

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Balance de línea del proceso de armado del escritorio modelo lineal en Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. para incrementar la productividad

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

AUTOR

Arlette Brigitte Ugaldez Llontop

ASESOR

Marcos Gregorio Baca Lopez

<https://orcid.org/0000-0003-4741-0122>

Chiclayo, 2021

Índice

Índice.....	2
Resumen.....	3
Abstract	4
Introducción.....	5
Marco teórico.....	6
Metodología.....	8
Resultados y discusión.....	10
Conclusiones.....	21
Bibliografía.....	22

Resumen

El presente artículo presenta el desarrollo de un balance de línea del proceso de armado del escritorio modelo lineal elaborado por la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. para aumentar la productividad. El presente empieza realizando la simulación con el software Promodel de la producción actual; luego se lleva a cabo el balance de línea y se simula con el software esta mejora; por último, se halla el costo-beneficio de la propuesta. Esta metodología da como resultado el aumento de la productividad de mano de obra en 14,77%, su producción en 91,47% y la eficiencia de la línea en 17,64%. Por último, el costo-beneficio de la propuesta da como resultado S/. 13,91.

Palabras claves: Balance de línea, Productividad, Simulación, Promodel

Abstract

The present article presents the development of a line balance of the assembly process of the linear model desk developed by the company Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. to increase productivity. The present begins with the simulation with the Promodel software of the current production; then the line balance is carried out and this improvement is simulated with the software; finally, there is the cost-benefit of the proposal. This methodology results in an increase in labour productivity by 14.77%, output by 91.47%, and line efficiency by 17.64%. Finally, the cost-benefit of the proposal results in S/. 13.91.

Keywords: Line balance, Productivity, Simulation, Promodel

Introducción

En el Perú, según el Reporte de Producción Manufacturera de marzo del 2021, una de las industrias con mayor incidencia positiva es la industria de muebles pues tuvo un crecimiento de 170,9%; contando con la mayor participación, 4,86%, respecto a los otros productos pertenecientes al subsector manufacturero no primario. Cabe resaltar, que esta industria viene creciendo desde hace 10 meses de forma consecutiva siendo los productos más demandados los colchones, muebles de dormitorio, módulos diversos, sillas y sillones [1].

Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. se dedicada a la fabricación de muebles a base de melamina y muebles de metal para hogares y oficina. En el año 2018, presentó una baja productividad en tres de sus productos: escritorio modelo lineal, estante modelo básico y módulo básico de cómputo, lo cual ocasiono costos en horas extras de S/. 10 281,6 anuales. Este primer producto es quien generó las mayores pérdidas económicas pues representó la mayor producción y el mayor ingreso para la empresa mencionada [2].

Esta situación fue ocasionada por la falta de estandarización de tiempos, mostrando una diferencia de 2,26 minutos y 2,05 entre las observaciones. Así mismo, se presentó un tiempo muerto de 117,2 minutos debido al cuello de botella en el armado. Por otro lado, las largas distancias afectaron la productividad, siendo 19,71 minutos los tiempos de traslado en todo el proceso. Además, existió un tiempo de espera de 5,32 minutos para la obtención de insumos y se presentó una baja eficiencia de 63,7% para este producto [2, pp. 43,86,50 y 86]

Según lo expuesto anteriormente, en el presente trabajo se tomó en cuenta el proceso de armado pues representa el cuello de botella. Por ende, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto en la productividad de un balance de línea del proceso de armado del escritorio modelo lineal de la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C.? Para ello, se tiene como objetivo principal: Realizar un balance de línea del proceso de armado del escritorio modelo lineal de la empresa Edificaciones Metálicas SAVI S.A.C. para incrementar la productividad. Así mismo, los objetivos específicos son: Simular el proceso actual de armado del escritorio modelo lineal, realizar un balance de línea del proceso de armado del escritorio modelo lineal y simularla con el software

Promodel y, por último, realizar la evaluación del costo-beneficio de la propuesta.

Marco teórico

Un proceso de producción es un conjunto de actividades realizadas de acuerdo a procedimientos ya establecidos y que son ejecutadas de manera ordenada buscando un mismo fin: producir un bien o servicio; además, utiliza recursos [3]. Por otro lado, la productividad es la relación entre lo producido por un sistema con los recursos utilizados; así mismo, es esta la que necesita de mejoras en el proceso productivo para ser aumentada y lograr el éxito en una empresa, esto generalmente se logra en base a estrategias [4].

Un balance de línea sirve para controlar la producción con el objetivo de optimizar las variables que afectan al proceso ya sea para igualar la carga de trabajo, identificar la operación que provoca el cuello de botella, determinar la carga de trabajo de cada operador, etc. [5]. Por otro lado, la simulación es experimentar en un modelo establecido la realidad de una situación con el objetivo de observar y analizar el comportamiento de la misma; así mismo, es ella quien necesita el diseño de un experimento para obtener una solución [6].

