producción de calzado en la empresa que se estudió sólo incluía una línea con cinco áreas o estaciones de trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A fin de realizar un estudio de tiempos y movimientos lo más cercano a los entornos reales de las industrias de producción de calzado de la Ciudad de Cotacachi, se decidió trabajar en la empresa "Industria del Cuero" de Cotacachi, ya que para su producción aplican procesos manuales y hacen uso de maquinaria, al igual que gran parte de empresas productoras de la localidad. La empresa cuenta con 16 operarios, y planificó producir un volumen de 95 pares diarios, 475 semanales y 1900 mensuales, para establecer un precio competitivo. Sin embargo, actualmente está produciendo 91 pares diarios, 455 semanales y 1820 mensuales, resultado que representa un déficit en la producción de 80 pares mensuales, o el 4,21% de la producción planeada. El presente trabajo describe la aplicación de un estudio de tiempos y movimientos para el proceso de producción de calzado tipo mocasín en las áreas de corte, costura, armado, prefabricado y terminado. El estudio se realizó para la talla # 40, ya que reporta mayor cantidad de ventas y representa la mediana estadística.

Para desarrollar el estudio primero se realizó un diagnóstico del proceso de producción para determinar el factor crítico en el proceso. La selección del trabajo del presente estudio se lo realizó desde un punto de vista funcional, puesto que el estudio se orienta concretamente a lograr eficiencia aplicando métodos que permiten racionalizar el trabajo. Al respecto, el objetivo de la administración científica es aumentar la productividad optimizando el trabajo, específicamente las tareas de los operarios (Kambhampati, 2017). Para conocer cuál es la causa que está provocando el problema de producción se utilizó el diagrama de Ishikawa, herramienta que mediante una gráfica relaciona un problema con los factores que posiblemente lo generan (Hauser, 2018). El método que se aplicó es el de las 6M's que consiste en agrupar las causas en las categorías de mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente, para determinar la causa del problema y relacionarla con alguna de las M's (Luca, 2016).

### Pasos del estudio

El estudio consta de 6 pasos: (1) preparación para ejecutar el estudio, (2) ejecución del estudio, (3) valoración del ritmo de trabajo, (4) suplementos del estudio de tiempos, (5) cálculo del tiempo tipo o estándar, y (6) asignación de trabajo compartiendo tareas.

#### *Preparación para ejecutar el estudio*

Se tomó una serie de medidas para que no exista inferencia que pueda afectar los resultados del estudio. Primero, seleccionar el trabajo según el orden de operaciones; segundo, seleccionar los operarios según su habilidad, cooperación, temperamento y experiencia; tercero, solicitar la colaboración de un trabajador para realizar el estudio; por último, realizar un análisis de comprobación del método de trabajo para verificar su estándar.

*Selección del trabajo.* Se comprobó que no era posible seleccionar el trabajo según se presentan las tareas en el proceso de producción, puesto que la empresa no contaba con un diagrama que permita visualizar detalladamente el proceso de producción. Por esta razón, se trazó un diagrama de operaciones del proceso de producción que proporcione de forma detallada las operaciones de trabajo. Mediante la observación *in situ* se logró identificar que el calzado se lo elabora realizando varias tareas en áreas muy definidas. Una vez que se termina de realizar el trabajo en un área, el producto pasa a la siguiente, hasta que el calzado queda terminado. Por consiguiente, se identificó, ordenó y esquematizó secuencialmente las operaciones e inspecciones en cada una de las áreas.

*Selección de los operarios.* Se la realizó mediante una evaluación de desempeño en forma individual. Se utilizó un cuestionario de doble entrada y se aplicó el método de escalas de gráficas en las líneas horizontales; se estableció cuatro factores de evaluación: habilidad, cooperación, temperamento y experiencia. En las líneas verticales se establecieron cuatro factores de desempeño: óptimo, bueno, regular y malo.

*Solicitud de colaboración a los empleados.* El trabajo se realizó explícitamente; se comunicó por escrito al jefe de producción y a los jefes de área sobre el procedimiento de estudio. Además, se observó las políticas empresariales de producción para posteriormente solicitar la colaboración de cinco trabajadores (uno por área).

