

## Implementación de la estrategia de supermercado en una celda de manufactura de subensambles para vestiduras automotrices

CANO-CARRASCO, Adolfo †\*, PEÑÚÑURI-GONZÁLEZ, Sandra Armida, FORNÉS-RIVERA, René Daniel y MONCADA-MUÑOZ, Miguel

*Instituto Tecnológico de Sonora. Cd. Obregón Sonora México, 5 de febrero 818 Sur, CP 85000*

Recibido Mayo 06, 2017; Aceptado Julio 18, 2017

### Resumen

Muchas empresas del ramo de manufactura automotriz utilizan los sistemas de mejora como base para la satisfacción de sus clientes, tal es el caso de esta empresa ubicada en Sonora, México que desde 1983 se dedica a la manufactura de asientos para diferentes marcas de automóviles. La maquiladora estudia la incorporación de supermercados en algunas de sus celdas, a fin de aprovechar su ventaja de control visual para la programación de la producción, así como del inventario en proceso (WIP).-En este artículo, se expone el caso de una de las celdas donde se elaboran los subensambles RSB - JC y RSB - WA que se integran en seis tipos diferentes de "kits" de tapicería de asiento trasero. Mediante la observación y análisis del proceso, se estableció el tiempo TAKT al que debe trabajar la celda; se propusieron cantidades y tamaños alternativos para el supermercado de la celda conforme al BOM de cada subensamble; se utilizó la simulación con ProModel® a fin de comparar los diferentes escenarios antes de la implementación definitiva de los supermercados en el área; lo que permitió evidenciar la reducción del WIP y una mejor sincronización de la producción.

**Control visual, supermercado, simulación, sincronización de la producción, tiempo TAKT, inventario en proceso (WIP)**

### Abstract

Many companies of the automotive manufacturing industry use the improvement systems as the basis of customer satisfaction, one of them is this company located in Sonora, Mexico which is dedicated to manufacturing seats for many automotive brands, since 1983. The maquiladora analyzes the introduction to supermarkets in some production cells, in order to take its advantage to control visually the production scheduling and the work in process (WIP). In this paper, it is described the case in a cell that elaborates the subassemblies RSB- JC and RSB – WA which integrate six different types of fabric kits for back seats. Through process observation and analysis, it was established the TAKT time to work the cell; several quantities and sizes were proposed for the cell supermarket according to each subassembly BOM; simulation with ProModel® was used in order to compare different scenarios before final implementation in the area; which showed the WIP reduction and a better synchronization of production.

**Visual control, supermarket, simulation, production synchronization, TAKT time, work in process (WIP)**

**Citación:** CANO-CARRASCO, Adolfo, PEÑÚÑURI-GONZÁLEZ, Sandra Armida, FORNÉS-RIVERA, René Daniel y MONCADA-MUÑOZ, Miguel. Implementación de la estrategia de supermercado en una celda de manufactura de subensambles para vestiduras automotrices. Revista Administración y Finanzas. 2017, 4-12: 61-76.

\*Correspondencia del Autor: (correo electrónico: adolfo.cano@itson.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La implementación de supermercados constituye una herramienta de control visual que apoya en la programación de la producción y el manejo del WIP. Adicionalmente, de manera intuitiva desarrolla en sus usuarios, una filosofía enfocada en una gestión y utilización eficiente de recursos que contribuye a una cultura “lean”. Los sistemas de supermercados para el control visual de la producción permiten que una compañía sea más ágil para gestionar los insumos requeridos, manteniendo menores inventarios y una mejor sincronización de los ritmos de producción de áreas diferentes, trabajando al unísono para satisfacer las demandas particulares de cada cliente.

Este trabajo se desarrolló en una maquiladora del ramo automotriz localizada en Sonora, México que inicia la implementación del control visual mediante la estrategia de supermercados en varias de sus celdas. Se aborda aquí, el caso de aplicación en la celda de costura donde se elaboran los subensambles para los componentes RSB-JC y RSB-WA, los cuales conforman junto a otras piezas, los seis tipos de “set kit” de tapicería que se emplean en la línea 146, dedicada a la fabricación de los asientos traseros para diferentes modelos de automóvil, tales como el 25T-JC y el 25T-WA (Ver anexos 1 y 2).

## Justificación

Derivado de la iniciativa de implementar la estrategia de supermercado en las celdas de manufactura de la organización, se busca incidir en la reducción del inventario en proceso (WIP) y en un ritmo de producción sincronizado con el tiempo TAKT (el máximo tiempo de ciclo permitido para producir un producto y poder cumplir la demanda).

Adicionalmente, mediante el control visual de este sistema, favorecer la cultura “lean” en el personal de piso mediante la eliminación de prácticas desperdiciadoras. Todo lo anterior significa finalmente, una mayor productividad y satisfacción de los clientes. Un beneficio más amplio de este proyecto es ilustrar un procedimiento práctico que puede ser empleado en la implementación de supermercados en las áreas de producción organizadas por tecnología de grupo como es el caso de esta empresa.

## Problema

El proceso de producción constituye uno de los procesos clave más importantes en esta empresa, ya que sus resultados inciden directamente en el índice de productividad calculado mediante la relación de salidas/entradas (unidades/\$). Es por ello que no solo se debe poner la atención en cumplir con las salidas requeridas de producto por período, sino considerar además las entradas involucradas en esos resultados: Mano de obra, Maquinaria, Métodos y Materiales.

Es por ello que en la empresa se busca la eliminación de las prácticas desperdiciadoras que están limitando un mejor aprovechamiento de las cuatro M's enunciadas anteriormente. Para el caso particular de la celda en estudio, cuyo layout se presenta en el anexo 3, sucede que aun cuando las máquinas y el personal se encuentren laborando y no se aprecien tiempos de ocio excesivos, se fabrican productos en cantidad insuficiente del que se requiere por la línea 146 (esperas y retrasos) y viceversa, se elaboran en exceso del que no se requiere (sobreproducción). Por otra parte, se observa que, en las estaciones finales de la celda, hay interrupciones en el flujo del material en proceso debido a faltantes de algunas de las piezas de tapicería que se surten de las estaciones previas (esperas y procesos innecesarios).