J. Chapoñan [7] en su tesis titulada: Plan de mejora en los procesos productivos en la fabricación de muebles de melamina para incrementar la productividad en una empresa de melamina Chiclayo 2018 realizó la estandarización de procesos, aplicó las 5S y redistribuyó la planta. Como resultado, incrementó 23% y 37% la productividad de mano de obra en la elaboración de ropero y escritorio. Por último, el costo-beneficio fue de S/. 1,31 debido al aumento de 25% y 13% en la producción de roperos y escritorios respectivamente.

W. Gómez [8] en su tesis: Diseño e implementación de un plan de mejoramiento para el proceso productivo de la empresa Muebles Bremen S.A.S. en sus nuevas instalaciones realizada en el 2018, tuvo como objetivo incrementar la productividad. Para ello, realizó un estudio de métodos y tiempos e implementó la metodología 5S. Como resultado, logró una reducción del 50,6% en el paro de las máquinas y el aumento del 42%, 70% y 100% en áreas de armado, detalle y pintura, disminuyendo en 23,08% el tiempo de producción.

A. Ortiz [9] en su tesis titulada: Medición de productividad en el área de corte para estandarizar el rendimiento en una fábrica de muebles ubicada en Villa Canales, Guatemala realizada en el 2019, tuvo como objetivo definir las herramientas necesarias para la medición de productividad. Para ello, realizó un estudio de tiempos e implementó un nuevo método de corte. Como resultado logró un aumento de la productividad de 40% en la máquina de corte y 35% en el área de sierras.

R. Delgado [10] en su tesis: Aplicación del estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad, en el área de acabado en la empresa Representaciones Martín S.A.C., Villa El Salvador, 2017 tuvo como objetivo aumentar la productividad de los procesos. Para ello, identificó las causas del problema: inexistencia de capacitación, control, mala coordinación y distribución; para ello, propuso la estandarización de tiempos y la redistribución del área dando como resultado un aumento de productividad de 10,27%.

J. Farroñan [11] en su tesis: Análisis y propuesta de mejora del sistema de producción de una empresa fabricante de muebles ejecutada en el 2019, tuvo como objetivo incrementar la productividad. Para ello, decidió añadir 5 pistolas de calor al proceso, reasignó a los operarios, elaboró procedimientos e implementó la metodología 5S. Como resultado, la productividad incrementó en 30%, el cuello de botella disminuyó en 14 minuto/operario y la eficiencia aumento en 21%. Por último, la ganancia económica fue de S/. 0.40.

A. Gazoli y W. Rocha [12] en su artículo de investigación: Productivity improvement through the implementation of lean manufacturing in medium-sized furniture industry: a case study realizado en el año 2019, tuvieron como objetivo aumentar la productividad. Para ello, implementó de manera parcial lean manufacturing en la línea de productos de estanterías. Como resultado, afirmó el incremento de productividad en 27% siendo sumamente necesario que exista la mejora continua en dichas empresas.

N. Sawarkar, P. Dubey, C. Patle y A. Gawande [13] en su artículo de investigación: Time Study Approach for Productivity Improvement of Furniture Industry realizado en el 2017, tuvieron como objetivo mejorar la productividad a través del estudio de tiempos. Para ello, consideraron lo siguiente: Reducir el contenido de trabajo y el tiempo ineficaz,

disminuir los retrasos personales y los subsidios por fatiga. Se concluyó que es posible determinar tiempos estándares en la producción teniendo en cuenta un límite de tiempo.

R. Bambura, E. Sujová y H. Cierna [14] en su artículo de investigación: Utilizing Computer Simulation to Optimize Furniture Production System realizado en el 2020, tuvieron como objetivo mejorar el sistema de fabricación de muebles. Para ello, simularon los datos de producción y; por último, simularon su propuesta. Gracias a ello, los autores redujeron el cuello de botella en la estación de ensamblaje de 5,84% a 4,80%; además, redujeron el tiempo total de fabricación de 34,25 horas a 12,02 horas y el tiempo de montaje en un 38%.

A. Navarro, A. Vicente, L. Cristina, L. Minette y J. Suzuki [15] en su artículo de investigación: Contribution of computational simulation for layout analysis in a wooden furniture industry desarrollado en el 2017 tuvieron como objetivo equilibrar la línea de producción. Para ello, realizaron un modelo de simulación de la situación actual; luego, construyeron dos escenarios: un diseño por producto y un diseño por proceso. La simulación de estos resultó que el número dos es quién genera una mayor productividad.

A. Rahman, S. Sarker y Md. Tawhidul [16] en su artículo de investigación: Simulating Cutting Line of a Furniture Industry realizado en el 2018, tuvieron como objetivo simular la línea de corte para verificar el comportamiento de dos propuestas. Para ello, realizaron la simulación de la situación actual; seguido a ello, establecieron aumentar la cantidad de máquinas donde existían cuellos de botella. Como resultado, afirmaron que las mejoras dependen del tamaño de lote escogido siendo el tamaño de 10 el preferido.

Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se usó el software Promodel el cual, ayudó a la realización de los dos primeros objetivos. Así mismo, se utilizó la revisión bibliográfica para obtener los datos que hicieron posible la simulación del proceso. En este sentido, en primer lugar, se realizó un análisis del proceso de armado del escritorio modelo lineal con el objetivo de entender cada una de sus actividades y poder determinar el valor de ciertos indicadores del proceso. Esto se realizó con ayuda del software mencionado.

Una vez realizado dicho análisis, se desarrolló el balance de línea determinando, en primer lugar, la producción para la empresa y el tiempo de ciclo necesario considerando una eficiencia del 98%. Luego, se calculó el número de operarios y de estaciones. Después, se realizó un diagrama de redes y las tablas de actividades predecesoras y el número de actividades siguientes para determinar qué actividades se realizan en cada una de las estaciones. Por último, se simuló la situación en el Software Promodel y se calculó los nuevos indicadores del proceso. Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes [17].

- $Tiempo\ de\ Ciclo = \frac{t.de\ producción\ disponible\ al\ día}{Unid.requeridas\ por\ día}$
- $n^\circ\ de\ operarios = \frac{\sum ni \times ti}{E \times TC}$
- $No\ mín.\ de\ estaciones\ de\ trabajo = \frac{\sum_{i=1}^n t\ para\ tarea\ i}{TC}$

Por último, se realizó el análisis costo-beneficio de la propuesta mencionada, teniendo en cuenta la cantidad de dinero que debe invertir la empresa en operarios para su proceso de armado y los ingresos por la cantidad de escritorios a realizar.

Resultados y discusión

Para la elaboración del escritorio modelo lineal se tiene en cuenta tres procesos, el primero es el proceso de corte (41,78 min), seguido del canteado (56,22 min) y, por último, el armado (107,59 min). Este último proceso representa el cuello de botella. Esta situación ha provocado que la producción para el escritorio modelo lineal sea de 5 escritorios por día requiriendo de horas extra para cumplir con la demanda de la empresa [2, p. 80]. Para el logro del objetivo general fue necesario realizar, en primer lugar, la simulación del proceso actual. Para ello, se consideró dos entidades las cuales son los “materiales” y el “escritorio modelo lineal” como producto terminado. Así mismo, las locaciones que fueron consideradas son: “estaciones y almacén” que representa la unión de la estación de corte y canteado con el almacén de insumos y el “almacén de PT”; todas estas locaciones cuentan con una capacidad de uno. En este sentido, el proceso establecido se encuentra en la tabla 1.

La duración de las operaciones y movimientos mostrados se establecieron siguiendo el cursograma analítico elaborado [2, p. 56]. La entidad que ingresa son los materiales, el cual tiene una ocurrencia infinita y una frecuencia de llegada de 1,64 horas considerando el tiempo que ocupa la estación de armado más el tiempo de los transportes. El proceso actual diseñado se muestra en la figura 1.

Tabla 1. Proceso de la situación actual

Entidad	Locación	Operation	Salida	Destino	Regla	Movimiento
Materiales	Estaciones y almacén	Wait 0.0885	Materiales	Estación de armado	First 1	Move for 0.154166666 7
Materiales	Estación de armado	Wait 1.486	Escritorio modelo lineal	Almacén de PT	First 1	Move for 0.064833333 33
Escritorio modelo lineal	Almacén de PT	Wait 0	Escritorio modelo lineal	EXIT	First 1	Move for 0

Fuente: Elaboración propia.

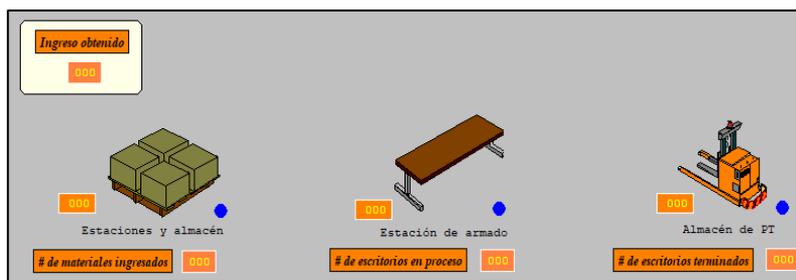


Figura 1. Diseño de la producción actual

Fuente: Elaboración propia.

Al presente proceso, se le añadió cuatro variables: el número de materiales ingresados, los escritorios en proceso, escritorios terminados y el ingreso obtenido considerando S/. 96,96 por cada escritorio [2, p. 86]. Así mismo, el tiempo de simulación elegido fue de 1005 horas pues es el aproximado empleado para la elaboración de 612 escritorios que se produjeron en el 2018 [2, p. 37]. Los resultados que fueron obtenidos de la simulación son los siguientes.

0.SIMULACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN.MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization	
Estaciones y almacén	1005.00	1.00	613.00	8.37	0.09	1.00	0.00	8.51	
Estación de armado	1005.00	1.00	613.00	89.11	0.91	1.00	1.00	90.59	
Almacén de PT	1005.00	1.00	612.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	

Figura 2. Reporte N°01 de la situación actual

Fuente: Elaboración propia.