*Análisis de comprobación del método de trabajo.* Puesto que existe interdependencia entre las condiciones de trabajo y la productividad (Sánchez, 2017), la disminución de la productividad es imputable a las malas condiciones de trabajo. Se realizó un análisis empleando la observación *in situ* y una entrevista para obtener información clara y concisa y determinar las condiciones de trabajo.

### *Ejecución del estudio*

Este estudio se ejecutó en cuatro fases: obtención y registro de la información, descomponer la tarea en elementos, cronometrar, y calcular el tiempo observado.

*Obtener y registrar la información.* Mediante una información *in situ* se registró información referente al producto y al proceso para identificar factores que permitan mejorar o eliminar ineficiencia en la producción. Por lo tanto, se examinaron los siguientes aspectos: primero, objeto de la operación; segundo, diseño de la pieza; tercero, tolerancias y especificaciones; cuarto, materia prima directa e indirecta; quinto, proceso de fabricación; sexto, preparación de herramientas y patrones; séptimo condiciones de trabajo; octavo, manejo de materiales; noveno, distribución de máquinas y por último los principios de economía de movimientos. El registro de la información se lo realizó preguntándoles a los dieciséis operarios que trabajan en la planta sobre los factores mencionados.

*Descomponer la tarea en elementos.* Con la colaboración de los operarios seleccionados y la aplicación de diagramas del proceso bimanual, se registró las operaciones, tareas y micro-movimientos en las cinco áreas de producción: corte, costura, armado, prefabricado y terminado. Además, se verificó en el diagrama de operaciones que no existe un control continuo de calidad. Para corregir esta restricción se agregó una tarea de control en las cinco áreas de trabajo. Al respecto, la necesidad de asegurar la continuidad y la intercambiabilidad de la producción obliga a implantar una inspección a gran escala, donde cada pieza es controlada y, consiguientemente, aceptada o rechazada.

*Cronometrar.* Para asegurar que el tiempo tomado sea el adecuado, se realizaron los siguientes pasos: primero, se pidió la colaboración de los operarios seleccionados, quienes desempeñan su trabajo con constancia, estando familiarizado con las operaciones; segundo, para la toma de tiempos se utilizó el método de lectura con retroceso a cero, que es flexible y comienza siempre en cero; tercero, el orden de trabajo se lo realizó de acuerdo a las operaciones, tareas y micro movimientos que fueron registrados con la aplicación de los diagramas de proceso bimanual.

*Calcular el tiempo observado.* Para determinar las observaciones necesarias y posteriormente obtener su promedio, se aplicó una fórmula estadística que permite establecer la cantidad adecuada de observaciones para normalizar el tiempo de trabajo. Al respecto, es necesario estandarizar el tiempo para el desempeño del trabajo o parte de él (Render y Heizer, 2017):

$$N = \left( \frac{K \cdot \sigma}{e \cdot \bar{x}} \right)^2 + 1 \quad (1)$$

en donde  $K = 2$  para un riesgo de error del 5%, y un valor de error fijado de  $e = 0,04$ .

### *Valoración del ritmo de trabajo*

Se la realiza mediante un análisis cualitativo de cuatros aspectos: habilidad, desempeño, rotación de puestos y procedimientos en las áreas. Puesto que la valorización es un tema muy discutido en el estudio de tiempos, el jefe de producción, conjuntamente con los jefes de área, tomando en cuenta cuatro aspectos, habilidad, desempeño, rotación de puestos y procedimientos en las áreas, emitirán el juicio en calidad de analistas de tiempos.

### *Suplementos del estudio de tiempos*

La asignación se la realizó mediante un análisis de dos causas: asignables por retrasos personales, y por fatiga. Es fundamental asignar un suplemento de trabajo, puesto que si calculamos la cantidad de tiempo sin tener en cuenta causas de demora asignables a retrasos personales y fatiga, no podremos cumplir con las metas propuestas. Al respecto, el trabajo o la tarea objeto del estudio se divide en partes o elementos que se puedan medir.

