

# Impacto del balanceo de las cargas de trabajo en la productividad de la pequeña empresa de confección textil de Imbabura



## Impact of balancing workloads on the productivity of the small textile manufacturing company in Imbabura

Yépez, Ismael; Doukh, Natalia

Ismael Yépez

iyeppez@institutocotacachi.edu.ec

Instituto Superior Tecnológico Cotacachi, Ecuador

Natalia Doukh

ndoukh@institutocotacachi.edu.ec

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-FLACSO, Ecuador

### Ecuadorian Science Journal

GDEON, Ecuador

ISSN-e: 2602-8077

Periodicidad: Semestral

vol. 5, núm. Esp.3, 2021

esj@gdeon.org

Recepción: 24 Junio 2021

Aprobación: 04 Octubre 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/606/6062738013/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.150>

Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra sus sitios web personales o en depósitos institucionales, después de su publicación en esta revista, siempre y cuando proporcionen información bibliográfica que acredite su publicación en esta revista. Licencia de Creative Commons Las obras están bajo una <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Como citar: Yépez, I., & Doukh, N. (2021). Impacto del balanceo de las cargas de trabajo en la productividad de la pequeña empresa de confección textil de Imbabura. *Ecuadorian Science Journal*, 5(3), 138-151. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.150>

**Resumen:** La supervivencia de las micro, pequeñas y medianas empresas de confección, está condicionada fundamentalmente, por mantener e impulsar los niveles de productividad interna. El objetivo trazado de la investigación, es determinar el efecto de la introducción del balanceo de cargas de trabajo en la productividad de una línea de confección de una pequeña empresa de la provincia de Imbabura – Ecuador. Se empleó, de forma secuencial, el modelo básico de balanceo de cargas de trabajo y el modelo SALBP-1. El balanceo alcanzado presenta una variación positiva de la productividad multifactorial del 7.2%, mientras que la productividad del factor mano de obra, aumentó el 22.2%. El proceso mejorado, permite a la empresa responder a las fluctuaciones de la demanda de producción con mejores resultados esperados en términos económicos.

**Palabras clave:** Balanceo de Cargas de Trabajo, Productividad, Confección Textil.

**Abstract:** The survival of micro, small and medium-sized clothing companies is fundamentally conditioned by maintaining and promoting internal productivity levels. The objective of the research is to determine the effect of the introduction of workload balancing on the productivity of a clothing line of a small company in the province of Imbabura - Ecuador. The basic workload balancing model and the SALBP-1 model were used sequentially. The balance achieved shows a positive variation in multifactorial productivity of 7.2%, while the productivity of the labor factor increased by 22.2%. The improved process allows the company to respond to fluctuations in production demand with better expected results in economic terms.

**Keywords:** Balancing of Workloads, Productivity, Textile Manufacturing.

## INTRODUCCIÓN

Las empresas que conforman el sector manufacturero constituyen uno de los principales motores económicos para los países en vías de desarrollo (Orellana et al., 2020). Para el caso del Ecuador, el sector manufacturero, en una gran medida, está compuesto por empresas dedicadas a la fabricación de prendas de vestir. Es un grupo empresarial heterogéneo con prevalencia de micro, pequeña y mediana empresa. Si bien es cierto que la fabricación de prendas de vestir no encabeza el pódium en términos de valor agregado, su contribución a la economía nacional es importante en cuanto a generación de empleo directo, auto empleo y de encadenamiento con otros sectores productivos (Cervantes y Oviedo, 2019).

En la provincia de Imbabura, el 35% de las empresas de la industria manufacturera corresponden a empresas de fabricación de prendas de vestir; distribuidas entre micro (89,8%), pequeña (9,2%), mediana y gran empresa (0,9% entre ambos grupos). Estas emplean el 30% del total de la mano de obra de Imbabura afiliada al IESS. Esto permite a la provincia ocupar el primer lugar en el país por concentración de industria de confección textil en el territorio provincial (INEC, 2017).

La gestión de las empresas manufactureras está orientada a producir bienes y servicios, buscando los mejores niveles de productividad en sus procesos de fabricación (Miño, Moyano y Santillán, 2019). El proceso de fabricación o productivo hace referencia al conjunto de etapas comúnmente denominadas como procesos, pasos etc., requeridos para transformar materias primas y/o ensamblar partes o componentes para elaborar, finalmente, un producto. El incremento de la productividad implica una mejora de los procesos de fabricación; la productividad se entiende como una medida que relaciona la cantidad de recursos empleados y la cantidad de productos, resultantes del proceso productivo (Reyes, 2018).

Para el caso de la fabricación de prendas de vestir, el proceso productivo está con-figurado como una línea de producción, es decir, una secuencia de operaciones o estaciones de trabajo. Las líneas de producción en confección textil, normalmente, se adaptan fácilmente a la variación de las salidas y tienen la capacidad para elaborar lotes de producto de tamaño moderado (Yépez et al., 2019).