Lo anterior se traduce en tres situaciones: 1) que se eleve el WIP de la celda al no poder completar los productos, 2) que el suministro de insumos en el interior de la celda no está correctamente alineado o nivelado con lo que se demanda producir por la línea cliente y 3) que la capacidad de producción de la celda se ve afectada debida a paros en la estación restrictiva, es decir la que se identifica como cuello de botella en la celda.

En virtud de lo anterior se plantea resolver el siguiente cuestionamiento: ¿Cuál sería una estrategia de supermercado adecuada –en cuanto a niveles de stock de los componentes- para implementar en la celda de costura de subensambles?

### Hipótesis

Ho: No existen diferencias en el cumplimiento del programa de producción de la celda y la incorporación de la estrategia de supermercado para los componentes fabricados (nivel de confianza 95%).

Ha: Se presentan diferencias en el cumplimiento del programa de producción de la celda mediante la incorporación de la estrategia de supermercado para los componentes fabricados.

### Objetivos

#### Objetivo General

Determinar la estrategia de supermercado adecuada –en cuanto a niveles de stock de los componentes- para implementar en la celda de costura de subensambles a fin de cumplir el programa de producción establecido para la celda por la línea cliente.

### Objetivos específicos

- Establecer la capacidad de producción de la celda a partir de la determinación de los tiempos estándar de los procesos.
- Verificar que la capacidad de producción de la celda es suficiente para cumplir con los requerimientos de producto de la línea 146.
- Estudiar el comportamiento de la celda al incorporar los supermercados, empleando la simulación.
- Ilustrar un procedimiento práctico para la implementación de supermercados en una celda de producción

### Marco Teórico

El productor artesanal hace exactamente lo que el consumidor solicita, un producto a la vez, usando ampliamente las destrezas de sus trabajadores con herramientas simples y flexibles. Este modelo de alto costo condujo a la producción en masa como modo alterno, ésta usa limitadamente capacidades de los trabajadores para el desarrollo de productos con mano de obra semicalificada y máquinas especializadas, maneja alto volumen de producción y debido al costo de maquinaria se evitan paros.

En consecuencia, crea inventarios de protección, proveedores y trabajadores adicionales, considera espacio extra para asegurar la producción, se consiguen bajos costos a expensas de la variedad y métodos de trabajo monótonos. El productor lean por contraste combina la producción artesanal con la producción en masa evitando altos costos y la rigidez de la producción, empleando equipos multifuncionales de trabajadores en todos los niveles de la organización con equipo de manufactura flexible.

Máquinas automatizadas para producir volúmenes de producto en amplia variedad, requiere menos: esfuerzo humano, espacio de manufactura, inversión en herramientas, horas de ingeniería para dar respuesta a cambios y menos inventario necesario en el sitio con bajo nivel de defectos (Womack & Jones, 2007).

La manufactura esbelta (lean) se enfoca en la reducción de costos mediante la eliminación de actividades que no agregan valor con la aplicación de una filosofía de gestión y herramientas y técnicas de fabricación lean. Es un enfoque sistemático para identificar y eliminar actividades que no agregan valor mediante la mejora continua con el objetivo de mantener costos bajos para ser competitivos (Ar & Al-Ashraf, 2012).

Los métodos Lean intentan eliminar tanto como sea posible la variación a lo largo del tiempo y ajustar los niveles de inventario apoyados en la experiencia. La simulación es una herramienta poderosa para analizar la fluctuación de la demanda o la capacidad del sistema de producción evitando estar a prueba y error. Maas y Standridge (2005), Ferrin, Miller, and Muthler (2005) citado por (Perrone, Wieland, Liu, Lawson, Nicol & Fujimoto, 2006) describen el uso de la simulación en un contexto de manufactura esbelta.

Aspectos como la variación aleatoria debida a la demanda, paros de máquinas, variación estructural por múltiples tipos de partes con diferentes programas de producción son considerados a través de análisis de simulación evidenciando que los niveles de servicio al cliente pueden cumplirse dado un horario de producción especificado y tamaños de inventario calculados.

Uno de los fines de la manufactura esbelta es evitar problemas como desequilibrio de existencias, exceso de equipo y operarios, para esto se utilizan sistemas flexibles que den respuesta a problemas derivados de cambios y fluctuaciones de la demanda, JIT procura que los procesos realicen la producción necesaria en tiempo y con niveles de existencia mínimos para mantener en operación simultánea los procesos (Padilla, 2010). Son cinco los principios establecidos para lograr los objetivos de la manufactura esbelta: (i) especificar el valor para el cliente, (ii) identificar el flujo de valor para cada producto o servicio, (iii) crear el flujo, (iv) producir lo que el cliente demanda (que jale la producción) y (v) conseguir la perfección con la mejora continua a través de la identificación y eliminación del desperdicio (Moreira, Alves, & Sousa, 2010).

El desperdicio conocido como muda en la cultura japonesa es —toda actividad que absorbe recursos pero no crea valor: fallos que precisan retrabajo, producción de artículos en exceso que derivan en amontonamiento de producto, pasos no necesarios, movimientos de personal y transporte de materiales y productos innecesarios, esperas y bienes y servicios que no satisfacen los requisitos del cliente (Womack & Jones, 2012) (Holtzeimer-María de Á., Guillen-Mima, 2015). Unas estrategias utilizadas para producción lean es el supermercado, éste no es invención de Toyota, pero fue implementado primero en América durante los años cuarenta. Se dice que Taiichi Ohno fue inspirado por este reabastecimiento administrado o por el jalar de la demanda de supermercados comerciales, posteriormente fue adaptado el concepto a la industria automotriz. Los supermercados deben ser entendidos como la disponibilidad de una gran variedad, pero limitada cantidad de productos en estantes que son reabastecidos tan pronto como es retirado el producto (Rüttimann, 2017).

Los supermercados industriales son instalados para productos que se corren de modo frecuente por su alta demanda, su disponibilidad debe ser inmediata pero no pueden ser producidos a la rapidez de consumo requerida por el cliente, son de ayuda en sistemas autorregulados, configurados como celdas de manufactura con programas de reabastecimiento en lotes relativamente pequeños acorde a la demanda ya sea ésta, estocástica o determinista (Rüttimann, 2017).

Un nivel de inventario adecuado "nivel de inventario objetivo", debe ser mantenido al aplicar un "Reabastecimiento Pull", debe haber un vínculo entre lo que se espera, su cálculo y lo que debe ser para que podamos separar tanto clientes como operaciones internas, de las variaciones diarias (McGowan Jack; Coleman Howard, 2010).