### *Cálculo del tiempo tipo o estándar*

El tiempo estándar se determinó de acuerdo a cinco medidas: Tiempo estándar por operario, combinaciones de actividades, asignación de trabajo compartiendo tareas, suplementos, y determinación de la capacidad de producción.

*Tiempo estándar por operario.* Una vez que se obtuvo y se registró la información de las operaciones, se procedió a comprobar si el tiempo estándar, calculado de los operarios, tiene equilibrio en la línea de trabajo,

mediante el siguiente procedimiento: primero, se sumó las tareas de las áreas, y se determinó el tiempo acumulado; posteriormente se asignó suplementos del 10%, (el 6% por retrasos personales, puesto que se trata de un trabajo repetitivo; el 4% por retrasos por fatiga, puesto que el trabajo es relativamente ligero), y así se determinó el tiempo por operario.

#### Asignación de trabajo compartiendo tareas

Las tareas que se realizan en el área de costura son las que mayor tiempo requieren, por lo tanto, constituye el tiempo más breve del ciclo de producción. Debido a la característica del proceso de producción no se puede cambiar el orden de la maquinaria y mobiliarios, ya que con la distribución existente resulta fácil ejecutar las operaciones de trabajo. Por esta razón, para reasignar el tiempo se procedió a pasar tareas de una estación a otra, de modo que la estación de trabajo contigua intervenga para ayudar. Para asignar las tareas de trabajo se realizó con el jefe de producción un análisis de la experiencia y capacitación de los operarios. Se concluyó que existen tareas que no pueden dividirse y que es inevitable asignarlas a operarios que no poseen suficiente destreza. Para solucionar este inconveniente se acordó, conjuntamente con los jefes de área, conceder un suplemento especial del 8%. Al respecto, el estándar de la mano debe contemplar la cantidad de minutos que permitan ejecutar el trabajo de forma eficiente y eficaz (Gaither y Frazier, 2000).

## RESULTADOS

Primero se listan los resultados preliminares, y a continuación se presentan los resultados finales del estudio.

#### Preliminares

El diagrama de Ishikawa que se preparó para asistir en la determinación de las causas del problema de producción se muestra en la Figura 1:



Fig. 1: Diagrama de Ishikawa aplicado para determinar la causa del problema de producción

Analizando las posibles causas, se llega a la conclusión de que el origen del problema se encuentra en los métodos de trabajo, ya que se presenta un cuello de botella en el área de costura. Además, los jefes de área manifiestan que existen operaciones que demandan más trabajo que otras; sin embargo, esta restricción no se pudo comprobar porque el proceso no estaba estandarizado. Dentro de esta óptica se determina que el trabajo a realizarse es un estudio de tiempos y movimientos en las cinco áreas de trabajo: corte, costura, prefabricado, armado y terminado en lo que respecta a las operaciones, tareas y movimientos, para estandarizar la producción de calzado y equilibrar la línea de trabajo. Luego de haber realizado el análisis de cada uno de los pasos y etapas del estudio, se obtienen los siguientes resultados:

En el primer paso, correspondiente a la preparación para ejecutar el estudio, se obtuvieron los siguientes resultados según los pasos propuestos en la metodología. En la fase de la selección del trabajo, se esquematizó un diagrama de operaciones del proceso de producción de calzado, mostrado en la Figura 2. Con respecto a la siguiente fase, que corresponde a la selección de los operarios mediante la evaluación de desempeño, se permitió obtener resultados cuantitativos que se ordenaron de menor a mayor, para aplicar el criterio de la mediana estadística y así contar con una base de datos de trabajadores con destrezas promedio.



Fig. 2: Diagrama de operaciones

En la fase respecto a la solicitud de colaboración a los empleados, se obtuvo la colaboración de cinco trabajadores entre aquéllos que obtuvieron en la fase de selección una evaluación promedio. Finalmente, en el punto sobre los análisis de comprobación del método de trabajo, en primer lugar, se pudo comprobar que los obreros trabajan en un ambiente adecuado de higiene, iluminación, temperatura, y ruido. Seguidamente, se identificó que la maquinaria se encuentra colocada secuencialmente en las áreas de trabajo, y que existe rutas de materia prima y del personal. A continuación, se verificó que existe un lugar fijo y determinado para las herramientas, las que están colocadas en un lugar donde no provocan accidentes. Por último, se verificó que los empleados usan equipos de protección, como son mascarillas, dedos y delantales.