Las empresas de fabricación de prendas de vestir, especialmente micro, pequeñas y medianas, están inmersas en una serie de situaciones que restringen su productividad (Cuggia et al., 2020). En muchos casos, la productividad se ve comprometida por una alineación inadecuada entre los procesos productivos instaurados y los productos esperados de tales procesos, lo que genera una brecha entre la calidad alcanzada del producto y la efectivamente deseada por el cliente (Solís, 2019). También se evidencia la poca gestión de la seguridad e higiene en el trabajo (Alcívar et al., 2020); la falta de empleo de métodos y técnicas que impulsen la eficiencia de los procesos productivos (Barrios et al., 2019); la escasa capacidad de innovación en los productos; la restringida innovación de los procesos; las prácticas y procedimientos de trabajo tradicionales, etc. (García et al., 2021).

En estas circunstancias, el balanceo de las cargas de trabajo presenta una serie de bondades que conllevan a implantar procesos de fabricación más eficientes (Rongfan et al., 2020) mediante la instauración de un flujo continuo y uniforme de los productos en estado de fabricación (Orejuela y Flóres, 2019). Esto se logra al homogeneizar la capacidad de los procesos productivos, lo que, a su vez, conlleva a la utilización plena de los recursos invertidos en la producción y el aumento de la tasa de producción (Cano, Campo, Gómez, 2018); disminución de los tiempos ociosos y de retrasos (Tendeoy y Varela, 2017), entre otros. Se puede notar que el efecto del balanceo de cargas de trabajo incide sobre la productividad desde sus dos dimensiones. Se relaciona de forma directa con la tasa de producción, por un lado, y de manera inversa con los costos de producción, por el otro.

El proceso de balanceo de cargas de trabajo se ha aplicado a diferentes tipos de procesos productivos; por ejemplo, en procesos productivos de tipos lineales (Peña y Jiménez, 2019) y sobre los procesos productivos complejos (Ramos et al., 2020). El efecto positivo del balanceo de carga de trabajo en diferentes industrias tiene amplias referencias bibliográficas.

Ortega et al. (2018), mediante la organización de actividades, consiguen un balanceo de cargas de trabajo en la línea de ensamblaje de automóviles modelo M4 de Great Wall, lo que conlleva a la reducción del tiempo estándar de trabajo y el equilibrio de cargas de trabajo entre estaciones, alcanzando un empleo eficiente de la fuerza laboral.

Yilmazlar et al. (2020), usando la simulación de procesos productivos asistido por computadora, demuestran que el balanceo de cargas de trabajo en los procesos productivos de ensamblaje y montaje de electrodomésticos proporciona una plataforma de prueba para ayudar a identificar las ineficiencias y los cuellos de botella en el sistema.

Nourmohammadi et al. (2018), mediante el diseño de la línea de montaje desde los aspectos de balanceo de línea y alimentación de partes en una empresa productora de piezas de automóvil, demuestra la disminución de los costos de producción y la asignación óptima de los trabajadores a estaciones de trabajo.

Falcón et al. (2018), con la simulación de procesos productivos asistido por computadoras y una nueva organización de los operarios basadas en reglas heurísticas, aplicados a procesos de elaboración de alimentos preparados, consiguen balancear la carga de trabajo. Sus principales resultados consisten en lograr la entrega de los pedidos en los tiempos acordados con el cliente sin incurrir en ningún costo adicional y una mejora sustancial del uso del trabajo.

La literatura menciona tres modelos principales de balanceo de cargas aplicables a la industria: el modelo básico (MB), el modelo simple (Simple Assembly Line Balancing Problem, SALBP) y el modelo general (General Assembly Line Balancing Problem, GALBP).

El MB se emplea comúnmente para resolver el problema de balancear las cargas de trabajo mediante la asignación de un número óptimo de trabajadores a las operaciones en una línea de producción. MB parte de un conocimiento previo sobre el número, secuencia y tiempos de producción de cada operación de trabajo, además presupone una disponibilidad de recursos ilimitada. MB es imprescindible en situaciones en las que la línea de producción se diseña por primera vez.

A pesar de esta ventaja, el MB no considera la conformación de estaciones de trabajo donde el empleado ejecuta dos o más operaciones distintas en la misma jornada de trabajo.

El modelo SALBP, propuesto por Baybars (1986) y Scholl (1999), se aplica en el balanceo de cargas de trabajo cuando la línea de producción ya está previamente definida. En esta situación, SALBP aporta al incremento de la eficiencia de línea, mediante la conformación de estaciones de trabajo. Los supuestos detrás son similares al de MB, sin embargo, se supera el limitante de la asignación del empleado a un solo puesto de trabajo, como lo hace el MB. Las variaciones disponibles del SALBP permiten ajustarlo a las metas particulares de producción. Así, SALBP-I se emplea cuando el tamaño de lote de producto es conocido y SALBP-II es útil cuando se desconoce el tamaño del lote, pero se busca minimizar el número de estaciones del trabajo (Michels y Magatão, 2020).

Finalmente, el modelo GALBP permite balancear las cargas de trabajo en líneas de producción complejas, tales como las líneas de producción mixtas, con estaciones de trabajo en configuración paralela, procesamientos alternativos y tiempos de proceso variables. Las variantes del modelo GALBP, usadas con mayor frecuencia, corresponden al problema de balanceo de líneas de producción en U, líneas de producción mixtas, líneas de producción automatizadas, líneas de producción multiobjetivo, etc. (Pearce, 2019).

