

# Propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa de confecciones de tejido de punto para exportación

Edgardo Gabriel Carvallo Munar<sup>1</sup>

Escuela de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú)

## RESUMEN

Este artículo presenta una propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una típica empresa de confecciones de tejido de punto para exportación, con el objetivo de reducir lead time, demoras e inventario en proceso. Mediante la utilización de mapas de cadena de valor y el enfoque de los siete desperdicios, presenta y analiza la configuración actual de una línea típica de costura, identificando los desperdicios más importantes a lo largo del proceso. Como propuesta, plantea un Sistema de producción esbelta conformado por cinco elementos, orientados a reducir los principales factores de desperdicio del sistema convencional: a) reducción del tamaño de la línea; b) implementación de un sistema de producción unitaria; c) implementación de un sistema de ingreso controlado por la línea de costura (sistema de jalar); d) aplicación de incentivos grupales; y e) incremento en la frecuencia del despacho al proceso de acabado. Como resultado, el modelo propuesto logra reducir lead time, tiempo de ciclo, inventario en proceso y movimientos innecesarios.

## PALABRAS CLAVE

Pensamiento esbelto, manufactura esbelta, siete desperdicios, mapa de cadena de valor.

---

<sup>1</sup> Maestría en Dirección de Operaciones y Logística, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Ingeniero Industrial, Universidad de Lima. Gerente de Ingeniería Industrial en Cotton Knit S.A.C. Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Miembro Senior del *Institute of Industrial Engineers* (IIE) y de la *American Society for Quality* (ASQ). E-mail: edgardocarvallo@yahoo.ca.

Carvallo Munar, E. G. (2014). Propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa de confecciones de tejido de punto para exportación. *Sinergia e Innovación*, 2(1), 52-90.

Fecha de recepción: 30/03/14

Fecha de aceptación: 28/04/14

## Proposal to apply lean manufacturing concepts to a sewing production line in a knit-wear exporting business

### ABSTRACT

This article presents a proposal for applying lean manufacturing concepts to a sewing production line from a typical apparel company that produces knit garments for export, in order to reduce lead time, in-process inventory and processing delays. Using value stream map and seven wastes approach, the paper presents and analyzes the current configuration of a typical sewing line, identifying the most important wastes throughout the process. It proposes a lean production system consisting of five elements, aimed at reducing the main factors of waste caused by the conventional production system: a) reducing the size of the line, b) implementation of a unit production system), c) implementation of a line-controlled load system (pull system), d) implementation of group incentives, and e) increasing delivery frequency of outgoing garments to finishing department. As a result, the proposed model is able to reduce lead time, cycle time, in-process inventory and unnecessary movements.

### KEYWORDS

Lean thinking, lean manufacturing, seven wastes, value stream map.

## Introducción

El negocio de fabricación y exportación de prendas de vestir bajo el régimen “*full package*”<sup>2</sup> se torna cada día más dinámico y complejo. Los clientes (dueños de las marcas) exigen productos de calidad, a precios menores y con plazos de entrega cada vez más cortos. Por otro lado, condiciones macroeconómicas del país como la apreciación de la moneda nacional o el incremento de las remuneraciones obligan a buscar alternativas para optimizar las operaciones y los procesos. La mayoría de empresas textiles utiliza sistemas tradicionales de producción en sus líneas de costura, siendo el más común el denominado “sistema de paquete progresivo” o PBS<sup>3</sup>, el cual tiende a acumular inventario en proceso y produce lead times elevados. A lo largo del presente artículo, se describe y analiza el sistema de producción convencional, para luego proponer un sistema de producción diferente basado en la filosofía y conceptos de la manufactura esbelta. Finalmente, se comparan ambos sistemas y se determinan los beneficios de la aplicación del sistema propuesto. La manufactura esbelta es un sistema de producción en el cual se utiliza la cantidad mínima necesaria de recursos, en contraste con los sistemas tradicionales. Por ello, su aplicación es pertinente en cualquier empresa que necesite mejorar sus tiempos de respuesta y optimizar el uso de sus recursos.

### Marco teórico

Dado que se trata de la aplicación de conceptos y herramientas de manufactura esbelta a una línea de producción de costura, es pertinente definir dichos conceptos y herramientas, y describir los sistemas de producción que usualmente se utilizan en los procesos de costura.

### Manufactura esbelta

El término “*lean manufacturing*” o “manufactura esbelta” fue utilizado por primera vez por James Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos en el libro *The Machine that Changed the World* (2007), enfocándose principalmente en la eliminación de desperdicios o *muda* (Chowdary & George, 2011). Sin embargo, tal como lo describen los autores en la obra mencionada, el concepto tiene sus orígenes algunas décadas atrás, en las instalaciones de la fábrica Toyota Motor Company en Japón (Womack, Jones & Roos, 2007). Esta compañía inició una profunda y significativa transformación en contraposición al sistema de producción en masa desarrollado por Henry Ford (Taj, 2008), el cual utiliza trabajadores no calificados y máquinas-herramientas muy costosas para

---

<sup>2</sup> Sistema por el cual los dueños de las marcas “sub-contratan” a productores para el desarrollo y fabricación “completa” de prendas de vestir.

<sup>3</sup> Siglas que refieren a “progressive bundle system”.

producir enormes cantidades de productos estandarizados. Este sistema ofrece al consumidor altos volúmenes de productos a precios bajos, pero con escasa variedad en el producto, y gran consumo de recursos. La “manufactura esbelta” es un sistema de producción flexible que utiliza menos recursos (menos grasa, de ahí el término “esbelta”) a lo largo de todos los procesos de la organización (menos espacio, menos esfuerzo, menos trabajadores, menos inventario, menos tiempo de proceso, menos tiempo de entrega, menos defectos, menos reprocesos, etc.), ofreciendo al mercado una mayor variedad de productos con un nivel óptimo de calidad (Womack, Jones & Roos, 2007).

### Valor agregado

Harrington (1993) define el término valor agregado como aquellas características que un artículo (bien o servicio) ha adquirido luego de realizada una actividad, y que son apreciadas por el cliente. Aquellas actividades que añaden valor para el cliente se denominan VA (*value adding*). Aquellas actividades que no agregan valor en absoluto se denominan NVA (*non-value adding*), y deberían ser eliminadas del proceso. Por último, aquellas actividades que no agregan valor para el cliente, pero se realizan porque aportan valor para la empresa (por ejemplo realizar los inventarios mensuales, elaborar los balances, etc.) se denominan NNVA (*necessary but non-value adding*), y deberían ser optimizadas o reducidas al mínimo posible.