Una vez que establecemos o calculamos los niveles de inventario, el siguiente paso se convierte en la administración de este inventario de búfer. Se recomienda dividir en tres zonas; verde, esta zona representa una cantidad suficiente para satisfacer la demanda antes del siguiente ciclo de reposición, amarillo el inventario es adecuado, la reposición es necesaria y rojo peligro, el riesgo de agotamiento o de existencias, la reposición debe estar en curso. Una recomendación de (McGowan Jack; Coleman Howard, 2010) es manejar el Verde - menos del 33% , Amarillo - Entre 33% y 67%, Rojo - Entre 67% and 100% de penetración en el búfer.

### Metodología de Investigación

Se describe a continuación la metodología aplicada en este proyecto, para satisfacer los objetivos de investigación trazados.

### Tipo de Investigación

Esta es una investigación aplicada de tipo inductivo que ilustra a partir de un caso de estudio en una celda de producción, el efecto de aplicar la estrategia de supermercados en dos variables de respuesta: cumplimiento del programa de producción y WIP.

### Sujetos

Esta investigación se desarrolló en la celda de costura que provee los subensambles para RSB-JC y RSB-WA, de la línea 146.

### Materiales

- Microsoft Visio para la realización de los diagramas de los procesos y representaciones gráficas del layout.
- Cámara digital para captura del video sobre las operaciones realizadas en la celda y facilitar el análisis de las operaciones, así como la toma de fotografías sobre los componentes procesados en la celda.
- Cronómetro para la toma de tiempos de las operaciones del proceso bajo estudio.
- Tablas Westinghouse para calificar la actuación de los operarios participantes en el estudio de tiempos y tabla de porcentajes editada por la oficina internacional del trabajo para establecer la tolerancia de las operaciones
- Microsoft Excel para el registro de datos y la realización de todos los cálculos sobre las operaciones del proceso.
- ProModel para realizar la simulación del proceso incorporando los supermercados para los componentes fabricados en la celda.

**Procedimiento**

Las actividades de este proyecto se fundamentaron en: Serrano (2007), Shigeo (1993), Meyers (2000), García-Dunna, García-Reyes, y Cárdenas (2013).El procedimiento consistió en:

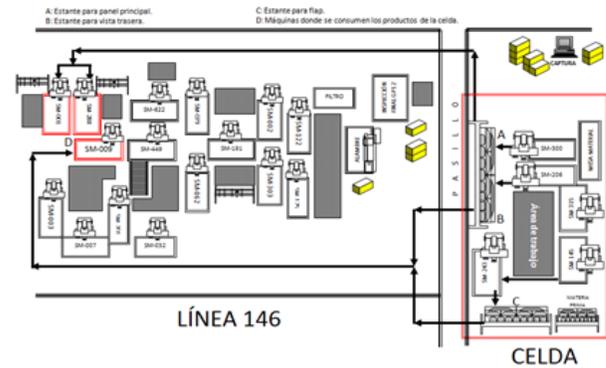
1. Definir el área bajo estudio.
2. Recolectar datos del sistema definido.
3. Describir el estado inicial.
4. Determinar el tiempo takt.
5. Determinar el tiempo estándar para los procesos de la celda y los procesos cliente.
6. Comparar tiempo estándar de las operaciones contra el tiempo takt de la línea.
7. Establecer los niveles de stock de los supermercados.
8. Simular el sistema ideal integrando los supermercados.
9. Diseñar el supermercado.

**Resultados**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada una de las actividades del procedimiento realizado.

**Definición del área bajo estudio**

Como parte de esta actividad se realizó un reconocimiento tanto de la celda de trabajo (proceso proveedor) como de la línea 146 (proceso cliente). Se identificaron en detalle las máquinas y componentes involucrados en este proyecto, los cuales se presentan en la figura 1, delimitados en color rojo; también se identificaron los flujos del material al interior de la celda y hacia la línea.



**Figura 1** Croquis de la celda de trabajo y la línea 146 señalando los elementos de estudio en color rojo  
Fuente: Elaboración Propia

**Recolección de datos del sistema definido**

La celda es abastecida de materia prima por el área de corte, de acuerdo con el modelo que se va a correr. Cuenta con tres operadores y las máquinas siguientes: 300, 206, 145, 315, 243. En la tabla 1, se muestran las operaciones que se realizan en cada máquina y para cada producto de la celda y en la tabla 2 se muestra la relación operario-máquina.

Suben-samblé*	Proceso	Máquina				
		300	206	145	315	243
Panel principal	Coser duon	X				
Vista superior	Coser velcro		X			
flap	Coser bastilla			X	X	
	Coser velcro					X

\* Los subensambles se fabrican para lado izquierdo y lado derecho en dos colores: beige y negro

**Tabla 1** Matriz de relación Producto-Proceso-Máquina de la celda  
Fuente: Elaboración propia

Operador	Máquina				
	300	206	145	315*	243
1	X		X		
2		X			
3					X

\* La máquina 315 casi no se utiliza y solo se usa en caso necesario, por cualquier operador disponible

**Tabla 2** Matriz de relación Operario-Máquina de la celda  
Fuente: Elaboración propia

Respecto al proceso cliente, se identificaron las tres máquinas en la línea: 001, 288 y 009, que utilizan los subensambles fabricados en la celda, tal como se muestra en la tabla 3. Cada máquina tiene un operario asignado.

Subensamblable de la celda	Máquina que consume el subensamblable		
	001	288	009
Panel izquierdo principal	X		
Panel derecho principal		X	
Vista superior*			X
Flap*			X

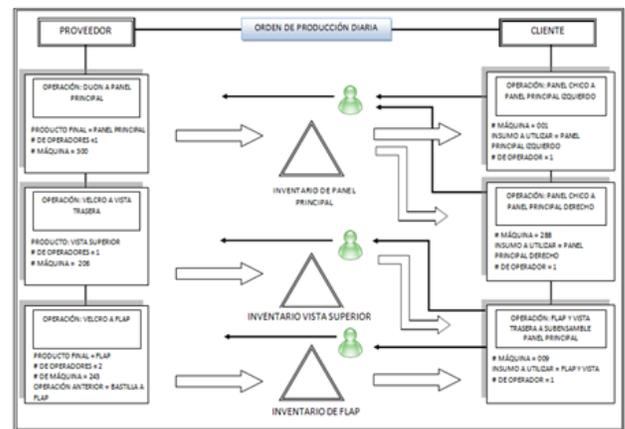
\* Los subensambles que se consumen son tanto izquierdo como derecho

**Tabla 3** Matriz de relación Máquina-Subensamblable requerido en la línea  
Fuente: Elaboración propia

**Descripción del estado inicial**

El plan de producción de la celda, depende del plan de producción de la línea, la cual debe producir 288 asientos diarios lo que se traduce para la celda en un programa de producción diario de 576 piezas de cada subensamblable: panel principal, vista superior y flap, la mitad de éstos para lado derecho y la otra para lado izquierdo. La celda emplea un sistema de empuje, produciendo inventarios para que sean consumidos por la línea.