Según el recuadro anterior, el total de entradas para la estación “almacén de PT” fue de 612 existiendo, en la anterior locación, un material sin procesar. Así mismo, el tiempo promedio de permanencia de la entidad en la locación de armado fue de 89,11 minutos representando el tiempo más largo razón por la cual el porcentaje de utilización de es de 90,59%.

0.SIMULACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)	Avg Time Blocked (MIN)
Materiales	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Escritorio modelo lineal	612.00	0.00	110.67	13.14	0.00	94.47	

Figura 3. Reporte N°02 de la situación actual

Fuente: Elaboración propia.

El total de “escritorios modelo lineal” fue de 612 unidades al año, lo cual no permitió cumplir con la demanda de la empresa pues esta fue de 773 escritorios [1, p. 100].

General	Locations	Location States Single	Entity Activity	Entity States	Variables	
0.SIMULACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN.MOD (Normal Run - Rep. 1)						
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
Materiales ingresados	613.00	98.25	0.00	613.00	613.00	306.85
Escritorios en proceso	612.00	98.42	0.00	612.00	612.00	305.82
Escritorios producidos	612.00	98.43	0.00	612.00	612.00	305.78
Ingreso	612.00	98.43	0.00	59339.00	59339.00	29647.76

Figura 4. Reporte N°3 de la situación actual

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el valor final de la utilidad percibida por la empresa es de S/. 59,339. Gracias a estos valores y al comportamiento del proceso se pudo calcular los siguientes indicadores.

Tabla 2. Indicadores de la situación actual

Indicador	Valor
<i>Tasa de producción</i>	<i>Tasa de producción</i>
$= \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas de simulación}}$	$= \frac{612 \text{ escritorios}}{1005 \text{ hora}}$
	$= 0.61 \text{ escritorios /hora}$
<i>Producción total</i>	<i>Producción total</i>
$= \frac{\text{tiempo base}}{\text{ciclo}}$	$= \frac{480 \text{ min/día}}{107,59 \text{ min/escritorio}}$
	$= 4,46 \text{ escritorios/día}$
<i>Productividad de mano de obra</i>	<i>Productividad de mano de obra</i>
$= \frac{\text{Producción teórica diaria}}{\text{N° de operarios}}$	$= \frac{4,46 \text{ escritorios/día}}{3 \text{ operarios}}$
	$= 1,49 \frac{\text{escritorios}}{\text{día}} \text{ operario}$
<i>Eficiencia de la línea</i>	<i>Eficiencia de la línea</i>
$= \frac{\text{Tiempos de operación total}}{\text{N° estaciones} \times \text{ciclo}}$	$= \frac{205,59 \text{ min}}{3 \times 107,59 \text{ min}}$
	$= 63,7\%$
<i>Tiempo muerto</i>	<i>Tiempo muerto</i>
$= (\text{N° de estaciones} \times \text{cuello de botella}) - \text{Tiempo de ciclo}$	$= (3 \times 107,59 \text{ min}) - 205,59 = 117,18 \text{ min}$

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa y como se dijo anteriormente, el cuello de botella del proceso de elaboración se encuentra en la estación de armado esto debido a que las operaciones las realiza solo un operario generando sobrecarga de actividades. Es por ello, que se planteó

realizar un balance de línea de este proceso con el objetivo de determinar el número de operarios necesarios para cumplir con la producción de la empresa; así como aumentar el valor de cada uno de los indicadores mencionados anteriormente.

Para el desarrollo del segundo objetivo, se tomó en cuenta la producción anual de 1,386 escritorios. Se utilizó este valor pues, en el año 2019 la producción de muebles aumentó en 6,5% con respecto al año anterior [18]. Así mismo, en el 2020 dicha producción aumentó en 16,9% [19]. Con estos dos valores se halló que el aumento de la producción del presente año será 43,94%. Se consideró que la eficiencia debe ser del 98% y que la empresa empleó 126 días al año para la producción. Considerando estos datos, se realizó los siguientes cálculos.

- $Producción = \frac{1,396 \frac{\text{escritorios}}{\text{año}}}{126 \frac{\text{días}}{\text{año}}} = 11,07 \frac{\text{escritorios}}{\text{día}} = 12 \frac{\text{escritorios}}{\text{día}}$
- $c = \frac{480}{12} = 40 \text{ minutos}$
- $n = \frac{107,59}{0,98 \times 40} = 2,74 \text{ operarios} = 3 \text{ operarios}$
- $N = \frac{107,59 \text{ minutos}}{40 \text{ minutos}} = 2,68 = 3 \text{ estaciones de trabajo}$

Se determinó que la cantidad de operarios necesarios es de 3 y el número de estaciones necesarias es 3. Con el objetivo de determinar las actividades que deben realizarse en cada estación se ejecutó el siguiente diagrama de redes.