Con respecto al segundo paso, que corresponde a la ejecución del estudio, se obtuvieron los siguientes resultados. En la fase en la que se obtiene y registra la información, y que se realizó mediante el registro de la información obtenida de los dieciséis operarios que trabajan en la planta, los resultados generados determinan que no era necesario realizar cambios en ninguno de los aspectos mencionados. En la fase que propone descomponer la tarea en elementos, basado en la verificación del diagrama de operaciones (ver Figura 1), se comprueba que no existe un control continuo de calidad. Por esta razón, en cada tarea de control en las cinco áreas de trabajo, con la aplicación de doce diagramas bimanuales (ver Tabla 1), se estandarizó el trabajo en todas las áreas.

En la fase referente a la necesidad de cronometrar conjuntamente con los operarios, para definir el método de lectura y el orden de trabajo registrados con la aplicación de los diagramas de proceso bimanual (ver Tabla 2), se procede con la siguiente etapa, que se refiere al cálculo del tiempo observado con el objeto de estandarizar el tiempo para el desempeño del trabajo. Los resultados obtenidos están documentados en la Tabla 3. En el tercer paso, referente a la valoración del ritmo de trabajo, en el análisis cualitativo de los aspectos: habilidad, desempeño, rotación de puestos y procedimientos en las áreas, el jefe de producción y los jefes de área calificaron a los cinco operarios que intervinieron con un puntaje aceptable. Por esta razón, se estableció que el tiempo tomado es el correcto para ejecutar la producción.

Tabla 1: Diagrama bimanual de la operación corte de piezas de cuero.

<i>Diagrama Del Proceso Bimanual - Operación: Corte De Piezas De Cuero</i> <i>Elaborado Por: Adrián Andrade - Operario: Marino Bolaños</i>			
<i>Tareas Mano Izquierda</i>	<i>Símbolos</i>	<i>Tareas Mano Derecha</i>	<i>Símbolos</i>
Tomar el cuero	AL, T	Tomar el cuero	AL, T
Extender el cuero sobre la mesa	PP, M	Extender el cuero sobre la mesa	PP, M
Ubicación de moldes de medallones	AL, S, I	Ubicación de moldes de medallones	AL, S, I
Cortar los medallones	SO	Cortar los medallones	U
Ubicación de moldes de palas	AL, S, I	Ubicación de moldes de palas	AL, S, I
Cortar las palas	SO	Cortar las palas	U
Ubicación de moldes de aletas	AL, S, I	Ubicación de moldes de aletas	AL, S, I
Cortar las aletas	SO	Cortar las aletas	U
Ubicación de moldes de refuerzo	AL, S, I	Ubicación de moldes de refuerzo	AL, S, I
Cortar los refuerzos del medallón	SO	Corte del refuerzo del medallón.	U
Ubicación de moldes de talones	AL, S, I	Ubicación de moldes de talones	AL, S, I
Cortar los talones	SO	Cortar los talones	U
Ubicación de moldes de refuerzo	AL, S, I	Ubicación de moldes de refuerzo-	AL, S, I
Cortar los refuerzos del elástico	SO	Cortar los refuerzos del elástico	U
Señalización de tallas en cortes	SO	Señalización de tallas en cortes	U
Ubicar en el área de piezas trabajadas	M, S	Ubicar en el área de piezas trabajadas	M, S
Revisión de los cortes	AL, T, I	Revisión de los cortes	AL, T, I

Tabla 2: Resultados de la aplicación de diagramas del proceso bimanual.

Área	Operaciones	Tareas	Micro-movimientos
Corte	5	41	144
Costura	3	41	332
Prefabricado	2	20	58
Armado	5	47	120

Tabla 3: Resultados de toma de tiempo promedio.