Cuando la línea requiere material, entonces son solicitados al personal encargado del suministro, quién se dirige a la celda y recoge el material solicitado. En caso de que la celda no disponga de éste, emite una orden de producción. La comunicación entre el personal de suministro y los operadores es verbal. En la Figura 2 se presenta el flujo de material (de izquierda a derecha) y de información (de derecha a izquierda) entre la celda (proveedor) y la línea (cliente).



**Figura 2** Representación de los flujos de material y de información entre la celda de trabajo y la línea 146  
Fuente: Elaboración Propia

**Determinación del tiempo TAKT**

El cálculo se realizó con base en la ecuación 1, considerando un total de 9 horas laborables disponibles (32400 segundos) y una producción planeada de 288 asientos diariamente.

$$\text{tiempo TAKT} = \frac{\text{tiempo disponible}}{\text{demanda}} \tag{1}$$

El tiempo TAKT resultante fue de 112.5 segundos/unidad, lo que significa que la línea debe sacar un asiento cada 112.5 segundos para cumplir con la demanda.

### Determinación del tiempo estándar para los procesos de la celda y los procesos cliente

Con base en el procedimiento para el estudio de tiempos con cronómetro de Meyers (2000), se determinó el tiempo estándar (TE) para cada operación de la celda, así como de los procesos de la línea cliente (ver tabla 4). Las ecuaciones utilizadas en estos cálculos fueron:

$$TN = te * fa \quad (2)$$

$$TE = TN * \frac{100}{(100 - \sum TOL)} \quad (3)$$

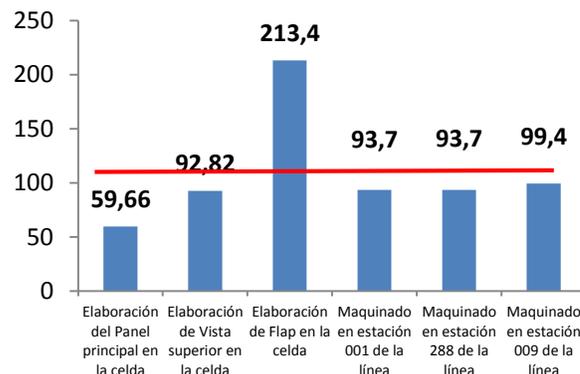
Donde: (TN) es el tiempo normal, (te) el tiempo elemental, (fa) el factor de la actuación y ( $\sum TOL$ ) el porcentaje de tolerancias. Los valores para (fa) y ( $\sum TOL$ ) considerados en los cálculos se muestran en los anexos 4 y 5.

Proceso	Tiempo estándar
Elaboración de Panel principal en la celda	29.83
Elaboración de Vista superior en la celda	46.41
Elaboración de Flap en la celda	106.7
Maquinado en estación 001 de la línea	93.7
Maquinado en estación 288 de la línea	93.7
Maquinado en estación 009 de la línea	99.4

**Tabla 4** Tiempos estándar obtenidos mediante el procedimiento del estudio de tiempos de Meyers (2000)  
Fuente: Elaboración propia

### Comparación del tiempo estándar de las operaciones contra el tiempo TAKT de la línea

En la figura 3, la línea horizontal representa el tiempo TAKT y las barras, los tiempos estándar en segundos, solo que, en el caso de la celda, el tiempo se multiplicó por dos ya que se consideraron los subsambles izquierdo y derechos del panel principal, vista superior y flap.



**Gráfico 1** Tiempo TAKT (línea roja 112.5 segundos/asiento) versus tiempos estándar para cada componente

Fuente: Elaboración Propia

El proceso de elaboración de un par de flap en la celda es de 213.4 segundos y sobrepasa el tiempo TAKT, los otros procesos pueden cumplir el ritmo de la demanda.

### Establecimiento de los niveles de stock de los supermercados

Con base en los tiempos estándar, primeramente, se calcularon las cantidades que pueden producirse en la celda y las que son consumidas en la línea, durante una hora. En la tabla 5 se muestra el desglose para derivar la cantidad de piezas producidas por hora y la cantidad de piezas consumidas por hora de panel, vista y flap.

Componente producido CELDA	Tiempo estándar segs	Cantidad pares por hora	Cantidad piezas por hora
Panel principal	59.66	60.40	120.81
Vista superior	92.82	38.79	77.59
Flap	213.4	16.87	33.74
Componente consumido LÍNEA	Tiempo estándar Segs	Cantidad de producto piezas por hora	
Panel principal izquierdo	93.7	38.42	
Panel principal derecho	93.7	38.42	
Flap y Vistas	99.4	36.22	

CANO-CARRASCO, Adolfo, PEÑÚNURI-GONZÁLEZ, Sandra Armida, FORNÉS-RIVERA, René Daniel y MONCADA-MUÑOZ, Miguel. Implementación de la estrategia de supermercado en una celda de manufactura de subsambles para vestiduras automotrices. Revista Administración y Finanzas. 2017.

Componente consumido	Cantidad de producto piezas por hora
LÍNEA	
Panel principal	76.84
Vista superior	36.22
Flap	36.22

**Tabla 5** Producción y consumo por hora de los productos panel principal, vista superior y flap

Fuente: *Elaboración propia*

Con base en la tabla anterior, se deduce que el panel principal y la vista superior pueden producirse en cantidades superiores a las demandadas. El excedente para panel es  $120.81 - 76.84 = 43.97$  piezas (equivalente a 21.8 min) y para vista  $77.59 - 36.22 = 41.37$  piezas (ó 31.9 minutos); en el caso del flap, se tiene un déficit de  $33.74 - 36.22 = -2.48$  piezas (ó 4.4 minutos).