Los modelos de balanceo de cargas de trabajo se integran a la teoría de la planificación y control de la producción; se utilizan más frecuentemente en procesos de fabricación continua (May et al., 2021), caracterizada por grandes volúmenes y ciclos de producción ininterrumpidos. No obstante, se puede encontrar su uso en la programación de la fabricación de una cantidad de producto moderada, lo que corresponde a la tendencia actual de personalización y al cambio frecuente en los gustos del consumidor, así como en la planificación de la producción de volúmenes modestos de productos estacionales (Wątróbski et al., 2020).

La presente investigación consiste en el estudio del impacto de balanceo de cargas de trabajo en la productividad de una línea de confección designada a responder al aumento de la demanda de producción estacionaria en periodos cortos de una pequeña empresa de la provincia de Imbabura. La selección de una pequeña empresa como unidad de estudio, corresponde al hecho de que este tipo de empresas es frecuente, no solamente en la provincia, sino representa una forma empresarial difundida en todo el país, por lo que los hallazgos encontrados contienen un valor heurístico para la extensión de la práctica de balanceo de las cargas de trabajo como un método innovador para impulsar la productividad de las micro y pequeñas empresas, mediante la utilización eficiente de los recursos.

En el estudio se emplean dos modelos de balanceo de cargas de trabajo de forma secuencial: el MB, que consiste en asignar el número óptimo de trabajadores para diseñar una nueva línea de confección, y el modelo SALBP-1, para alcanzar una mejorada línea de producción, con operaciones combinadas en estaciones de trabajo.

El artículo presente está estructurado de la siguiente forma. Partiendo de la introducción, se continúa con la descripción de la metodología empleada en la investigación, luego se presentan los resultados obtenidos y su discusión y, finalmente, se exponen las conclusiones, recomendaciones y agradecimientos.

## METODOLOGÍA

El presente trabajo se centra en medir el impacto de la introducción del balanceo de cargas de trabajo en la productividad de una línea de confección de una pequeña empresa. La empresa se ubica en el cantón Ibarra de la provincia de Imbabura y se dedica exclusivamente a la confección de prendas de vestir bajo pedido.

El impacto del balanceo de las cargas de trabajo en la productividad se mide con una tasa de variación de la productividad (% $\Delta P$ ), calculada como cociente entre la productividad de la línea de producción una vez balanceada la carga de trabajo y la productividad de la misma línea sin el balanceo (Ecuación 1).

$$\% \Delta P = \left( \frac{\text{Productividad final}}{\text{Productividad inicial}} - 1 \right) \times 100 \quad [1]$$

Para estimar la tasa de variación de la productividad se utiliza la definición habitual de la productividad como un cociente entre las entradas y salidas del sistema, expresados en unidades monetarias.

Se pretende estimar tanto la variación de la productividad global de la línea, como la variación de la productividad de los factores de producción por separado, resultantes del balanceo de las cargas de trabajo.

El objeto de estudio es una línea de confección que fabrica el producto de mayor rentabilidad económica para la empresa, de acuerdo a los registros históricos del área de producción. El producto se denomina “camisetas cuello tejido”, que forma parte de uniformes institucionales. Comúnmente, la demanda de este producto es alta para un cierto periodo del año. La complejidad de fabricación de este producto radica en una serie de sub procesos adicionales como son, por ejemplo, los estampados y bordados, en contraste con la fabricación de las prendas de vestir denominadas “básicas”.

Al inicio del estudio, la línea de producción estaba conformada por 9 operaciones secuenciales, con 12 trabajadores empleados (NoP asignados). El número de trabajadores asignados a cada operación no era uniforme. Se procedió a recuperar la información sobre el tiempo estándar de cada operación de trabajo ( $T_s$ (teórico)) y el tiempo estándar alcanzado con la configuración de la línea de la empresa ( $T_s$ ). Esta información se presenta en la tabla 1.

**TABLA 1**  
Parámetros de la línea de confección de la empresa.

Operación	Predecesor	Ts (teórico)	NoP asignados	Ts
Operación 1	-	5.39	1	5.39
Operación 2	Operación 1	1.09	1	1.09
Operación 3	Operación 2	32.9	2	16.45
Operación 4	Operación 3	11.47	1	11.47
Operación 5	Operación 4	41.76	2	20.88
Operación 6	Operación 5	22.24	1	22.24
Operación 7	Operación 6	20.41	1	20.41
Operación 8	Operación 7	12.25	1	12.25

Los directivos de la empresa revelaron que no se había llevado a cabo un balanceo de las cargas de trabajo. En este caso, el balanceo de cargas de trabajo implica configurar una nueva línea de producción, que responde a una demanda conocida. Los recursos de mano de obra y maquinaria pueden ser considerados como infinitos y, además, se conoce el número, secuencia y tiempos de producción de cada operación de trabajo, lo que justifica el uso del MB de balanceo de cargas de trabajo.

Posterior a la configuración, se procede a calcular el impacto del balanceo de las cargas de trabajo realizado con el MB en la productividad global de la línea de producción y en la productividad individual de los factores.