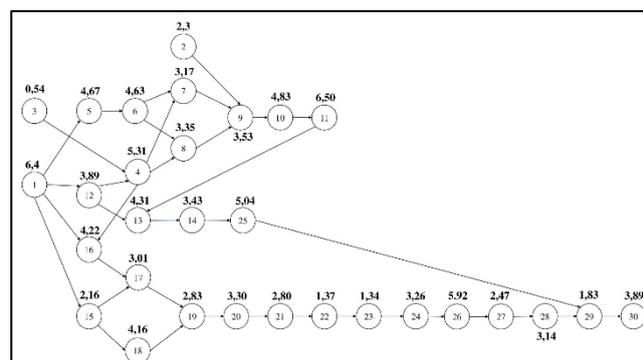


Figura 5. Diagrama de redes

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, se identificó 30 actividades en el proceso y se identificaron aquellas que dependen de otras y las tareas siguientes, las cuales se muestran a continuación.

Tabla 3. Actividades predecesoras y siguientes

Tarea/ actividad	Tiempo	Tarea/actividades predecesoras	Tarea/ actividad	Número de tareas/ Actividades siguientes
1	6.43	-	1	28
2	2.28	-	3,12	22
3	0.54	-	4	21
4	5.31	3,12,16	15	13
5	4.67	1	16	12
6	4.63	5	5,17,18	11
7	3.17	6,4	6,19	10
8	3.35	6,4	20	9
9	3.53	1,7,8,2	7,8,21	8
10	4.83	9	9,22	7
11	6.50	10,13	10,23	6
12	3.89	1	11,24	5
13	4.31	12	13,26	4
14	3.43	13	2,14,27	3
15	2.16	1	25,28	2
16	4.22	1	29	1
17	3.01	15,16	30	-
18	4.16	15		
19	2.83	17,18		
20	3.30	19		
21	2.80	20		
22	1.37	21		
23	1.34	22		
24	3.26	23		
25	5.04	14		
26	5.92	24		
27	2.47	26		
28	3.14	27		
29	1.83	28,25		
30	3.89	29		

Fuente: Elaboración propia.

Las actividades que cuentan con el mayor número de actividades siguientes fueron la 1,3,12 y 4 siendo las esenciales para empezar el ensamble. Para la asignación de tareas de cada estación se tomó en cuenta, en primer lugar, aquella que tiene mayor número de

actividades siguientes y, en segundo lugar, se observó la que tiene el mayor tiempo de duración. Por último, se verificó que se cumpla con las actividades predecesoras y que el tiempo límite sea 40 minutos. El resultado obtenido de dicho procedimiento se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Actividades por estación

Estación	Tiempo	Tiempo restante	Tarea/ actividad	Estación	Tiempo	Tiempo restante	Tarea/ actividad
1	6.43	33.57	1	2	2.83	37.17	19
1	3.89	29.68	12	2	3.30	33.88	20
1	0.54	29.14	3	2	3.35	30.53	8
1	5.31	23.83	4	2	3.17	27.36	7
1	2.16	21.67	15	2	2.80	24.56	21
1	4.22	17.45	16	2	2.28	22.28	2
1	4.67	12.78	5	2	3.53	18.75	9
1	4.16	8.63	18	2	1.37	17.38	22
1	3.01	5.62	17	2	4.83	12.55	10
1	4.63	0.99	6	2	1.34	11.20	23
3	3.26	36.74	24				
3	5.92	30.81	26				
3	4.31	26.51	13				
3	3.43	23.07	14				
3	2.47	20.60	27				
3	5.04	15.56	25				
3	3.14	12.42	28				
3	1.83	10.59	29				
3	3.89	6.70	30				

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado, se obtuvo que el número de actividades que deben realizarse en la primera estación es de 10 contando con un tiempo total de 39,01 minutos. Para la segunda estación es de 12 contando con un tiempo total de 39,19 minutos. Por último, en la tercera estación es de 9 contando con un tiempo total de 33,30 minutos. Así mismo, se concluyó que el nuevo tiempo de duración del proceso es de aproximadamente 39,19 minutos pues representa el cuello de botella de las tres estaciones.

En la simulación de la mejora se consideró 7 entidades; la primera fue llamada “materiales” que representó la materia prima e insumos necesarios para la elaboración de cajones; la segunda fue llamada “escritorio modelo lineal”; la tercera fue llamada

“materiales 2” que representó los MDF utilizados para la elaboración de cajones; la cuarta fue llamada “laterales”; la quinta fue llamada “cajones” que representó la unión de los materiales en la primera y segunda estación de armado; la sexta fue llamada “cajones 2” que representó la unión de la entidad “cajones” con la entidad “materiales 2”; por último, “materiales 3” representó aquellos utilizados para la elaboración de laterales.

Así mismo, se trabajó con 5 locaciones considerando 3 estaciones de trabajo para el armado donde en cada una de ellas existe un operario. Se consideró una capacidad de 4, 2, 1, 4 y 3 respectivamente debido a la cantidad de aumento de materiales que entran al proceso. En este sentido, el proceso establecido en el software es el siguiente.