### Muda y la teoría de los siete desperdicios

La palabra japonesa *muda* significa “desperdicio”, definido por Taiichi Ohno como cualquier actividad que consume recursos pero no agrega valor (Chowdary & George, 2011). Ohno identificó siete fuentes de desperdicio o muda como parte de sus investigaciones en Toyota: defectos (en productos), sobreproducción (productos que no se necesitan, o en cantidades mayores a las que se requieren), inventario (productos esperando su posterior uso o procesamiento), sobre-procesamiento (trabajo o procesamiento que en realidad no agrega valor, no es necesario), transporte (movimiento innecesario o excesivo de recursos productivos, usualmente debido a deficiente disposición o método), movimientos innecesarios (de personas) y esperas (recursos productivos esperando su turno para llevar a cabo actividades en la cadena de valor). Womack y Jones añaden un octavo tipo de *muda*: el diseño de productos o servicios que no cumplen con los requerimientos de los clientes (Womack & Jones, 2003).

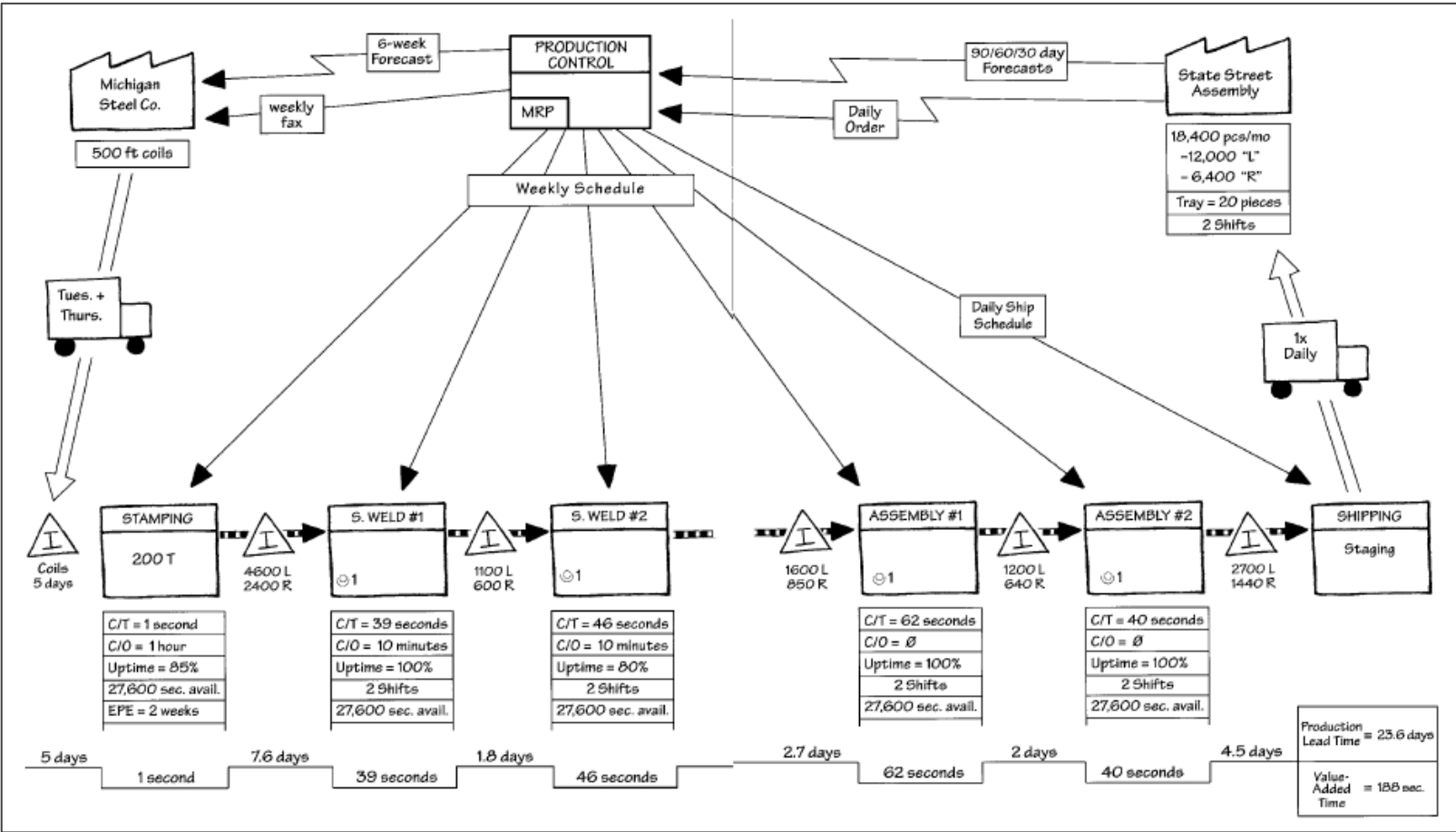
## Pensamiento esbelto

El pensamiento esbelto lo es porque proporciona una forma de realizar más y más con menos y menos, proporcionando a los clientes exactamente lo que ellos necesitan y quieren. Es un sistema que provee a la organización un método para definir y especificar el valor desde la perspectiva de los clientes, alinear actividades creadoras de dicho valor a lo largo de sus procesos, conducir dichas actividades sin interrupciones y cuando sea requerido y realizarlas de manera más efectiva. Se trata de un poderoso antídoto contra todos los tipos de muda que se pueden presentar en las organizaciones y que no les permiten ser “esbeltas” y flexibles. El pensamiento esbelto puede ser resumido en cinco principios: especificar de forma precisa el valor para cada producto, identificar la cadena de valor para cada producto, crear flujo de valor sin interrupciones, permitir que el cliente “jale” el valor del productor, y buscar la perfección (Womack & Jones, 2003).