A continuación, se pretende mejorar la configuración de la línea de producción mediante el análisis de la factibilidad de reducir la cantidad de estaciones del trabajo, por medio de la combinación de las operaciones efectuadas por un mismo trabajador, utilizando el modelo SALBP-1.

Enseguida se calcula la variación de la productividad global y de los factores de producción resultantes del balanceo de las cargas de trabajo realizadas con el modelo SALB-I.

### Impacto del balanceo de cargas de trabajo en la productividad de línea de confección con el MB

Para calcular el impacto del balanceo de cargas de trabajo, inicialmente se procede a estimar la productividad de la línea de confección de “camisetas cuello tejido” en situación original, es decir, cuando la asignación de puestos de trabajo se realiza en base a la experiencia del personal que trabaja en empresa.

Para aquello se estima la productividad global (ecuación 1) y la productividad del factor (ecuación 2).

$$Pf = \frac{Mu}{CuMo} ; \frac{Mu}{CuMp} ; \frac{Mu}{CuCif} \left[ \frac{\text{Dólares ganados}}{\text{Dólares invertidos}} \right] \tag{2}$$

$$P = \frac{Mu}{CuMo+CuMp+CuCif} \left[ \frac{\text{Dólares ganados}}{\text{Dólares invertidos}} \right] \tag{3}$$

Dónde:

Pf = Productividad de un solo factor [Dólares ganados/dólares invertidos]

Mu = Margen o utilidad unitaria [Dólares/unidad]

CuMo = Costo unitario de mano de obra [Dólares/unidad]

CuMp = Costo unitario de materia prima [Dólares/unidad]

CUif = Costo unitario de costos indirectos de fabricación [Dólares/unidad]

P = Productividad global [Dólares ganados/dólares invertidos]

Además,

$$\text{Mu} = \text{Pv} - \text{Cup} \quad [\text{Dólares/unidad}] \quad [4]$$

Dónde:

Pv = Precio de venta al público [Dólares]

Cup = Costo unitario de producción [Dólares/unidad]

$$\text{Cup} = \text{CuMo} + \text{CuMp} + \text{CUif} \quad [\text{Dólares/unidad}] \quad [5]$$

$$\text{CuMo} = \frac{\text{CtMo}}{\text{CpDi}} \quad [\text{Dólares/unidad}] \quad [6]$$

Dónde:

CtMo = Costo total de mano de obra [Dólares]

CpDi = Capacidad diseñada [Unidades/tiempo]

$$\text{CuMp} = \frac{\text{CtMp}}{\text{CpDi}} \quad [\text{Dólares/unidad}] \quad [7]$$

Dónde:

CtMp = Costo total de materia prima [Dólares]

CpDi = Capacidad diseñada [Unidades/tiempo]

$$\text{CUif} = \frac{\text{CtCif}}{\text{CpDi}} \quad [\text{Dólares/unidad}] \quad [8]$$

Dónde:

CtCif = Total de costos indirectos de fabricación [Dólares]

CpDi = Capacidad diseñada [Unidades/tiempo]

$$\text{CpDi} = \frac{1}{\text{Cb}} \times \text{T} \quad [\text{Unidades}] \quad [9]$$

Dónde:

Cb= Cuello de botella [Tiempo/unidad] es el tiempo de operación más largo de la línea de confección configurada.

T = tiempo de producción por jornada

Una vez se culmina el cálculo de la productividad de la línea de la confección original, se procede a asignar el número ideal de operadores a cada operación de trabajo. Para ello se continúe con el siguiente procedimiento:

1) Se determina el tiempo de ciclo ( $T_c$ ). Representa el tiempo en el que se produce un producto (Ecuación 10)

$$T_c = \frac{T_e}{C_{pOb}} [\text{Tiempo/unidades}] \quad [10]$$

Dónde:

$T_e$  = Tiempo de entrega [Tiempo]

$C_{pOb}$  = Capacidad de producción objetiva o meta de la línea de confección [Unidades/tiempo]

2) Se determina el número de operadores por estación de trabajo ( $N_{op}$ ). Consiste en estimar el número de personas que serán asignadas a cada operación de trabajo (Ecuación 11)

$$N_{op} = \frac{T_s}{T_c} [\text{Operadores/operación}] \quad [11]$$

Dónde:

$T_s$  = Tiempo estándar por operación [Tiempo/operación]

$T_c$  = Tiempo de ciclo [Tiempo/unidades]

3) Se calcula la capacidad de diseño ( $C_{pDi}$ ). Consiste en estimar las unidades que se prevé fabricar (Ecuación 9). El fin perseguido es equiparar la  $C_{pDi}$  con la  $C_{pOb}$ .

4) Se determina el porcentaje de eficiencia de la línea de operación (%E). Se calcula como la relación entre la cantidad de minutos estándar reales y el total de minutos estándar permitidos (Ecuación 12)

$$\%E = \frac{\sum_{i=1}^n T_s}{\sum_{i=1}^n T_c} \times 100 \quad [12]$$

Dónde:

$T_s$  = Tiempo estándar por operación [Tiempo/operación]

$T_c$  = Tiempo de ciclo [Tiempo/unidad]

El impacto se estima con la ecuación 1.