Tabla 5. Proceso de la mejora

Entidad	Locación	Operación	Salida	Destino	Regla	Movimiento
Materiales	Estaciones y almacén	Wait 0.0885	Materiales	Estación de armado	First 1	Move for 0.116166666 7
Materiales	Estación de armado	Wait 0.21966666 67	Cajones	Estación de armado 2	First 1	Move for 0
Materiales 2	Estaciones y almacén	Wait 0	Materiales 2	Estación de armado 2	Join 1	Move for 0.038
Cajones	Estacion de armado 2	Wait 0.45916666 67 Join 1 Materiales 2	Cajones 2	Estación de armado 3	First 1	Move for 0
Materiales 3	Estaciones y almacén	Wait 0.0885	Materiales 3	Estación de armado	First 1	Move for 0.116166666 7
Materiales 3	Estación de armado	Wait 0.22583333 33	Laterales	Estación de armado 2	First 1	Move for 0
Laterales	Estación de armado 2	Wait 0.194	Laterales	Estación de armado 3	First 1	Move for 0
Cajones 2	Estación de armado 3	Wait 0.129	Cajones 2	Estación de armado 3	Join 1	Move for 0

Tabla 6. Proceso de la mejora (continuación)

Entidad	Locación	Operación	Salida	Destino	Regla	Movimiento
Laterales	Estación de armado 3	Wait	Escritorio modelo lineal	Almacén de PT	First 1	Move for 0.064833333333
		0.3611666667				
Escritorio modelo lineal	Almacén de PT	Join 1	Escritorio modelo lineal	EXIT	First 1	Move for 0
		Cajones 2				
		Wait 0				

Se observa que existió un ensamble de la entidad “materiales 2” con cajones pues representa la unión del MDF a las tablas. Además, se realizó un ensamble de la entidad “laterales” con “cajones 2” el cual dio como resultado la elaboración del “escritorio modelo lineal”. Cada una de las entidades que ingresa tienen una ocurrencia infinita y una frecuencia de 0.653166667 horas que representan los 39,19 minutos que dura el proceso. El proceso mejorado diseñado se presenta a continuación.

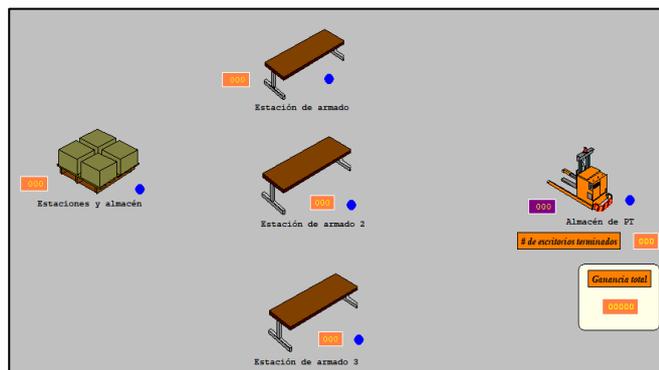


Figura 6. Diseño del proceso mejorado

Fuente: Elaboración propia.

A este nuevo proceso, se añadió dos variables: “número de escritorios terminados” y “ganancia total” la cual fue la multiplicación de la utilidad por el número de escritorios producidos. Así mismo, el tiempo de simulación fue el mismo dando como resultado los siguientes reportes de simulación.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Entity Activity	Entity States	Variables				
1.SIMULACIÓN CON MEJORA.MOD (Normal Run - Rep. 1)										
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization		
Estaciones y almacén	1005.00	4.00	4617.00	21.20	1.62	4.00	1.00	40.59		
Estación de armado	1005.00	2.00	3078.00	13.36	0.68	2.00	1.00	34.11		
Almacén de PT	1005.00	1.00	1537.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00		
Estación de armado 2	1005.00	4.00	3077.00	20.73	1.06	2.00	1.00	26.44		
Estación de armado 3	1005.00	3.00	3076.00	16.65	0.85	2.00	0.00	28.31		

Figura 7. Reporte N°01 de la mejora

Fuente: Elaboración propia

El total de entradas para las tres estaciones de armado fueron 3 078, 3 077 y 3 076 quedándose una entidad en la locación “estaciones y almacén”, “estación de armado” y “estación de armado 2”. Se puede observar que el tiempo promedio de permanencia de la entidad en la locación de “estación de armado”, “estación de armado 2” y “estación de armado 3” es de 13,36; 20,73 y 16,65 minutos que sumado da un total de 50,74 minutos siendo 38,37 minutos menos que en la simulación actual.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Entity Activity	Entity States	Variables				
1.SIMULACIÓN CON MEJORA.MOD (Normal Run - Rep. 1)										
Name	Total Exits	Current Qty In System	Avg Time In System (MIN)	Avg Time In Move Logic (MIN)	Avg Time Waiting (MIN)	Avg Time In Operation (MIN)				
Materiales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Escritorio modelo lineal	1537.00	1.00	66.92	10.86	3.89	52.17				
Materiales2	1538.00	1.00	55.29	2.28	0.00	0.00				
Laterales	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Cajones	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Cajones2	1538.00	0.00	63.03	6.97	2.28	53.78				
Materiales3	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00				

Figura 8. Reporte N°02 de la mejora

Fuente: Elaboración propia.