<i>Ciclos Medidos En Segundos Y Centésimas</i>			
<i>Operación</i>	<i>Tiempo 1 Ciclo</i>	<i>Observaciones Necesarias</i>	<i>Promedio Con Observaciones Necesarias</i>
Corte piezas de cuero.	223,33	12	226,27
Corte piezas de forro.	90,10	26	88,36
Corte plantillas de descarnes.	42,96	8	43,07
Corte contrafuertes y punteras.	47,35	14	46,89
Revisión de los cortes.	7,50	1	7,50
Desbastar piezas de cuero.	134,88	10	134,21
Ensamble piezas de cuero y forro.	1352,31	9	1351,03
Revisión de costuras.	9,75	1	9,75
Preformar, perfilar y colocar el corte en la horma.	656,24	10	656,21
Revisión del armado.	6,40	1	6,40
Rebanar, señalar, cardar el corte y cardar la planta.	334,68	8	330,03
Lavar la planta y aplicar primer en el corte y la planta.	187,03	12	186,95
Aplicar Kisafix en la planta y el corte.	111,87	9	111,78
Reactivar, unir, descalzar planta y corte.	180,38	7	180,12
Revisión del prefabricado.	8,85	1	8,85
Terminar, codificar y empacar.	480,84	7	480,08
Control de calidad del producto.	12,50	1	12,50
<i>Tiempo general proceso de producción</i>	<i>3886,95</i>		<i>3880,00</i>

Refiriéndonos al cuarto paso, que se enfoca en los suplementos del estudio de tiempos, mediante las causas indicadas, se consideró todos los aspectos de trabajo que demandan tiempo. Por esta razón se concedió dos suplementos, suplementos por retrasos personales (6%), y suplementos por retrasos por fatiga (4%). Con respecto al quinto paso, en el que se realizó el cálculo del tiempo tipo o estándar, determinados por las siguientes medidas, se obtuvieron los resultados listados en la Tabla 4. En la fase centrada en la medida del tiempo estándar por operario, se determinaron los tiempos listados a continuación, donde el tiempo estándar por operario = tiempo estándar por área / número de operarios que trabajan en el área.

Tabla 4: Resultados de análisis de tiempos.

Área	Tiempo Acumulado	Suplementos 10%	Tiempo Estándar Por Área	Operarios	Tiempo Estándar Por Operario
Corte	412,09	41,21	453,30	2	226,65
Costura	1494,99	149,50	1644,49	4	411,12
Armado	662,61	66,26	728,87	4	182,22
Prefabricado	817,73	81,77	899,50	4	224,88
Terminado	492,58	49,26	541,84	2	270,92
TOTAL	3880,00	388,00	4268,00	16	

Se comprobó que el tiempo estándar por operario es diferente en todas las áreas. Por esta razón, el siguiente correctivo a tomarse es equilibrar el trabajo de los operarios. Como se observa en la Tabla 4, una vez calculado el tiempo de trabajo por operario, se comprobó que la restricción que afecta el proceso es porque la línea de producción no se encuentra equilibrada en ninguna de las áreas. Al respecto, el objetivo del proceso de producción es encontrar la forma de producir bienes equilibrando el trabajo en las diferentes áreas de producción. Para dar solución al problema, se procedió a promover que todos los trabajadores aporten con ideas. El resultado de esta reunión fue la decisión conjunta de transferir tareas de un operario a otro. En el sexto paso, que corresponde a la reasignación de trabajo compartiendo tareas, para calcular el tiempo del proceso de producción se procedió a sumar el tiempo estándar que corresponde a 4268 segundos más el suplemento que corresponde a 341,44 segundos, dando un total de 4609,44 segundos. Adicionalmente, se procedió a dividir el tiempo total del proceso de producción entre el número de trabajadores. No fue posible dividir entre el número de áreas, ya que existe diferente cantidad de trabajadores en las áreas. Se reasignó las actividades según la Tabla 5 a continuación:

Tabla 5: Resultados de reasignación.