## Impacto del balanceo de cargas de trabajo en la productividad de línea de confección con el modelo SALBP-1

El modelo de balanceo de cargas de trabajo SALBP-1 permite minimizar el número de estaciones de trabajo que se requieren para llevar a cabo un nivel de producción deseado. Para el desarrollo de este modelo se emplea el software para la gestión de la producción y operaciones POM.

La estimación del impacto en la productividad de la línea de confección se parte de la productividad de la línea de confección en situación original calculada como se describe en el acápite anterior. Luego se procede a estimar la productividad de la línea balanceada mediante el modelo SALBP-I. Finalmente, se computa la variación de la productividad utilizando la ecuación 1.

### Productividad de la línea de confección original

La capacidad de producción de la línea de confección original con 12 operadores empleados es, aproximadamente, de 24 unidades por día.

A partir de la información de la línea de confección en condiciones habituales de configuración y operación (Tabla 1), se calculó la productividad global y por factor de producción. La productividad de la línea es de 1,2, mientras que la de la mano de obra es de 3,56; de la materia prima es de 1,83 y de los factores indirectos es de 106,71. Esto se presenta en la tabla 2.

TABLA 2  
Productividad de la línea de confección original.

Factor	Productividad
Mano de obra	3.56
Materia prima	1.83

### Balanceo de línea de confección con el MB

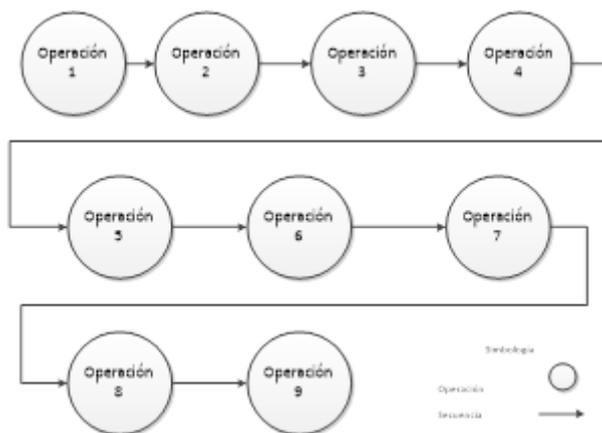
El balanceo de cargas de trabajo se realizó para la meta de línea de 50 unidades por día. Los resultados pueden ser apreciados en la tabla 3.

TABLA 3  
Resultados del cálculo del número de operadores en cada operación de trabajo.

No. de operaciones	Ts (teórico)	Tc	Nop	Nop ajustado	Ts balanceado
Operación 1	5.39	9.6	0.56	1	5.39
Operación 2	1.09	9.6	0.11	1	1.09
Operación 3	32.9	9.6	3.43	4	8.23
Operación 4	11.47	9.6	1.12	2	5.74
Operación 5	41.76	9.6	4.35	5	8.35
Operación 6	22.24	9.6	2.32	3	7.41
Operación 7	20.41	9.6	2.13	3	6.80
Operación 8	12.25	9.6	1.28	2	6.13

Consecuentemente, se determina el Ts balanceado para cada operación, relacionando el Ts (teórico) y el Nop ajustado.

El primer resultado posibilita la adopción de la estrategia de producción secuenciada con 9 operaciones de trabajo (Figure 1).



**FIGURA 1**  
Modelo de producción lineal con 9 operaciones de trabajo.

Los resultados de la estimación de la productividad global y por factor de producción se presentan en la tabla 4. La productividad de la línea balanceada con el MB es de 1.27, mientras que la de la mano de obra es de 4.17; de la materia prima es de 1.83 y de los factores indirectos es de 260.84. En este caso se incrementó la eficiencia de todos los factores de producción, excepto la de la materia prima, que ocasionó un efecto positivo sobre la productividad global. El hecho de que la productividad de materia prima permaneció constante se explica por ser un factor fijo determinado por el diseño de la prenda de vestir confeccionada. Los resultados pueden ser apreciados en la tabla 4.

**TABLA 4.**  
Productividad de la línea de confección con MB de balanceo de cargas de trabajo

Factor	Productividad
Mano de obra	4,17
Materia prima	1,83

Tasa de variación de la productividad con el MB de balanceo de carga de trabajo: El balanceo de cargas de trabajo, utilizando el MB, tuvo una repercusión positiva tanto en la productividad global, como por factor de producción de la línea de confección, por lo que la tasa de variación de productividad experimentó valores positivos. El impacto en la productividad global se mide en 5,89%, mientras que el de los factores llega ser 17,33% en el caso de mano de obra y 144,43% para los factores indirectos de la producción. Esto se presenta en la tabla 5.

**TABLA 5**  
Productividad de la línea de confección con MB de balanceo de cargas de trabajo

Factor	Productividad línea original	Productividad línea balanceada con MB	% de variación
Mano de obra	3.56	4.17	17.33%
Materia prima	1.83	1.83	0.00%
Factores indirectos de fabricación	106.71	260.84	144.43%
Productividad global	1.20	1.27	5.89%

### Balanceo de línea de confección con el modelo SALBP-1

En caso de balanceo de las cargas de trabajo con el MB, el tiempo estándar de las operaciones 1 y 2 es menor que el tiempo de ciclo ( $T_c = 9.6$  minutos/unidad), por lo que es factible aumentar la eficiencia de la línea de confección mediante la combinación de los recursos en las dos operaciones. Esta tarea puede ser ejecutada mediante empleo del modelo SALBP-1.