El total de escritorios modelo lineal es de 1 537 aumentando 925 escritorios a comparación del proceso actual. Así mismo, el tiempo promedio en el sistema de la entidad “escritorio modelo lineal” fue de 66,92 minutos disminuyendo en 43,73 minutos.

General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Entity Activity	Entity States	Variables				
1.SIMULACIÓN CON MEJORA.MOD (Normal Run - Rep. 1)										
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (MIN)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value				
Escritorios terminados	1537.00	39.21	0.00	1537.00	1537.00	768.12				
Ganancia	1537.00	39.21	0.00	149027.00	149027.00	74476.60				

Figura 9. Reporte N°03 de la mejora

Fuente: Elaboración propia.

Por último, las variables generadas dieron como resultado que la ganancia para la empresa es de S/. 149 027 aumentando en S/. 89 688. Gracias a estos valores se pudo

calcular los siguientes indicadores para la mejora.

Tabla 7. Indicadores de la mejora

Indicador	Valor
<i>Tasa de producción</i> = $\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas de simulación}}$	<i>Tasa de producción</i> = $\frac{1\,537 \text{ escritorios}}{1005 \text{ hora}}$ = 1,53 escritorios/hora
<i>Producción total</i> = $\frac{\text{tiempo base}}{\text{ciclo}}$	<i>Producción total</i> = $\frac{480 \text{ min/día}}{56,22 \text{ min/escritorio}}$ = 8,54 escritorios/día
<i>Productividad de mano de obra</i> = $\frac{\text{Producción teórica diaria}}{\text{N° de operarios}}$	<i>Productividad de mano de obra</i> = $\frac{8,54 \text{ escritorios/día}}{5 \text{ operarios}}$ = $1,71 \frac{\text{escritorios}}{\text{día}}$ = $\frac{1,71 \text{ escritorios}}{\text{operario}}$
<i>Eficiencia de la línea</i> = $\frac{\text{Tiempo de operación total}}{\text{N° estaciones} \times \text{ciclo}}$	<i>Eficiencia de la línea</i> = $\frac{137,19 \text{ min}}{3 \times 56,22 \text{ min}}$ = 81,34%
<i>Tiempo muerto</i> = (N° de estaciones × cuello de botella) – Tiempo de ciclo	<i>Tiempo muerto</i> = (3 × 56,22 min) – 137,19 = 31,47 min

Fuente: Elaboración propia.

El ciclo del proceso de elaboración es de 56,22 minutos debido a que gracias a la disminución del tiempo se convierte en el cuello de botella la estación de canteado. Por otro lado, el número de operarios aumenta a 5. Por último, el tiempo de operación total disminuye a 137,19 minutos. Como se observa, todos los indicadores fueron mejorados debido a la propuesta. Para la tasa de producción el número de escritorios por hora aumentó en 150,81%; la producción total aumentó en 91,47%; la productividad de mano de obra aumentó en 14,77%; el costo de mano de obra disminuyó en 12,92%; la eficiencia de la línea aumento en 17,64% y el tiempo muerto disminuyó en 73,67%.

Por último, se desarrolló el tercer objetivo. Para ello, se representó al costo como la cantidad de dinero que la empresa paga a los nuevos dos operarios. Este costo fue de S/. 10 714,614 debido a que la empresa paga S/. 5,77 por hora trabajada [2, p. 82]; además, se considera que el primer operario trabaja 39,19 minutos por escritorio y el segundo

33,30 minutos y al año elaboran 1 537 de ellos. Para el beneficio se consideró la utilidad obtenida, es decir S/.149 027,52. El resultado del costo-beneficio de la propuesta fue el siguiente.

$$\text{costo} - \text{beneficio} = \frac{S/.149027,52}{S/.10714,614}$$

$$\text{costo} - \text{beneficio} = S/.13,91$$

Dicho resultado, significó que la empresa por cada sol invertido ganará S/.13,91. Estos resultados pueden ser comparados con el estudio realizado por J.Chapoñan [7] que gracias a la estandarización de procesos, redistribución de la planta y medidas ergonómicas logró aumentar la productividad de mano de obra en 23% y 37% en sus dos productos estudiados; esto quiere decir que, aunque la productividad con el balance de línea realizado aumentó en 12,92%, si añadimos las mejoras propuestas por el autor dicho valor aumentaría. No obstante, el costo-beneficio de este estudio fue de 1,31 mientras que el costo-beneficio del presente es de 13,91 generando un aumento de 12,6.

Por otro lado, W.Gómez [8] afirma, que gracias a la implementación de formatos de control y de la metodología 5S, logró una disminución de 23,08% en el tiempo total de fabricación ;mientras que en el presente se logró una disminución de 33,27% representando una diferencia de 10,19%. De la misma manera, J. Farroñan [11] en su tesis logra el aumento en 21% en la línea de producción de muebles gracias a la elaboración de procedimientos, implementación de la metodología 5S y la reasignación de operarios; mientras que en el presente trabajo se logró el aumento de la eficiencia en 17,64% en donde dicha diferencia puede ser disminuida siguiendo la metodología propuesta.