Operario	Tarea Inicial	Tarea Final	Tiempo Asignado
Uno	Tomar el cuero	Señalización de tallas en cortes	288,10
Dos	Ubicar en el área piezas trabajadas	Señalización de tallas en puntas	288,50
Tres	Ubicar en el área piezas trabajadas	Aplicar pegante en el laterales	289,14
Cuatro	Ensamblar laterales y talón	Aplicar pegante en elástico	288,38
Cinco	Ensamblar elástico y refuerzo	Ubicar las piezas ensambladas	288,04
Seis	Coser las piezas de cuero	Ensamblar las piezas (pala)	287,02
Siete	Coser las piezas (pala)	Tomar cortes de cuero y forro	286,70
Ocho	Embolsar el corte de cuero	Clavar las plantillas en la horma	290,36
Nueve	Perfilar la plantilla	Empastar la punta	286,04
Diez	Preformar talón	Martillar y sacar el filo de la punta	287,38
Once	Definir la altura de talón y colocar	Ubicar el corte puesto en la horma	287,10
Doce	Cardar la parte señalada	Dejar la planta y ubicarla	287,38
Trece	Tomar el corte	Dejar la planta	286,76
Catorce	Tomar el corte	Ubicar en el área de piezas	290,44
Quince	Tomar el calzado	Pegar la eva en la plantilla	288,08
Dieciséis	Poner la plantilla en el calzado	Ubicar en el área de producto	290,02
Total			4609,44



La asignación de tareas a los operarios se efectuó en base al detalle registrado en los diagramas bimanuales, (ver Tabla 1), y la asignación del tiempo en base al tiempo estándar establecido de 288,09. A los operarios se les asignó una tarea de inicio y de fin, así como también la medida de tiempo que toma realizar el trabajo (ver Tabla 5). La diferencia mínima de tiempo que se presenta es porque el trabajo presentó características que no permitió dividirlo hasta que los operarios lleguen a tener un tiempo igual; esta diferencia es compensada con el suplemento especial del 8% asignado. La capacidad de producción diaria se determinó dividiendo el número de segundos en un día (28800) entre el tiempo de la operación más lenta en la Tabla 5 (290,36 segundos). El resultado fue 99,19. Una vez que se concluyó con el estudio de tiempos y movimientos, para aplicar el nuevo método se preparó un informe con los siguientes datos: (1) los procedimientos de ejecución del estudio por escrito, (2) los diagramas propuestos con las respectivas firmas de aprobación, (3) la planificación de producción, y (4) el calendario de su implementación. Se formalizó una reunión de trabajo con el jefe de producción y los jefes de áreas. Previo el análisis del informe, se obtuvo su aprobación. Posteriormente, en una reunión general, se informó los cambios a los trabajadores.

### Resultados finales

Trascurrido un mes, se verificó los resultados de producción aplicando una hoja de verificación (Suryoputro et al., 2017). El informe de producción (ver Tabla 6) puntualiza cómo fue creciendo en forma progresiva la producción a medida que los operarios se familiarizaban con las nuevas tareas asignadas. Aplicando técnicas para agilizar y simplificar el trabajo se puede evidenciar un incremento de eficiencia y productividad. Al respecto, las reducciones en el tiempo del ciclo de trabajo sólo se logran agilizando y simplificando los procesos para eliminar los pasos que no agregan valor (James y Lindsay, 2015). La capacidad del proceso establecida con el estudio de tiempos y movimientos de 96 pares diarios, que representa el 96,78%, se alcanzó transcurridos 18 días de trabajo, y así continuó durante los días siguientes.

Tabla 6: Informe de producción.