## Mapa de la cadena de valor (*value stream map*)

Esta herramienta de la manufactura esbelta ha venido siendo utilizada por muchos años en Toyota bajo el nombre de “diagrama de información y flujo de materiales”. Siendo una forma excelente para graficar y analizar la cadena de valor de la organización, Womack observó la poca difusión y uso de dicha herramienta en occidente, y decidió encargar a Mike Rother y John Shook el diseño de una herramienta muy sencilla que permitiese a los gerentes una clara visualización del flujo en su cadena de valor. Decidieron llamar *value stream map* (mapa de la cadena de valor) a dicha herramienta, y fue introducida por primera vez en el libro *Learning to See, Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda* (Rother & Shook, 1999), bajo el patrocinio del Lean Enterprise Institute (Womack, 2006). Según la definición de los propios autores, “el mapeo de la cadena de valor es una herramienta basada en el uso de lápiz y papel, que ayuda a ver y entender el flujo del material y la información conforme el producto atraviesa la cadena de valor”. La Figura 1 muestra un mapa de cadena de valor que describe el estado “actual” del sistema de producción de una empresa.

Figura 1 Mapa de cadena de valor (estado actual)



Fuente: Rother & Shook, 1999:40.

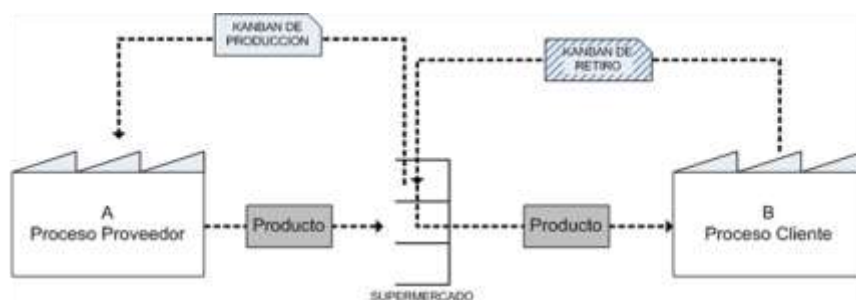
Carvalho Munar, E. G. (2014). Propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa de confecciones de tejido de punto para exportación. *Sinergia e Innovación*, 2(1), 52-90.

Los pasos para elaborar el mapeo de la cadena de valor y realizar el análisis correspondiente pueden resumirse de la siguiente manera (Chen & Meng, 2010): a) identificar el producto o familia de productos a analizar, b) elaborar el mapa de cadena de valor del estado actual, c) analizar el VSM del estado actual, identificando desperdicios y oportunidades de mejora, d) elaborar el mapa de cadena de valor del estado futuro, y e) elaborar e ejecutar el plan de implementación.

## Kanban

La palabra japonés *kanban* significa “tarjeta”, y es el principal elemento de un sistema que controla de manera autónoma el flujo de materiales en la cadena de valor. Las tarjetas *kanban* contienen datos como el código o nombre de la parte o producto, la cantidad estándar de unidades por contenedor, la cantidad total de tarjetas *kanban* emitidas para el pedido y otros por el estilo. La Figura 2 muestra un esquema básico entre dos puestos de trabajo. La idea central del sistema *kanban* es que los operadores solo pueden producir cuando reciben una tarjeta *kanban* que les autorice a hacerlo y esta autorización es consecuencia del consumo de una unidad que se encontraba en stock. Es quien ha consumido la unidad terminada (el cliente final, o un cliente interno en un proceso subsiguiente) quien “jala” la producción poniendo el sistema de producción a funcionar. El sistema *kanban*, por lo tanto, está plenamente relacionado con el principio de “dejar que el cliente jale” (sistema *pull*). Como la tarjeta indica la cantidad a producir y hay un número determinado de tarjetas, no hay forma de que la cadena produzca en cantidades mayores a las requeridas o que produzca cuando no es necesario. Es, en esencia, un sistema auto-regulado que se activa cuando es necesario reponer una determinada cantidad de unidades al haber sido consumidas por un cliente (Enkawa & Schvaneveldt, 2001).

**Figura 2 Sistema *kanban* entre dos procesos**



- 1: **Proceso Cliente** va al supermercado y retira lo que requiere, cuando lo necesita.
- 2: **Proceso Proveedor** produce para reponer lo que el cliente ha retirado.

El kanban de retiro permite coger del supermercado, en base a una orden del cliente.  
El kanban de producción permite producir para reponer lo consumido.

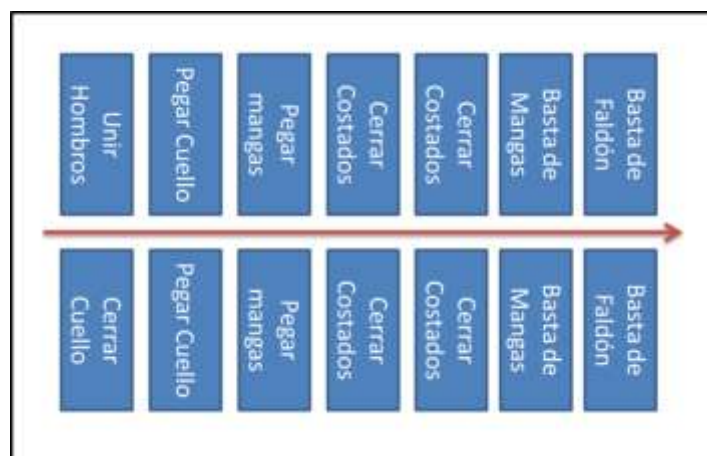
Fuente: Rother & Shook, 1999: 56

Existen diversos tipos de tarjetas *kanban*, de acuerdo a su función dentro del sistema. Las principales son: a) *kanban* de retiro, también denominada *kanban* de transporte, que autoriza al personal de acarreo de materiales a retirar y trasladar partes; b) *kanban* de producción (una tarjeta por contenedor), la cual autoriza al proceso y le indica cuántas unidades debe producir de un artículo o parte específicos; y *kanban* de señalización (una tarjeta por lote), el cual indica cuando el punto de re-orden ha sido alcanzado y debe producirse un nuevo lote. Este último tipo se utiliza cuando, por la naturaleza del proceso, la producción debe realizarse por lotes y no por unidades o contenedores pequeños (Rother & Shook, 1999).