Para solucionar el déficit de capacidad en la celda respecto a la producción de flap, se propuso asignar los recursos excedentes destinados a panel principal y vista superior. Posteriormente, para el panel principal, vista superior y flap, se estableció la propuesta para los niveles de stock correspondientes a cada color del semáforo (ver tabla 6).

Panel principal				
Cantidad	Niveles del semáforo	de	Tiempo de producción Celda	Tiempo de consumo Línea
24 pares (48 piezas)	Verde		23.86 min	37.48 min
16 pares (32 piezas)	Amarillo		15.9 min	25 min
8 pares (16 piezas)	Rojo		7.95 min	12.5 min
Vista superior				
Cantidad	Niveles del semáforo	de	Tiempo de producción Celda	Tiempo de consumo Línea
48 pares (96 piezas)	Verde		74.26 min	79.5 min
32 pares (64 piezas)	Amarillo		49.5 min	53.0 min
16 pares (32 piezas)	Rojo		24.75 min	26.5 min
Flap				
Cantidad	Niveles del semáforo	de	Tiempo de producción Celda	Tiempo de consumo Línea

40 pares (80 piezas)	Verde	142.27 min	66.27 min
28 pares (46 piezas)	Amarillo	99.6 min	46.39 min
16 pares (32 piezas)	Rojo	56.9 min	26.5 min

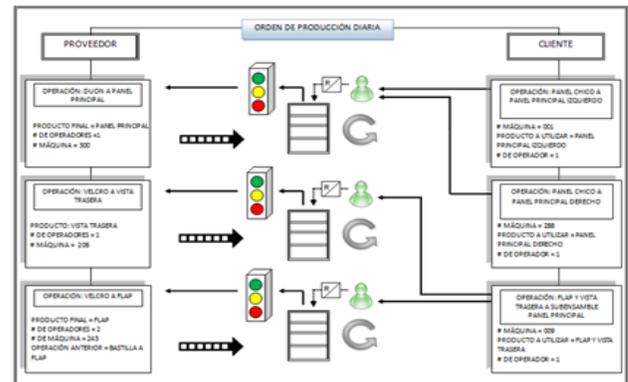
**Tabla 6** Semáforo propuesto para el supermercado de panel principal, vista superior y flap con las cantidades y tiempos de producción y consumo

Fuente: *Elaboración propia*

Se espera que los niveles del semáforo permitan administrar el tiempo de producción de panel y vista, para evitar sobreproducción; así, la capacidad sobrante de estos procesos pueda apoyar el proceso restrictivo que es la producción de flap; previniendo retrasos o paros de la línea por falta de material.

### Simulación del sistema ideal integrando los supermercados

Se simularon dos situaciones: el sistema actual sin los supermercados y el sistema propuesto incorporando los supermercados de panel, vista y flap. En la figura 3, se representan los flujos de producto e información entre la celda y la línea con la incorporación de esta estrategia, destacando el sistema de jalar en la celda.



**Figura 3** Representación de los flujos de material y de información entre la celda de trabajo y la línea, bajo el sistema propuesto

Fuente: *Elaboración Propia*

En el sistema propuesto la celda sólo debe de producir al momento en que se hace un retiro del supermercado, produciendo como límite máximo, la cantidad que marca el color verde del semáforo. Así, es el semáforo el que da la señal de cuando y cuanto se debe producir. Al momento en que se han resurtido las piezas en el supermercado, el proceso se detiene para no caer en sobreproducción, hasta el momento en que se vuelve a hacer un retiro de producto de los estantes. Es en estos momentos de paro de la producción donde las estaciones quedan disponibles para dedicarse al proceso restrictivo que es el de producción de flap.

Se desarrollaron los modelos en ProModel considerando los tiempos de las operaciones con distribución normal; se consideraron como condiciones de arranque de cada corrida una cantidad de 8 pares de piezas en cada uno de los tres estantes para los productos panel, vista y flap que se encuentran entre la celda y la línea. Una vez que se desarrolló un modelo válido del sistema actual, se realizaron 31 corridas considerando una duración abierta, hasta cubrir el programa de producción de la línea, para un turno de trabajo. En la tabla 7 se resumen los valores obtenidos tanto para el nivel máximo de stock, como para el valor promedio de stock de los productos manufacturados en la celda.

Sistema actual turno: abierto				
Producto	Stock (pares de piezas)			
	Max	St dv	Prom	St dv
Panel	57.03	7.32	19.53	1.82
Vista	99.42	5.22	52.49	2.04
Flap	17.55	3.29	5.58	2.2

**Tabla 7** Media y desviación estándares obtenidos con base en 31 corridas del sistema actual, para las variables: Nivel máximo de stock/turno y Nivel promedio de stock/turno, para panel principal, vista superior y flap  
*Fuente: Elaboración propia*

La duración de las corridas se excedió 56.6 minutos del tiempo que dura una jornada lo que indica que hace falta capacidad en la celda para cumplir al 100% con el programa de producción de la línea.

De nueva cuenta se corrió el modelo del sistema actual pero ahora se manejó una duración de jornada fija. Se realizaron un total de 31 corridas obteniéndose los niveles de cumplimiento del programa de producción que se muestran en la tabla 8.

Sistema actual turno: ajustado			
Producto	Producción del turno (pares de piezas)		
	Prom	St dv	% cumpl.
Panel	144	0	100%
Vista	134.45	4.81	96.37%
Flap	134.45	4.81	96.37%
Producción requerida por turno: 144 pares de piezas de cada producto			

**Tabla 8** Media y desviación estándar obtenidos con base en 31 corridas, para la cantidad producida/turno, para panel principal, vista superior y flap  
*Fuente: Elaboración propia*

En el sistema actual, a nivel de la línea, solo se cumple con el programa del producto panel. No se logra elaborar el total de producción requerida para flap y vista a nivel de la línea, debido a que este proceso requiere ensamblar las piezas de flap y enseguida ensamblar las vistas. En virtud de esta secuencia del proceso, si no se completa el proceso de costura de flaps, no puede realizarse el proceso de costura de vistas. Lo anterior sucede, ya que aún cuando la celda logra fabricar el total de vistas requeridas, no logra producir la cantidad suficiente de flaps demandada por la línea. Se desarrolló posteriormente, el modelo del sistema propuesto incorporando los supermercados de panel, vista y flap. En la tabla 9 se resumen los valores obtenidos tanto para el nivel máximo de stock, como para el valor promedio de stock de los productos manufacturados en la celda.