La solución presentada propone unas líneas de confección balanceada, con 9 operaciones de trabajo secuenciales, organizadas en 8 estaciones de trabajo. Esta información se presenta en la tabla 6.

**TABLA 6**  
Resultados de cálculo del número de operadores en cada estación de trabajo.

No. de estación	No. de operaciones	Nop ajustado	Ts balanceado
Estación 1	Operación 1	1	4.48
	Operación 2		
Estación 2	Operación 3	4	8.23
Estación 3	Operación 4	2	5.74
Estación 4	Operación 5	5	8.35
Estación 5	Operación 6	3	7.41
Estación 6	Operación 7	3	6.80
Estación 7	Operación 8	2	6.13

Por consiguiente, utilizando el modelo SALBP-1, se hizo posible la reducción de una estación de trabajo. Por lo que es factible adoptar la estrategia de producción lineal con 8 estaciones de trabajo, donde al operador 1 se asigna el trabajo combinado de las operaciones 1 y 2 (Figura 2). Lo que representa el ahorro de la mano de obra empleada. Para esta solución la eficiencia de la línea de confección se ubicó en 85%.

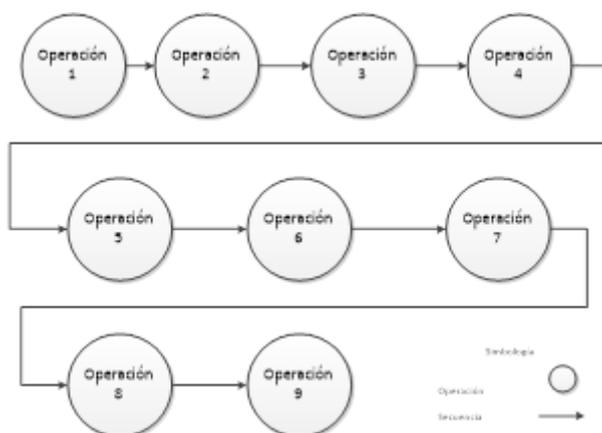


FIGURA 2

Modelo de producción lineal con 8 estaciones de trabajo y operaciones combinadas.

Los resultados de la estimación de la productividad global y por factor de producción se presentan en la tabla 6. La productividad global de la línea balanceada con SALBP-1 es de 1,29, mientras que de la mano de obra es de 4,35, de la materia prima es de 1,83 y de los factores indirectos es de 260,84. Se puede notar que la productividad de factores indirectos y de materia prima no cambiaron sus valores, en cuanto la estrategia de producción lineal con 8 estaciones de trabajo no afectó la eficiencia de estos, mientras que la productividad de la mano de obra se incrementó en vista de que se redujo el número de operarios. El incremento de eficiencia de factor trabajo tuvo un efecto positivo sobre la productividad global de la línea. Esto se presenta en la tabla 7.

TABLA 7

Productividad de la línea de confección con el modelo SALBP -1 de balanceo de cargas de trabajo.

Factor	Productividad
Mano de obra	4,35
Materia prima	1,83

Tasa de variación de la productividad con el modelo SALBP-I de balanceo de carga de trabajo: Ya que la productividad de la línea de confección se incrementó tras la implementación del balanceo de las cargas de trabajo con el modelo SALBP-I, el impacto en la productividad es equivalente a una tasa de variación de 7,2%. Además, el impacto en la productividad de la mano de obra consiste en 22,22%, una cifra mayor en comparación con los resultados alcanzados con el MB. En el caso de los factores indirectos de la producción, el impacto es igual a 144,43%, el mismo valor obtenido con el MB. La productividad de la materia prima no ha crecido por las razones explicadas anteriormente. Esta información se presenta en la tabla 8.

TABLA 8.

Cálculo del número porcentaje de variación de la productividad

Factor	Productividad línea original	Productividad línea balanceada con modelo SALBP-I	% de variación
Mano de obra	3.56	4.35	22.22%
Materia prima	1.83	1.83	0.00%
Factores indirectos de fabricación	106.71	260.84	144.43%
Productividad global	1.20	1.29	7.20%

## DISCUSIÓN

El balanceo de las cargas de trabajo con la utilización del MB y SALBP-I demostró un impacto positivo sobre la productividad de la línea de confección de una pequeña empresa de Imbabura. Los resultados de investigación son consistentes en cuanto coinciden con lo demostrado por Rongfan et al. (2020) y Cano, Campo, Gómez (2018).

Se reveló un impacto positivo no sólo en la productividad global de línea de producción, sino en el rendimiento de los factores productivos, tales como la mano de obra y factores indirectos de producción. Resultados similares fueron alcanzados por Ortega et al. (2018) y Nourmohammadi et al. (2018).

En relación a la eficiencia de la línea de trabajo, tras el empleo del modelo SALBP-I, esta se ubicó en el 85%, una cifra similar a la obtenida por Peña y Jiménez (2019) para un módulo de confección de pantalones vaqueros, en una empresa en Cali, Colombia.