### Sistemas de producción en costura

De acuerdo al sistema y *layout*<sup>4</sup> utilizados, la producción en costura se puede realizar mediante los sistemas de prenda completa, por proceso, en línea, o modular. Cada uno tiene su propio ámbito de aplicación, ya que sus características pueden ser más o menos apropiadas al tipo de producto y demanda. En el sistema de prenda completa, la fabricación de la prenda se lleva a cabo en una sola ubicación y los operarios (usualmente uno solo) realizan la confección de manera completa. En el sistema por proceso, el taller o fábrica se divide en secciones o departamentos especializados en un tipo de proceso (típicamente partes, ensamble y acabados), y los diferentes productos van pasando por dichas secciones, hasta que se concluya la fabricación.

Figura 3 Línea de producción



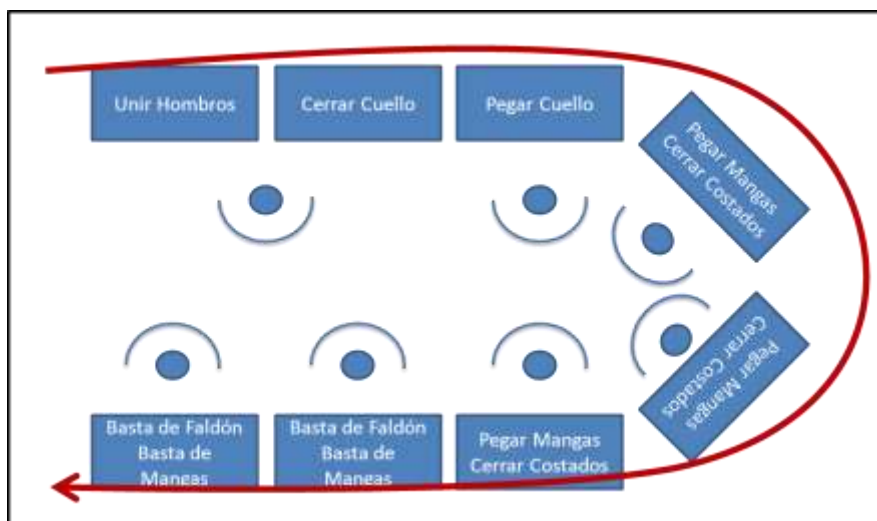
Fuente: Elaboración propia

<sup>4</sup> El término *layout* se refiere a la disposición o arreglo físico de los elementos en planta.



El sistema en línea, como su nombre lo indica, consiste en armar líneas de producción especializadas en la confección de determinados modelos, asignando puestos de trabajo según la secuencia de operaciones y el balance de línea. La Figura 3 muestra una típica línea de costura, que actualmente es el sistema de producción más utilizado en la industria de la moda. El sistema modular aplica el concepto de celdas de manufactura flexibles y consiste en armar líneas de producción pequeñas con la mínima cantidad de operarios posible, e ir confeccionando las prendas una a una. La Figura 4 muestra un ejemplo de sistema modular.

**Figura 4 Línea modular**



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al tamaño de lote utilizado, la producción en costura puede realizarse mediante los sistemas de paquete progresivo o de producción unitaria. En el sistema de paquete progresivo, las piezas cortadas se agrupan en lotes de producción denominados “paquetes”. Al ingresar a producción, estos paquetes se van moviendo de una operación a otra “progresivamente” a lo largo de la línea, hasta que en la última operación se obtiene un paquete de prendas terminadas. Para pasar a la operación siguiente, es necesario que todas las prendas del paquete (usualmente entre treinta y cien prendas por paquete) hayan sido terminadas en la operación actual, ya que la unidad de producción y el traslado no es la prenda, sino el paquete. Los inconvenientes de este sistema son la tendencia a acumular stock en proceso y a demorar u ocultar los problemas de balance y calidad que puedan presentarse en la línea, demorando así su solución.

El sistema de producción unitaria consiste en ingresar y fabricar las prendas una a una. Su ventaja (y su complicación también) es que todo ocurre de manera casi inmediata, ya que el tiempo de

espera relacionado con el stock en proceso desaparece (al no existir stock en proceso). Al no haber stock, ante cualquier problema en alguna operación la consecuencia inmediata será la detención de la línea, hasta que el problema sea solucionado (Ramesh, 2006).

## Descripción y evaluación del sistema de producción actual

### El sector exportador de confecciones

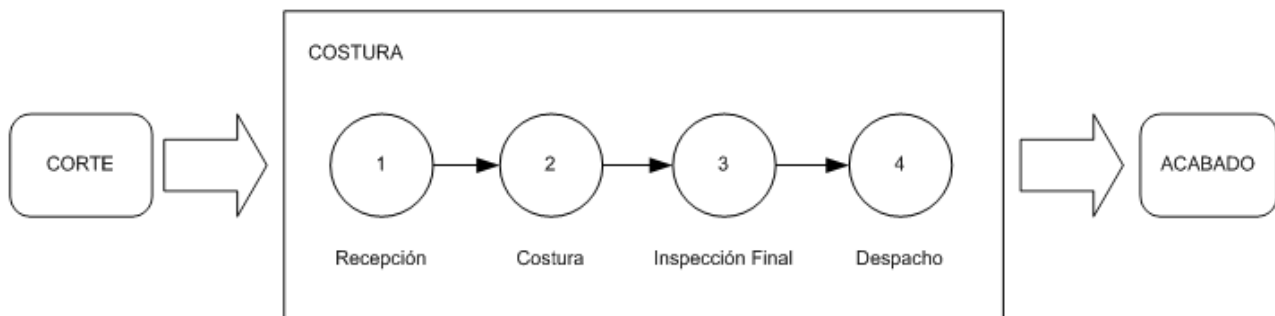
El sector exportador de confecciones en el Perú inicia su auge en la década de los ochenta, como consecuencia de la implementación de determinadas medidas dadas por el estado a fin de promover las exportaciones no tradicionales, y en especial las exportaciones de prendas de vestir. Según cifras oficiales (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú, 2014), las exportaciones peruanas alcanzaron la cifra de U.S. \$ 41,512 millones en el año 2013. De ese total, las exportaciones no tradicionales totalizaron U.S. \$ 10,937 millones, y de ellas el sector textil obtuvo un valor exportado de U.S. \$ 1,918 millones. Es decir, el sector exportador textil, del cual el sub-sector confección de prendas de vestir constituye aproximadamente un 70% (Asociación de Exportadores, 2014), representa un 18% de las exportaciones no tradicionales, y cerca del 5% del total de las exportaciones.