En estos resultados se consideró un total de 31 corridas con duración de un turno de trabajo por corrida.

Sistema propuesto				
Turno: ajustado				
Producto	Stock (pares de piezas)			
	Max	St dv	Prom	St dv
Panel	27.1	3.5	8.72	0.82
Vista	51.23	13.75	24.12	7.11
Flap	42.06	8.3	23.04	5.6

**Tabla 9** Media y desviación estándar obtenidos con base en 31 corridas del sistema propuesto, para las variables: Nivel máximo de stock/turno y Nivel promedio de stock/turno, para panel principal, vista superior y flap  
*Fuente: Elaboración propia*

A fin de analizar las diferencias en los valores de cada variable: Nivel Máximo de stock/turno y Nivel promedio de stock/turno de los productos panel, vista y flap, se realizaron pruebas de hipótesis.

En las pruebas de hipótesis sobre igualdad de varianzas, resultaron significativas en todos los casos, concluyéndose que las varianzas son diferentes. En la tabla 10 y 11 se resumen estos resultados, para cada variable analizada.

Producto	Variable: nivel máximo de stock/turno			
	varianza		F calc	Valor de P
	SIST ACTUAL N=31	SIST PROP N=31		
PANEL	53.5824	12.25	4.37	0.00
VISTA	27.2484	189.06	6.94	0.00
FLAP	10.8241	68.89	6.36	0.00

**Tabla 10** Valores en la prueba de igualdad de varianzas para la variable: Nivel máximo de stock/turno, para panel principal, vista superior y flap  
*Fuente: Elaboración propia*

Producto	Variable: nivel promedio de stock/turno			
	Varianza		F calc	valor de P
	SIST ACTUAL n=31	SIST PROP n=31		
PANEL	3.3124	0.6724	4.93	0.00
VISTA	4.1616	50.552	12.15	0.00
FLAP	4.84	31.36	6.48	0.00

**Tabla 11** Valores en la prueba de igualdad de varianzas para la variable: Nivel promedio de stock/turno, para panel principal, vista superior y flap  
*Fuente: Elaboración propia*

En las pruebas de hipótesis sobre igualdad de medias, se calculó el estadístico Z considerando la fórmula siguiente:

$$Z \text{ calc} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1 - 1} + \frac{s_2^2}{n_2 - 1}}} \quad (4)$$

Donde: ( $\bar{X}_1$ ) es el valor promedio de la variable, ( $S_1^2$ ) la varianza y ( $n_1$ ) el tamaño de la muestra en el sistema actual y ( $\bar{X}_2$ ) es el valor promedio de la variable, ( $S_2^2$ ) la varianza y ( $n_2$ ) el tamaño de la muestra en el sistema propuesto. Con base en esta fórmula los valores de Z calculados se presentan en la tabla 12.

Nivel máximo de stock/turno		
Producto	Z calc	Conclusión $1 - \alpha = 95\%$
Panel	20.20	Ho se rechaza
Vista	17.95	Ho se rechaza
Flap	-15.04	Ho se rechaza
Nivel promedio de stock/turno		
Producto	Z calc	Conclusión $1 - \alpha = 95\%$
Panel	29.66	Ho se rechaza
Vista	21.00	Ho se rechaza
Flap	-15.89	Ho se rechaza

**Tabla 12** Valores en la prueba de igualdad de medias para las variables: Nivel máximo y Nivel promedio de stock/turno, para panel principal, vista superior y flap  
*Fuente: Elaboración propia*

Con base en la tabla anterior se concluye que los niveles de stock para panel, vista y flap son diferentes en el sistema actual y propuesto, ya que Zcalc cae fuera del rango [-1.96, 1.96] lo que da lugar al rechazo de Ho. Por otra parte, en la tabla 13 se muestra que salvo el caso del producto flap, los niveles de stock máximo y promedio son menores en el sistema propuesto.

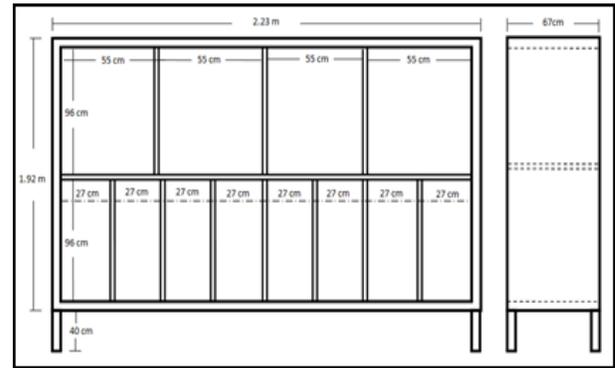
Producto	Nivel Stock actual	máx	Nivel Stock Prop	máx	Resultado
PANEL	57.03		27.1		bajó
VISTA	99.42		51.23		bajó
FLAP	17.55		42.06		subió
Producto	Nivel prom de Stock Sist actual		Nivel prom de Stock Sist Prop		Resultado
PANEL	19.53		8.72		bajó
VISTA	52.49		24.12		bajó
FLAP	5.58		23.04		subió

**Tabla 13** Comparativo de valores promedios obtenidos en el sistema actual y propuesto, para las variables: Nivel máximo y Nivel promedio de stock/turno, para panel principal, vista superior y flap  
Fuente: Elaboración propia

El nivel de stock más alto para el producto flap se explica porque 1) debe estarse produciendo continuamente en la celda, porque utiliza la estación cuello de botella y 2) porque el tiempo de consumo en la línea es menor al tiempo de producción en la celda.

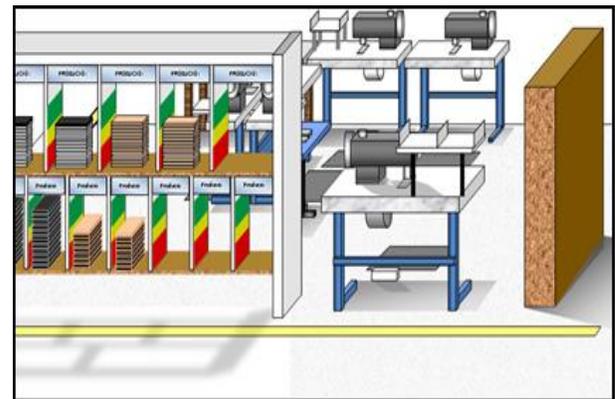
**Diseño del supermercado**

Tomando como referencia las dimensiones de los productos, se propone adaptar un estante ya existente en la celda con las dimensiones que se indican en la figura 4. La idea es integrar en un solo estante los supermercados de panel, vista y flap (izquierdos y derechos y colores negro y beige) lo que da un total de 12 compartimentos.