La tasa de variación de la productividad tuvo valores sobresalientes en cuanto a factores indirectos de producción. Sin embargo, el impacto global en la productividad se ubicó en un dígito. Un cuadro similar demostró la productividad de la mano de obra.

La desproporción de crecimiento de la productividad de los factores y de la productividad global, se debe a la estructura de costos de la empresa. En línea no balanceada el costo de los factores indirectos de la producción equivale a 0,56% del costo total y de la mano de obra a 33,82%. Entonces, el incremento de la productividad en estos dos rubros se contrarresta por su débil participación en los costos totales de la empresa. En estas circunstancias las futuras investigaciones deben centrar su atención en la optimización del uso de la materia prima, que contribuye con el 65,62% a los costos totales de la empresa.

## CONCLUSIONES

Una de las debilidades que presentan las micro, pequeñas y medianas empresas de fabricación de prendas de vestir en el Ecuador consiste en la falta de empleo de métodos y técnicas que impulsen la productividad de los procesos productivos. Desde esta perspectiva, la presente investigación demuestra la factibilidad de usar el balanceo de cargas de trabajo como una herramienta para alcanzar los niveles de productividad más altos en una pequeña empresa de confección textil de la provincia de Imbabura.

El balanceo de cargas de trabajo es efectivo en cuanto optimiza el uso de los factores de producción, mediante la instauración de un flujo continuo y uniforme de los productos en estado de fabricación, lo que conlleva a la utilización plena de los recursos invertidos en la producción.

En la presente investigación se practicó el empleo de dos métodos de balanceo de la carga de trabajo: modelo básico y modelo SALBP-1. Ambos modelos demostraron potencial para incrementar la productividad del trabajo, pero su empleo secuencial arrojó mejores resultados económicos en cuanto optimizó también el uso de los factores indirectos de producción.

El balanceo de cargas de trabajo abre el panorama sobre la configuración de los recursos para alcanzar los niveles de productividad proyectados, en tanto que la investigación sobre la factibilidad del uso de otros métodos integrados a la teoría de la planificación y control de la producción en la pequeña empresa debe continuar. Es un campo para futuras pesquisas, que propongan métodos para incrementar la productividad de la materia prima, en tanto que el poder del balanceo de las cargas de trabajo se ve limitado en este campo.

## AGRADECIMIENTOS

Los Autores agradecen al Msc. Diego Flores y a la Tnlga. Carolina Andrango; Coordinador y Ex alumna de la Carrera de Tecnología Superior en Confección Textil del COISTEC, respectivamente; por haber

aportado al desarrollo del presente trabajo. El COISTEC es una institución emblemática del país que cuenta con los más altos estándares de calidad educativa, con sede en el cantón Cotacachi, provincia de Imbabura-Ecuador. La Carrera Tecnología Superior en Confección Textil, adscrita al COISTEC, forma integralmente profesionales mediante un sistema dual, vinculando a las ventajas y necesidades de las empresas locales y nacionales del sector de la confección, con la investigación académica institucional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Castillo, V. M., Vega Morejón, B. A., González Illescas, M. L., & Carmenate Fuentes, L. P. (2020). Tipos de Innovación como Estrategias de Adaptación al Dinamismo de los Mercados. *INNOVA Research Journal*, 5(3), 1-21. <https://doi.org/10.33890/innova.v5.n3.2020.1288>
- Alcívar-Zambrano, Darío-Javier, Espinoza-Centeno, Ana-María, Arteaga-García, María-Elizabeth, y Escobar-Segovia, Kenny-Fernando. (2020). ENEMDU Ecuador: estudio de la percepción de la seguridad y salud, 2018. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 52(3), 215-223.
- Aroche Reyes, Fidel. (2018). Estudio de la productividad y de la evolución económica en América del Norte. Una perspectiva estructural. *Estudios Eco-nómicos (México, D.F.)*, 33(1), 151-191.
- Barrios-Hernández, Karelis del C., Contreras-Salinas, Jheison A., y Olivero-Vega, Enohemit. (2019). La Gestión por Procesos en las Pymes de Barranquilla: Factor Diferenciador de la Competitividad Organizacional. *Información tecnológica*, 30(2), 103-114.
- Cervantes Molina, Ximena Paola, y Oviedo Bayas, Byron. (2019). Las MIPYTES del sector manufacturero: un estudio del contexto de la gestión por procesos en el Cantón El Empalme - Ecuador. *Revista Universidad y So-ciedad*, 11(2), 109-115.
- Cuggia-Jiménez, Cynthia, Orozco-Acosta, Erick, y Mendoza-Galvis, Darwin. (2020). Manufactura esbelta: una revisión sistemática en la industria de alimentos. *Información tecnológica*, 31(5), 163-172.
- García Monsalve, Jhenyfer Jhoana, Tumbajulca Ramírez, Isban Adilson, & Cruz Tarrillo, José Joel. (2021). Innovación organizacional como factor de competitividad empresarial en mypes durante el Covid-19. *Comuni@cción*, 12(2), 99-110. <https://dx.doi.org/10.33595/2226-1478.12.2.500>
- García Monsalve, Jhenyfer Jhoana, Tumbajulca Ramírez, Isban Adilson, y Cruz Tarrillo, José Joel. (2021). Organizational innovation as a factor of business competitiveness in Mypes during Covid-19. *Comuni@cción*, 12(2), 99-110.
- INEC. (2017). Directorio de Empresas y Establecimientos. Quito.
- Martínez Sesmero, JM. (2020). Innovación y tecnología en época de adversidad. *Revista de la OFIL*, 30(2), 89-90. Epub 15 de marzo de 2021. <https://dx.doi.org/10.4321/s1699-714x2020000200001>
- May, Marvin Carl y Schmidt, Simon y Kuhnle, Andreas y Stricker, Nicole y Lanza, Gisela. (2021). Product Generation Module: Automated Production Planning for optimized workload and increased efficiency in Matrix Production Systems. *Procedia CIRP*. 96. 45-50. 10.1016/j.procir.2021.01.050.
- Michels, Adalberto y Lopes, Thiago y Magatão, Leandro. (2020). An exact method with decomposition techniques and combinatorial Benders' cuts for the type-2 multi-manned assembly line balancing problem. *Operations Research Perspectives*. 7. 100163. 10.1016/j.orp.2020.100163.
- Miño Cascante, Gloria, Moyano Alulema, Julio, y Santillán Mariño, Carlos. (2019). Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro. *Ingeniería Industrial*, 40(2), 110-122. Epub 01 de agosto de 2019.
- Navarro Chávez, José César Lenin, y Delfín Ortega, Odette Virginia. (2020). Las Principales Terminales de Contenedores Portuarias en el Ámbito Inter-nacional: Un Análisis de Eficiencia Económica. *Revista mexicana de eco-nomía y finanzas*, 15(2), 241-262.
- Nourmohammadi, Amir y Eskandari, Hamidreza y Fathi, Masood y Bourani, Mehdi. (2018). An integrated model for cost-oriented assembly line balancing and parts feeding with supermarkets. *Procedia CIRP*. 72. 381-385. 10.1016/j.procir.2018.03.255.