La mayoría de empresas exportadoras de confecciones en el Perú desarrollan sus negocios bajo la modalidad de “*full package*” o “*contract manufacturing*”. Esta modalidad consiste en que los dueños de las marcas encargan la producción de sus diseños y los productores locales realizan todo el ciclo productivo desde la adquisición o fabricación del hilado hasta la exportación de la prenda terminada. El mercado es altamente competitivo y está dominado en la actualidad por los productores del Asia, debido a los menores costos de mano de obra y ciertas políticas gubernamentales que hacen que sus precios sean muy atractivos para los clientes. Los principales destinos de las exportaciones de confecciones del Perú son los Estados Unidos, Venezuela, Brasil, Ecuador y Colombia (PromPeru, 2014). Las características más relevantes que permiten competir en el mercado globalizado de confecciones son el precio, la calidad de producto/servicio, la oportunidad de entrega, la velocidad de respuesta y la flexibilidad. En este contexto, es vital para las empresas exportadoras de confecciones del Perú el desarrollar iniciativas que eleven sus niveles de productividad y les permitan mejorar su competitividad en términos de agilidad, velocidad de respuesta y flexibilidad (ICON Institute, 2009).

## Descripción del proceso típico de costura

El proceso de costura consiste principalmente en ensamblar las piezas cortadas, obteniendo una prenda. Las piezas básicas de una prenda convencional son el delantero, la espalda, las mangas y el cuello; sin embargo, existen muchas variantes de dicha composición, tantas como modelos de prendas puedan existir. El ensamble de las piezas se realiza a través de una serie de operaciones de costura que se llevan a cabo mediante la utilización de máquinas de coser especializadas por tipo de costura. La Figura 5 muestra el proceso de costura a nivel macro.

**Figura 5 Proceso de costura (nivel macro)**



Fuente: Elaboración propia

La recepción consiste en verificar el contenido de las órdenes de producción que corte entrega a costura, y preparar los paquetes para su ingreso a línea. Para el presente estudio, se asume que una orden de producción tiene un tamaño promedio de 600 prendas, distribuidas en paquetes de cuarenta prendas cada uno. Luego de la costura, es usual que se realice una inspección final, en la que todas las prendas de cada paquete terminado son revisadas antes del despacho hacia el proceso siguiente. El despacho es una actividad mediante la cual se verifica que los paquetes estén completos, se registra su salida en el sistema de información, y se realiza el despacho físico al siguiente proceso (usualmente el proceso de acabado). Usualmente el despacho no es paquete por paquete. En cambio, se acostumbra acumular paquetes y realizar algunos despachos durante el día. Para este estudio se asumen tres despachos por día.

## Descripción del sistema de producción de una línea típica de costura

La mayoría de empresas de confección utilizan el sistema de producción por producto o línea de producción, bajo la modalidad de paquete progresivo. Debido a que se trabajan diversos tipos de modelos, en este estudio se utiliza un estilo básico para describir el actual sistema de trabajo en costura. Este supuesto es válido ya que, independientemente del modelo a producir, el concepto de producción en línea y paquete progresivo es siempre el mismo. El modelo básico utilizado para

describir el proceso es un *t-shirt* (camiseta de cuello redondo), cuyo diseño se muestra en la Figura 6.