**Figura 4** Estante propuesto con sus dimensiones, para los supermercados de los productos: panel, vista y flap  
Fuente: Elaboración Propia

Además, a cada compartimento se le colocó la ficha de identificación del subensamble que le corresponde y se marcaron en el interior los colores del semáforo, que sirven de referencia para comparar los niveles reales del stock con el grado de urgencia para producirlos. En la figura 5. Se presenta una vista integrada de la celda con los supermercados de producto.



**Figura 5** Vista de la celda con los supermercados propuestos para panel, vista y flap  
Fuente: Elaboración Propia

## Conclusiones

Mediante este proyecto se logró fundamentar la estrategia de supermercado adecuada –en cuanto a niveles de stock de los componentes- para implementar en la celda de costura de subensambles a fin de cumplir el programa de producción establecido para la celda por la línea cliente; evitando con ello la sobreproducción y las esperas (debido a faltantes).

La reducción de la sobreproducción resalta en el caso de los productos panel y vista, la estrategia de supermercado permitiría reducir los niveles máximos de stock en la celda. En el caso de panel, la reducción obtenida representa un 52.5%, ya que el stock máximo pasa de 57.03 en el sistema actual, a 27.01 pares de piezas en el sistema propuesto. En el caso del producto vista, la reducción obtenida fue de 48.5%, con un stock máximo que se mueve de 99.42 pares de piezas en el sistema actual, a 51.23 pares, en el sistema propuesto.

Las reducción de las demoras o esperas debida a faltantes destaca en el caso del producto flap ya que mediante la estrategia de supermercado el nivel máximo de stock aumenta 2.4 veces al pasar de 17.55 pares de piezas en el sistema actual, a 42.06 pares en el sistema propuesto; con ello, se garantiza la disponibilidad de este producto para la línea cliente, eliminando las esperas o demoras por falta de insumos para los procesos de la línea, garantizando con ello el cumplimiento al 100% del programa de producción, en cada turno de trabajo.

Debe reconocerse, que la solución generada para la implementación de la estrategia de supermercado, en el caso aquí abordado, no es una ciencia exacta, ya que los parámetros operativos y los factores de variabilidad que se incorporan en estos análisis nunca serán perfectos.

Por lo que no pueden garantizarnos una solución “óptima”; sin embargo sí nos aproximamos a ella, al ofrecernos una solución pragmática, que representa un salto cualitativa y cuantitativamente mejor, en el desempeño actual del sistema.

Mediante la realización de este proyecto se documenta una experiencia que va más allá de la simple aplicación de los principios “Lean”, ya que se abordó el desafío de clarificar dónde un stock o nivel de existencias es representativo de un desperdicio y dónde un inventario permite amortiguar los ritmos diferentes que están presentes en los procesos de producción, y en este sentido se convierte en algo que agrega “valor” al proceso en su conjunto. Lo anterior fue posible al emplear la simulación, quedando demostrado en este caso, como ha ocurrido en diversos estudios basados en la industria, que la simulación constituye una herramienta apropiada y útil para resolver cuestionamientos como los aquí señalados, al complementar los métodos de análisis y diseño de los sistemas de producción.

## Referencias

- Ar, R., & Al-Ashraf, M. (2012). Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study. *Procedia Engineering*, 41, 1727–1734. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>
- Ferrin, D. M., M. J. Miller, and D. Muthler. 2005. Lean sigma and simulation, so what’s the correlation? V2. In *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*, ed. M. E. Kuhl, N. M. Steiger, F. B. Armstrong, and J. A. Joines. 2011-2015. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, N.J.

García-Dunna, E., García-Reyes, H. y Cárdenas, L. (2013). Simulación y análisis de sistemas con promodel. 2º edición. Pearson Educación, México

Holtzeimer-María de Á., Guillen-Mima, R.-D. & V.-P. (2015). Mejora continua en la logística de producción para minimizar desperdicios. Revista de Tecnología e Innovación Mejora continua en la logística de producción para minimizar desperdicios. Septiembre, 2(4), 729–739. Retrieved from [http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia\\_e\\_innovacion/vol2num4/Revista-de-Tecnologia-e-Innovacion--Volumen-4-83-93.pdf](http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia_e_innovacion/vol2num4/Revista-de-Tecnologia-e-Innovacion--Volumen-4-83-93.pdf)

Maas, S. L. and C. R. Standridge. (2005). Applying simulation to iterative manufacturing cell design. In Proceedings of the 2005 Winter

McGowan Jack; Coleman Howard. (2010). Industrial Supply. Lean Principles In Wholesale Distribution Supply Chains Do You Pull or Push? Retrieved from <http://www.industrialsupplymagazine.com>

Meyers, F. (2000). Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil. 2º edición. Pearson Educación, México

Moreira, F., Alves, A. C., & Sousa, R. M. (2010). Towards Eco-Efficient Lean Production Systems, 100–108. Retrieved from [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-14341-0\\_12.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-14341-0_12.pdf)

Padilla, P. I. L. (2010). LEAN MANUFACTURING MANUFACTURA ESBELTA/ÁGIL. Retrieved from <http://www.tec.url.edu.gt/boletin>

Perrone, L. F., Wieland, F. P., Liu, J., Lawson, B. G., Nicol, D. M., & Fujimoto, R. M. (2006). WHY LEAN NEEDS SIMULATION. Conference Paper in Proceedings - Winter Simulation Conference · December 2006. Retrieved from <http://www.informs-sim.org/wsc06papers/244.pdf>

Rüttimann, B. G. (2017). Lean compendium introduction to modern manufacturing theory. Springer.

Serrano, I. (2007). Tesis de doctorado: Análisis de la aplicabilidad de la técnica de value stream mapping en el rediseño de sistemas productivos. Universitat de Girona, España.