- Orejuela Cabrera, J., y Flórez González, A. (2019). Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante Programación por metas. *INGE CUC*, 15(1), 109-122.
- Orellana Osorio, I., Pinos Luzuriaga, L., Tonon Ordóñez, L., Reyes Clavijo, M., y Cevallos Rodríguez, E. (2020). Analysis of business closure in the manufacturing sector of Ecuador, period 1901 - 2018. *Ecos De Economía: A Latin American Journal of Applied Economics*, 24(50), 45-79. <https://doi.org/10.17230/ecos.2020.50.3>
- Pearce, Bryan y Antani, Kavit y Mears, Laine y Funk, Kilian y Mayorga, Maria y Kurz, M.. (2019). An effective integer program for a general assembly line balancing problem with parallel workers and additional assignment restrictions. *Journal of Manufacturing Systems*. 50. 180-192. 10.1016/j.jmsy.2018.12.011.
- Peña-Orozco, Diego León, y Jiménez-Gómez, Jaime Leonardo. (2019). Problema de balanceo de una línea del tipo SALBP: caso de una línea de confección de prendas. *Revista Logos Ciencia y Tecnología*, 11(2), 176-196.
- Ramos, Carlos y Barreto, Rúben y Mota, Bruno y Gomes, Luis y Faria, Pedro y Vale, Zita. (2020). Scheduling of a Textile Production Line Integrating PV Generation Using a Genetic Algorithm. *Energy Reports*. 6. 14-18. 10.1016/j.egy.2020.11.093.
- Rongfan, Liu y Liu, Ming y Chu, Feng y Zheng, Feifeng y Chu, Chengbin. (2020). Eco-friendly multi-skilled worker assignment and assembly line balancing problem. *Computers y Industrial Engineering*, 151. 10.1016/j.cie.2020.106944.
- Solis Granda, L. E., y Robalino Muñiz, R. C. (2019). El papel de las PYMES en las sociedades y su problemática empresarial. *INNOVA Research Journal*, 4(3), 85-93.
- Wątróbski, Jarosław y Karczmarczyk, Artur y Rymaszewski, Szymon. (2020). Multi-criteria decision making approach to production line optimization. *Procedia Computer Science*. 176. 3820-3830. 10.1016/j.procs.2020.09.005.
- Yépez-Moreira, R.I., Muyulema-Allaica, J.C., Ormaza-Morejón, F.M., y Sánchez-Macías, R.A.. (2019). Instrumento de diagnóstico para el análisis y mejora de las operaciones de confección. *RIIT. Revista internacional de investigación e innovación tecnológica*, 7(39), 1-24.
- Yilmazlar, Ibrahim y Jeyes, Adarsh y Fiore, Alexis y Patel, Apurva y Spence, Chelsea y Wentzky, Chase y Zero, Nicole y Kurz, M. y Summers, Joshua y Taaffe, Kevin. (2020). A Case Study in Line Balancing and Simulation. *Procedia Manufacturing*. 48. 71-81. 10.1016/j.promfg.2020.05.076.