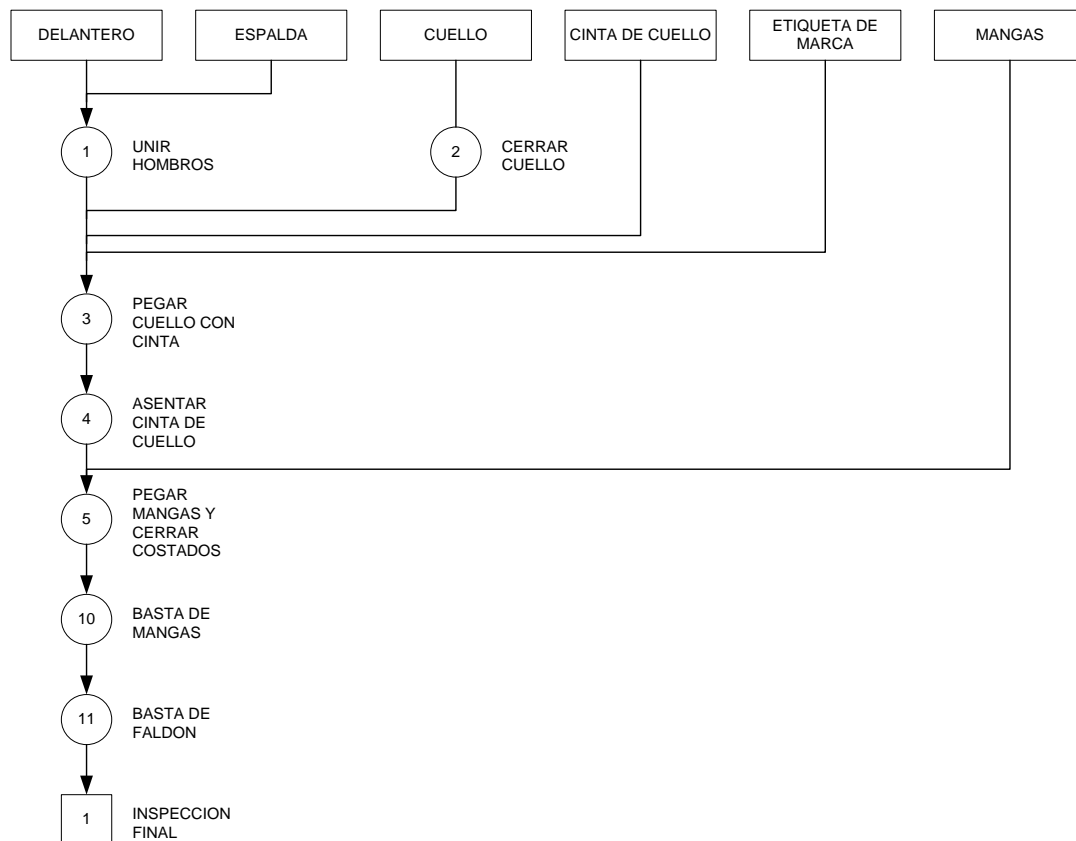
**Figura 6 T-shirt básico**



Fuente: <http://messageofhopefoundation.org>

El ensamble de la prenda en referencia se realiza mediante las operaciones mostradas en el diagrama de ensamble de la Figura 7. Una línea típica de costura en la industria de confecciones consta de entre veinte y treinta puestos de máquina y entre cuatro y seis puestos de inspección final, dependiendo del modelo a producir y del balance de línea. Este balance se lleva a cabo en base a la hoja de operaciones y tiempos (tarifado) que emite el departamento de ingeniería industrial. Un tarifado típico para el t-shirt básico utilizado como referencia se muestra en la Figura 8. La prenda de referencia tiene, como se puede apreciar, 4.29 minutos estándar de máquina, siete operaciones y una inspección.

**Figura 7 Diagrama de ensamble t-shirt básico**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8 Hoja de operaciones y tiempos (t-shirt básico)**

Bloque	Secuencia	Operación	Código máquina	Código puntada	Tiempo estándar (min/pr)	
Cuello	2	Cerrar cuello	CR1	301	0.18	
Ensamble	1	Unir hombros	RM4	514	0.35	
Ensamble	3	Pegar cuello con cinta + etiqueta	RM4	514	0.70	
Ensamble	4	Asentar cinta de cuello	CR1	301	0.65	
Ensamble	5	Pegar mangas y cerrar costados	RM4	514	1.25	
Ensamble	6	Basta de mangas	RCB	406	0.56	
Ensamble	7	Basta de faldón	RCB	406	0.60	
Ensamble	1	Inspección total	MAN	--	0.70	
				<b>Total tiempo máquina</b>	<b>Min/pr</b>	<b>4.29</b>
				<b>Total tiempo manual</b>	<b>Min/pr</b>	<b>0.70</b>

Fuente: Elaboración propia

La secuencia operativa indica los tiempos estándar (al 100% de eficiencia) y los tipos de máquina y puntada que corresponden a cada operación. Con esta información, y la cantidad de prendas por hora que el programa de costura indica (en este caso se consideran 3,120 prendas/día, que equivalen a 390 prendas/hora como tasa de producción objetivo) a fin de cumplir con la fecha de despacho comprometida, se realiza el balance de línea correspondiente. La Figura 9 muestra el balance de línea para la prenda en referencia. La línea de producción resultante tiene veintiocho puestos de máquina y cinco puestos manuales

Figura 9 Balance de línea - *t-shirt* básico

Bloque	Secuencia	Operación	Código máquina	Código puntada	Tiempo estándar (min/pr)	Eficiencia esperada %	Prendas/hora esperadas por persona	Personas requeridas	Personas asignadas	Prendas/hora posibles por operación
Cuello	2	Cerrar cuello	CR1	301	0.18	120%	400	0.98	1.00	400
Ensamble	1	Unir hombros	RM4	514	0.35	115%	197	1.98	2.00	394
Ensamble	3	Pegar cuello con cinta + etiqueta	RM4	514	0.70	90%	77	5.06	5.00	386
Ensamble	4	Asentar cinta de cuello	CR1	301	0.65	83%	78	4.97	5.00	392
Ensamble	5	Pegar mangas y cerrar costados	RM4	514	1.25	115%	55	7.07	7.00	386
Ensamble	6	Basta de mangas	RCB	406	0.56	90%	96	4.04	4.00	386
Ensamble	7	Basta de faldón	RCB	406	0.60	100%	100	3.90	4.00	400
Ensamble	1	Inspección total	MAN	--	0.70	90%	77	5.06	5.00	386
<b>Total tiempo máquina</b>				<b>Min/pr</b>	4.29					
<b>Total tiempo manual</b>				<b>Min/pr</b>	0.70					

Fuente: Elaboración propia

Como los tiempos de cada operación difieren entre sí y no son necesariamente múltiplos unos de los otros, la asignación final produce diferencias en las capacidades de producción de cada operación. El ritmo de la línea, por lo tanto, queda determinado por aquella operación con menor capacidad. En este caso, existen cuatro operaciones con capacidad de 386 prendas/hora, que es un ritmo aceptable para el objetivo de 390 prendas/hora del Plan de Costura. La distribución física de la línea de producción para este modelo referencial, en base a la cantidad de puestos determinada por el balance de línea, sigue el esquema descrito en la Figura 3. Los puestos de trabajo se distribuyen siguiendo la secuencia de operaciones del producto en referencia, y se utiliza el sistema de paquete progresivo. La secuencia del flujo típico se muestra en la Figura 10.

El sistema de incentivo y control de eficiencias es individual. Cada paquete lleva una serie de tickets con código de barras, un ticket por operación. El operador retira el ticket de la operación que acaba de realizar, y lo coloca en un parte de producción. Al final de la jornada, las partes se registran en el sistema de información y se determina la cantidad producida por cada operador y la eficiencia individual que ha alcanzado. El operador recibe, aparte de su jornal básico, un incentivo (se le llama “destajo” aunque técnicamente no lo es) que varía en función de la eficiencia alcanzada en cada día de la semana. A mayor eficiencia, mejor es el incentivo que recibe.