R. Bambura, E. Sujová y H. Cierna [14] en su artículo de investigación lograron la reducción del tiempo total de fabricación en 64,91% gracias a la compra de nueva maquinaria, este resultado se diferencia en 31,64% respecto a los resultados del presente trabajo dando a entender que dicha propuesta sería una muy buena opción. Por último, R. Delgado [10] en su tesis logró el aumento de la productividad de mano de obra en 10,27% debido a la estandarización de tiempos y la redistribución de las áreas de trabajo; mientras que en el presente se logró un aumento de 12,92% en dicho indicador demostrando que un balance también es una opción recomendable para el aumento de la productividad.

Conclusiones

Al realizar la simulación del proceso actual de la empresa se pudo notar que la tasa de producción era muy baja (0.61 escritorios/hora) al igual que la producción total (4,46 escritorios/día), confirmando que es imposible cumplir con la demanda de la mismo es por ello que se concluye que dicha empresa necesita de una mejora con el objetivo de aumentar su productividad y no verse afectada por pérdidas económicas.

El balance de línea desarrollada para el proceso de armado del producto escritorio modelo lineal determinó que la empresa debe contar con 3 operarios y 3 estaciones de estaciones de trabajo. Dicho balance generó la disminución del tiempo de armado de los escritorios a 39,19 minutos, el aumento de la tasa de producción a 1,53 escritorios/hora, el aumento de la producción a 8,54 escritorios/día y un aumento de la productividad de mano de obra en 12,92%

La evaluación del costo-beneficio de la propuesta dio como resultado que por cada sol invertido la empresa ganará S/.13,91. Esto debido a que el costo de la propuesta representa S/. 10 714,614 mientras que el beneficio representa S/.149 027,52.

Bibliografía

- [1] Ministerio de la producción, «Boletín de Producción Manufacturera. Reporte de Producción Manufacturera,» Lima, 2021.
- [2] L. Sanchez, «Propuesta de mejora en el sistema productivo de muebles de melamina en la empresa Edificaciones Metálicas Savi S.A.C. para incrementar su productividad,» Lima, 2019.
- [3] R. Billene, «Análisis de Costos II,» Ediciones Jurídicas Cuyo, Mendoza, 2000.
- [4] R. Carro y D. Gonzáles, «Productividad y competitividad,» 2012.
- [5] F. Meyes, «Estudios de tiempos y movimientos: para la manufactura ágil,» Pearson Educación.
- [6] H. Esparza, F. Martínez y G. Monroy, «Simulación: Conceptos y evolución,» Ciudad de México, 2011.
- [7] J. Chapoñan, «Plan de mejora en los procesos productivos en la fabricación de muebles de melamina para incrementar la productividad en una empresa de melamina Chiclayo 2018,» Chiclayo, 2018.
- [8] W. Gómez, «Diseño e implementación de un plan de mejoramiento para el proceso productivo de la empresa Muebles Bremen S.A.S.,» Bucaramanga, 2018.
- [9] A. Ortiz, «Medición de productividad en el área de corte para estandarizar el rendimiento en una fábrica de muebles ubicada en Villa Canales,» Guatemala, 2018.
- [10] R. Delgado, «Aplicación del estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad, en el área de acabado en la empresa Representaciones Martín S.A.C., Villa el Sañvador,2017,» Lima, 2017.
- [11] J. Farroñan, «Análisis y propuesta de mejora del sistema de producción de una empresa fabricante de muebles ejecutada en el año 2019,» Chiclayo, 2019.
- [12] A. Gazoli y W. Rocha, «Productivity improvement through the implementation of lean manufacturing in medium-sized furniture industry: a case study,» 2019.
- [13] N. Sawarkar, P. Dubey, C. Patle y A. Gawande, «Time Study Approach for Productivity Improvement of Furniture Industry,» *International Journal of Innovations in Engineering and Science*, vol. 2, n° 3, pp. 9-12, 2017.

- [14] R. Bambura, E. Sujová y H. Cierna, «Utilizing Computer Simulation to Optimize Furniture Production System,» *BioResources*, vol. 3, n° 15, pp. 6752-6765, 2020.
- [15] A. Navarro, L. Cristina, L. Minette y J. Suzuki, «Contribution of computational simulation for layout analysis in a wooden furniture industry,» *Revista Árvore*, vol. 2, n° 41, 2017.
- [16] A. Rahaman, S. Sarker y M. Islam, «Simulating Cutting Line of a Furniture Industry,» *International Conference on Production and Operations Management Society (POMS)*, pp. 1-7, 2018.
- [17] J. Heizer y B. Render, Balanceo de la línea de ensamble. Principios de administración de operaciones, México: Pearson Educación, 2004.
- [18] Ministerio de la Producción, «Boletín de Producción Manufacturera. Reporte de Producción manufacturera,» Lima, 2019.
- [19] Ministerio de la Producción, «Boletín de Producción Manufacturera. Reporte de Producción manufacturera,» Lima, 2020.
- [20] D. Proaño, V. Gisbert y V. Pérez, «Metodología para elaborar un plan de mejora continua,» *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, n° 1, pp. 50-56, 2017.