Semana 1					Semana 2				
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
91	91	92	92	92	92	93	93	93	93
91.74%	91.74%	92.75%	92.75%	92.75%	92.75%	93.76%	93.76%	93.76%	93.76%
Semana 3					Semana 4				
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
94	94.00	94	94	95	95	95	96	96	96
94.77%	94.77%	94.77%	94.77%	95.78%	95.78%	95.78%	96.78%	96.78%	96.78%

## DISCUSIÓN

Estudios similares realizados por otros investigadores sólo se contentaron con presentar los tiempos empleados en los procesos bajo estudio (Rodrigues-Barbosa et al., 2011). Este estudio, sin embargo, no sólo obtuvo los tiempos asociados con el proceso de producción, sino que utilizó los resultados para equilibrar los tiempos de las estaciones de trabajo. En general, los estudios revisados obtuvieron mejoras en su eficiencia en el orden de doubles dígitos (Centeno et al., 2005), (Ani y Hamid, 2014), (Tippayawong y Prapasirisulee, 2011), por ejemplo. La mejora de 5,49% que obtuvo este estudio estuvo afectada por el ambiente en la empresa: el proceso de producción no estaba documentado cuando se inició el estudio, y la estandarización y mejora en los tiempos sólo pudo realizarse hasta cierto punto.

Algunos estudios usaron cámaras para filmar los movimientos de los trabajadores (Contreras et al., 2017), lo que ofrece una serie de ventajas: requiere menos esfuerzo humano, menos susceptible de errores, y los investigadores no tienen que estar en la planta, por lo que la influencia de la investigación en los trabajadores disminuye. Este estudio usó el método del cronómetro, el que, con el debido cuidado, da resultados satisfactorios. Desde la perspectiva general, se puede manifestar que a pesar de que el estudio fue minucioso y ordenado, y que los resultados obtenidos fueron positivos, se debe seguir con la recolección y análisis de datos para controlar de manera permanente los resultados. Esto permitirá hacer del estudio un argumento sólido para la toma de decisiones en la empresa. Es también indispensable implementar un plan de marketing que permita vender los productos, ya que caso contrario tendremos un alto nivel de productos terminados en la bodega.

## CONCLUSIONES

Del estudio sobre la aplicación de tiempos y movimientos en una empresa de producción de calzado que aplica procesos manuales y hace uso de maquinaria se puede obtener las siguientes conclusiones: 1) la característica primordial de la metodología empleada radica en el equilibrio de línea de producción, misma que permite equilibrar el trabajo entre los distintos operarios; 2) el estudio es fácil de emplear para la producción de calzado, ya que los diagramas y las técnicas de trabajo son fáciles de aplicar; 3) los resultados de la capacidad de producción obtenidos en el estudio son comparables con los ejecutados en el trabajo, mediante una comparación entre lo estandarizado con lo realizado.