**Figura 10** Secuencia del flujo entre puestos de trabajo





Fuente: Elaboración propia

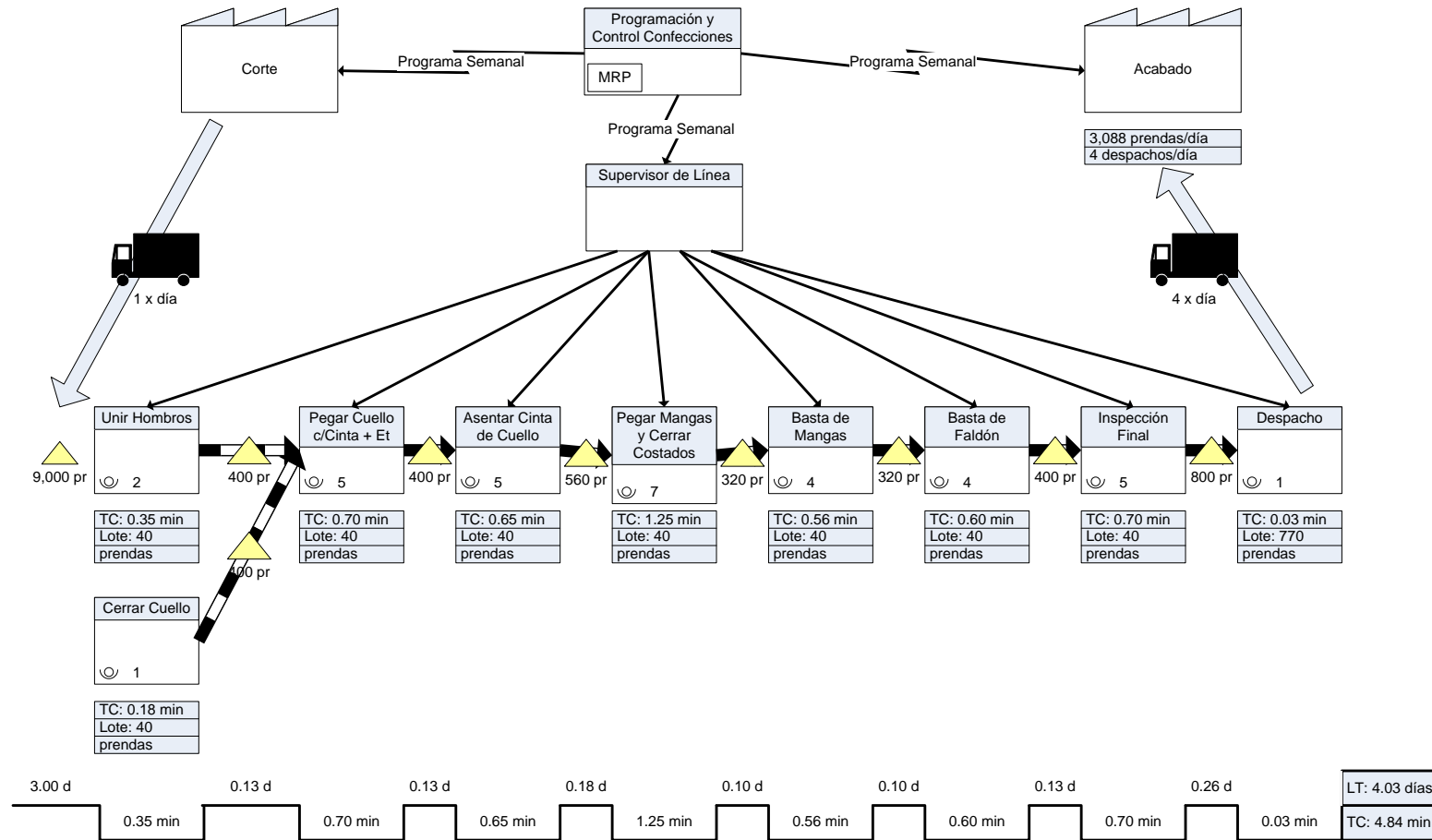
En la línea y modelo analizados, siendo que se producen 386 prendas/hora y la jornada de trabajo es de ocho horas/día, se procesan en total 3,088 prendas. Esto equivale a setenta y siete paquetes de 40 prendas. Como cada paquete pasa por 7 operaciones de máquina, se registran entonces 540 tiquets por día. Normalmente, una línea típica de costura mantiene un inventario equivalente a tres días de producción en “estantería” (órdenes de producción que han sido despachadas a la línea y que aún no han ingresado al proceso, por lo que se encuentran almacenadas en la estantería de ingreso de la misma). En proceso, el inventario promedio es de un día (un paquete en espera y un paquete en proceso por operador, en promedio), dependiendo de la eficiencia de cada línea. En resumen, una línea típica de costura tiene un inventario promedio de cuatro días de producción.

### **Análisis y diagnóstico del sistema actual**

El mapa de cadena de valor de la Figura 11 representa el estado actual del sistema convencional de producción de una típica línea de costura. El flujo de producción no es unitario, ya que se trabaja por paquetes o lotes de cuarenta prendas cada uno. Debido a ello, existe una interrupción entre una estación de trabajo y la siguiente (el paquete o lote pasa a la siguiente operación solo cuando las cuarenta unidades han sido procesadas, como ya se explicó anteriormente) y un inventario entre puestos (un paquete de cuarenta en espera, además del paquete en proceso). Los tiempos de ciclo se muestran en minutos, mientras que los inventarios se muestran en unidades y en su equivalente en días. La equivalencia se determina dividiendo el total de unidades en inventario entre 3,120 (el flujo en prendas/día requeridos por el Plan de Producción).

Como se puede apreciar en el mapa, el tiempo necesario para ensamblar y despachar una prenda es 4.84 minutos. Sin embargo, cada prenda demora 4.03 días en atravesar la línea de producción debido al sistema de paquete progresivo; a su tamaño (cuarenta prendas); y al hecho de mantener en stock un paquete entre un puesto de costura y el siguiente, además del paquete que se encuentra en proceso. Del total de actividades, existen dos que conceptualmente no agregan valor, ya que no producen ninguna transformación en el producto que sea valorada por el cliente: inspección final y despacho (a acabado). Como ambas actividades son “necesarias para el proceso”, caen dentro del ámbito de las mudas del tipo NNVA (necesario pero no valor agregado). Por lo tanto, el tiempo valor agregado es 4.84 menos el tiempo de ambas actividades (0.70 + 0.03), lo que da como resultado 4.11 minutos. La Figura 12 muestra el resumen del proceso en términos del análisis de cadena de valor.

Figura 11 Mapa de la cadena de valor t-shirt básico



Fuente: Elaboración propia

Carvalho Munar, E. G. (2014). Propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa de confecciones de tejido de punto para exportación. *Sinergia e Innovación*, 2(1), 52-90.