Shigeo, S. (1993). El Sistema de Producción Toyota desde el punto de vista de la Ingeniería. 3da. Edición Tecnología de Gerencia y Producción, España

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2007). The Machine That Changed the World. New York: Free Press, Rawson Associates Coiiier Macrnillan Canada. Retrieved from [https://masdukiasbari.files.wordpress.com/2011/04/the\\_machine\\_that\\_changed\\_the\\_world.pdf](https://masdukiasbari.files.wordpress.com/2011/04/the_machine_that_changed_the_world.pdf)

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2012). Lean Thinking Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa. Retrieved from <https://www.equipu.pe/dinamic/publicacion/adjunto/9788498751994-1487259555GbdqWG.pdf>

**Anexo 1 BOM de productos de la línea 146**

MODELOS	SET KITS	PRODUCTO	
51460007 25T SW CLOTH WA	SW RSB LH WA <b>RSB WA</b> SW RSB RH WA	25T REAR CUSHION WA (REAR CUSHION BEIGE)	
51460009 25T SW AR CLOTH WA	SW RSB LH WA <b>RSB WA</b> SW RSB RH WAR WA SW AR WA		
51460011 25T 4D CLOTH WA	4D RSB LH WA 4D RSB RH WA <b>RSB WA</b> 4D AR WA 4D CENTER WA		
51460008 25T SW CLOTH JC	SW RSB LH JC <b>RSB JC</b> SW RSB RH JC		25T REAR CUSHION JC (REAR CUSHION NEGRO)
51460010 25T SW CLOTH JC	SW RSB LH JC <b>RSB JC</b> SW RSB RH WAR JC SW AR JC		
51460012 25T 4D CLOTH JC	4D RSB LH JC 4D RSB RH JC <b>RSB JC</b> 4D AR JC 4D CENTER JC		

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en el cuadro de este anexo, los productos de la línea 146, que son los asientos traseros: 25T-WA y 25T-JC requieren cada uno de ellos tres de los set-kits donde se incorporan los subensamblados producidos en la celda bajo estudio: RSB-WAY RSB-JC.

**Anexo 2 BOM de los productos de la celda en estudio (RSB- JC y RSB –WA)**

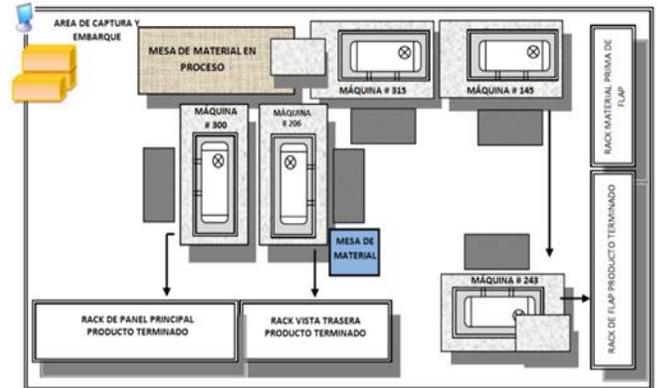
Los productos de la celda bajo estudio corresponden a los subensamblados: RSB-WAY RSB-JC que se elaboran a partir de las piezas: panel principal derecho e izquierdo, vista superior derecha e izquierda, y flap derecho e izquierdo. La celda realiza los procesos de costura de acuerdo al BOM que se presenta en la tabla de este anexo; por ejemplo, el panel principal derecho se fabrica a partir de un procedimiento de costura que une el duon y el panel principal D.

PRODUCTO	SUBENSAMBLE	REQUERIMIENTO
<b>RSB WA</b> (BEIGE)	PANEL PRINCIPAL DERECHO	DUON PANEL PRINCIPAL D
	PANEL PRINCIPAL IZQUIERDO	DUON PANEL PRINCIPAL I
	VISTA SUPERIOR IZQUIERDA	VELCRO HEMBRA VISTA SUPERIOR I
	VISTA SUPERIOR DERECHA	VELCRO HEMBRA VISTA SUPERIOR D
	FLAP DERECHO	VELCRO MACHO FLAP D
	FLAP IZQUIERO	VELCRO MACHO FLAP I
<b>RSB JC</b> (NEGRO)	PANEL PRINCIPAL DERECHO	DUON PANEL PRINCIPAL D
	PANEL PRINCIPAL IZQUIERDO	DUON PANEL PRINCIPAL I
	VISTA SUPERIOR IZQUIERDA	VELCRO HEMBRA VISTA SUPERIOR I
	VISTA SUPERIOR DERECHA	VELCRO HEMBRA VISTA SUPERIOR D
	FLAP DERECHO	VELCRO MACHO FLAP D
	FLAP IZQUIERO	VELCRO MACHO FLAP I

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 3 Layout de la celda de costura de subensamblados RSB- JC y RSB –WA**

En este apartado se presenta la distribución de la celda de trabajo y flujos de material en los procesos.



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 4 Calificaciones de la actuación que se consideraron en el cálculo del tiempo estándar**

La calificación de la actuación para los operadores de la celda tomando como base las tablas Westinghouse fue:

Calificación de la actuación	Operador		
	A	B	C
Habilidad	+0.06	+0.06	.00
Esfuerzo	+0.05	+0.05	+0.02
Condiciones *	-0.03	-0.03	-0.03
Consistencia	0.01	0.01	0.01
Calif. actuación	0.09	0.09	0
Factor de actuación	1.09	1.09	1

Fuente: Elaboración propia

La calificación de la actuación para los operadores de la línea fue:

Calificación de la actuación	Operador		
	Estación 001	Estación 288	Estación 009
Habilidad	+0.06	+0.06	+0.03
Esfuerzo	+0.05	+0.05	+0.02
Condiciones *	-0.03	-0.03	-0.03
Consistencia	+0.01	0.01	+0.01
Calif. actuación	0.09	0.09	.03
Factor de actuación	1.09	1.09	1.03

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 5 Tolerancias que se consideraron en el cálculo del tiempo estándar

El porcentaje de tolerancias que se estableció con base en la tabla editada por la oficina internacional del trabajo fue:

Factor de tolerancia	%
Constantes	9
Por estar de pie	2
Alumbrado deficiente	0
Condiciones atmosféricas	5
Trabajo fino o de gran cuidado	2
Nivel de ruido	0
Proceso moderadamente complicado	1
Monotonía	1
Tedio	2

Fuente: Elaboración propia