## REFERENCIAS

- Abbas, M., A. Abbas y W.A. Khan, Scheduling Job Shop - A Case Study, doi: 10.1088/1757-899X/146/1/012052, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 146(1) (2016)
- Adler, P.S., Time-and-Motion Regained, Harvard Business Review, ISSN: 0017-8012, 71(1), 97-108 (1993)
- Ahumada, L.M., A. Verdeza, A.J. Bula y J. Lombana, Optimización de las Condiciones de Operación de la Microgasificación de Biomasa para Producción de Gas de Síntesis, doi: 10.4067/S0718-07642016000300017, Información Tecnológica, 27(3), 179-188 (2016)
- Ani, M.N. y S.A. Hamid, Analysis and Reduction of the Waste in the Work Process Using Time Study Analysis: A Case Study, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.660, Applied Mechanics and Materials, 660, 971-975 (2014)
- Bernal, C., Introducción a la Administración de las Organizaciones, 2ª Ed., Pearson Educación, México D.F., México (2014)
- Bloom, N. y J. Van Reenen, Why Do Management Practices Differ across Firms and Countries, doi: 10.1257/jep.24.1.203, Journal of Economic Perspectives, 24(1), 203-224 (2010)
- Centeno, G., R. Chaudhary y P. Lopez, Developing Standard Times for Repair Activities for Transit Vehicles, doi: 10.3141/1927-13, Journal of the Transportation Research Board, 1927, 112-122 (2005)
- Contreras, M., R. Freitas, L.S. Ribeiro y C. Clark, Multi-Camera Surveillance Systems for Time and Motion Studies of Timber Harvesting Equipment, doi: 10.1016/j.compag.2017.02.005, Computers and Electronics in Agriculture, 135, 208-215 (2017)
- Gaither, N. y G. Frazier, Administración de Producción y Operaciones, 4ª Ed., Ediciones Paraninfo, México D.F., México (2000)
- Ham, W.K. y S.C. Park, A framework for the Continuous Performance Improvement of Manned Assembly Lines, doi: 10.1080/00207543.2014.911420, International Journal of Production Research, 52(18), 5432-5450 (2014)
- Hauser, S., Analysis of Requirement Problems Regarding Their Causes and Effects for Projects with the Objective to Model Qualitative PRIs - Empirical study, CEUR Workshop Proceedings, ISSN: 1613-0073, 2075, CEUR-WS, Utrecht, Holanda (2018)
- Kambhampati, V., Principles of Industrial Engineering; 67th Annual Conference and Expo of the Institute of Industrial Engineers, 890-895, Institute of Industrial Engineers, Pittsburgh, USA (2017)
- Krenn, M., From Scientific Management to Homemaking: Lillian M. Gilbreth's Contributions to the Development of Management Thought, doi: 10.1177/1744935910397035, Management and Organizational History, 6(2), 145-161 (2011)
- López, J.C., J.A. Giraldo y J.A. Arango, Reducción del Tiempo de Terminación en la Programación de la Producción de una Línea de Flujo Híbrida Flexible (HFS), doi: 10.4067/S0718-07642015000300019, Información Tecnológica, 26(3), 157-172 (2015)
- Luca, L., A New Model of Ishikawa Diagram for Quality Assessment, doi: 10.1088/1757-899X/161/1/012099, 20th Innovative Manufacturing Engineering and Energy Conference, IOP Publishing Ltd, Kallithea, Grecia (2016)
- Marcelo, M.T., G.V. Avila y otros tres autores, Process Improvement and Utilization of Machines in the Production Area of a Shoe Manufacturing Company, doi: 10.1109/IEEM.2016.7797966, IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEE (2016)
- Monroe-Wise, A., E. Reisher y otros seis autores, Using Lean Manufacturing Principles to Evaluate Wait Times for HIV-Positive Patients in an Urban Clinic in Kenya, doi: 10.1177/0956462417711624, International Journal of STD & AIDS, 28(14), 1410-1418 (2017)
- Niebel, B. y A. Freivalds, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, 11ª Ed., Alfaomega, Buenos Aires, Argentina (2014)
- Owens, R. y R. Timms, Automatic Engineering, Industrial Engineer, ISSN: 1542-894X, 45(10), 44-49 (2013)
- Render, B. y J. Heizer, Principios de Administración de Operaciones, 9ª Ed., Pearson Educación, México D.F., México (2017)
- Rodrigues-Barbosa, A., L. Miranda de Miranda y otros tres autores, Age and Gender Differences Regarding Physical Performance in the Elderly from Barbados and Cuba, Revista de Salud Pública, ISSN: 0124-0064, 13(1), 54-66 (2011)

- Salvendy, G. (Ed.), Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management, John Wiley & Sons, New York, USA (2001)
- Sánchez, M., Fundamentos de Ergonomía, Patria, México D.F., México (2017)
- Senplades, Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Quito, Ecuador (2017)
- Suryoputro, M.R., M. Sugarindra y H. Erfaisalsyah, Quality Control System Using Simple Implementation of Seven Tools for Batik Textile Manufacturing, doi: 10.1088/1757-899X/215/1/012028, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Institute of Physics Publishing, Bali, Indonesia (2017)
- Taylor, F.W., The Principles of Scientific Management, Harper & Brothers (1911)
- Tippayawong, K.Y. y T. Prapasirisulee, Productivity Enhancement in a Wood Furniture Manufacturing Factory by Improving Work Procedures and Plant Layout, Recent Advances in Manufacturing Engineering, ISSN: 1792-4693, 30-34 (2011)
- Vijai, J. P., G. Somayaji, R. Swamy y P. Aital, Relevance of F.W. Taylor's Principles to Modern Shop-Floor Practices: A Benchmarking Work Study, doi: 10.1108/BIJ-02-2015-0019, Benchmarking: An International Journal, 24(2), 445-466 (2017)