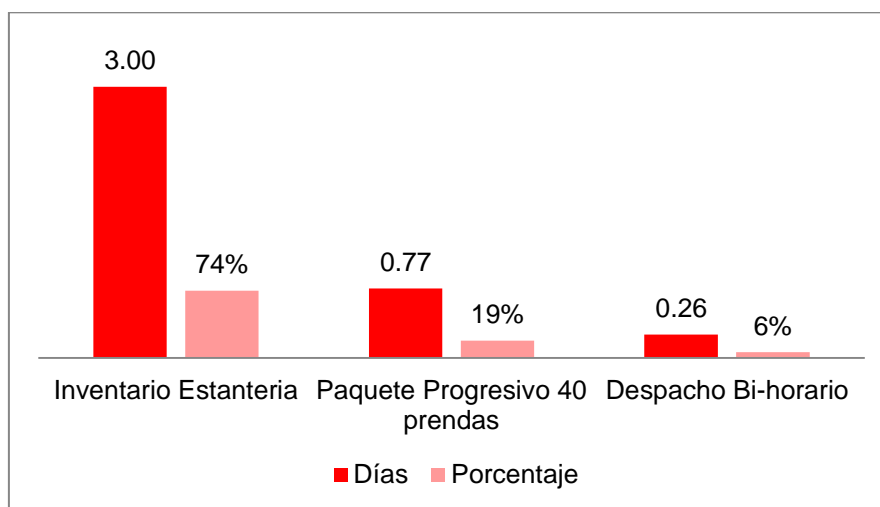
**Figura 12 Cuadro de resultado del proceso**

Rubro	Estado actual
Lead time total (LT)	4.03 días
Tiempo de valor agregado (TVA)	4.11 minutos
Tiempo de ciclo total (TC)	4.84 minutos
Stock en proceso total	12,200 prendas
TVA respecto a TC	84.92%
TVA respecto al LT	0.21%
TC respecto al LT	0.25%

Fuente: Elaboración propia

### Evaluación del proceso mediante la teoría de los siete desperdicios

**Espera:** Tal como se deduce del análisis de cadena de valor, del total de tiempo que una prenda permanece en la línea de producción (4.03 días), solamente el 0.25% corresponde a tiempo de procesamiento mientras que en el 99.75% del tiempo la prenda se encuentra en espera de ser procesada. Como se muestra en la Figura 13, el 74% de la espera se debe a la decisión de mantener tres días de stock en estantería, y 19% de la espera se debe al sistema actual de paquete progresivo de tamaño cuarenta prendas. Cada prenda de un paquete debe esperar que las otras treinta y nueve prendas sean procesadas antes de pasar a la siguiente operación. Esto se repite en cada estación de trabajo por la que dicho paquete pasa a lo largo de la línea de producción. Finalmente, el hecho de acumular producción de dos horas para hacer los despachos a acabado también contribuye a la espera, en menor medida.

**Figura 13 Tiempo de espera t-shirt básico**

Fuente: Elaboración propia

**Inventario:** El inventario presente en la línea de producción guarda una relación directa con el tiempo de espera analizado en el párrafo anterior. De hecho, los días de espera se determinan dividiendo el inventario en cada estación de trabajo entre el flujo objetivo por día que establece el plan de producción. Por ello, el análisis de motivos que explican el nivel de inventario es el mismo utilizado para las esperas: 9,000 prendas (74%) se deben al inventario en estantería, 2,400 prendas (19%) se deben al sistema de paquete progresivo de cuarenta prendas, y 800 prendas (6%) se explican por el sistema de despachos bi-horarios hacia la planta de acabado. Considerando un valor de producto en proceso de \$4.00 por prenda, el inventario observado de 12,200 prendas equivale a \$48,800.

**Transporte:** La longitud de la línea típica de costura utilizada para el presente estudio es de 24.3 metros. Aunque no es estrictamente de ese modo, se puede asumir que cada prenda recorre dicha distancia durante el proceso de producción. En realidad, el recorrido es mayor, ya que los paquetes se desplazan en “zig zag” y no en línea recta.

**Movimientos innecesarios:** El sistema de paquete progresivo trae como consecuencia la necesidad de manipular los paquetes. Cada paquete de piezas está atado con una cinta que lo mantiene íntegro, y un conjunto de tiquets o stickers de código de barra, correspondientes a cada operación. Para cada paquete, cada operador realiza actividades que no tienen ninguna relación con la operación (coger/dejar el paquete, colocarlo/retirarlo en/de la mesita auxiliar, desatar/atar el paquete, coger/retirar los tiquets, etc.). El tiempo asociado a la manipulación del paquete se suele incluir en el tiempo estándar de cada operación y en este estudio se considerado como 0.03 minutos/prenda.

Dado que la línea produce 3,088 prendas por día, entonces se invierten 92.64 minutos por día en esta labor. Adicionalmente, es necesario registrar la información de cada tiquet en el sistema de información. Para registrar 540 tiquets por día, y considerando que esta labor la realice un auxiliar (utilizando un lector de código de barras), en un tiempo promedio de seis segundos por tiquet, se requiere un total de 54 minutos por día. Ninguna de estas actividades agrega valor al producto.

**Defectos:** El nivel de defectos del proceso de costura en una línea típica varía entre 3% y 6%. El problema principal es que los defectos se detectan recién cuando los paquetes han pasado por la inspección final, evento que ocurre cuatro días después de que la prenda ha ingresado al proceso. En el mejor de los casos, el defecto puede ser observado por el operador de la operación

siguiente, pero este hecho ocurre cuando ya todas las prendas del paquete han sido procesadas, es decir, pueden existir cuarenta prendas con el mismo defecto.

**Sobre-producción y sobre-procesamiento:** Para efectos de este estudio, se asume que se produce lo que pide el plan de producción y que no existe sobre-procesamiento debido a que en cada empresa los métodos y políticas de producción difieren.

### Resumen del diagnóstico

Existen cinco rubros de desperdicios en el sistema de línea convencional bajo el régimen de paquete progresivo, como se puede apreciar en la tabla de la Figura 14. Este sistema resulta en un *lead time* de cuatro días, mientras que solo se necesitan cuatro minutos para procesar una prenda (desperdicio: espera). El tamaño de lote de cuarenta prendas/paquete y la política de mantener stocks de seguridad en “estantería” resultan en un nivel de inventario de 12,000 prendas, que equivale a aproximadamente cuatro días de producción (desperdicio: inventario). Otros desperdicios como transporte, movimientos innecesarios y defectos se presentan también aunque su impacto es menor al de los dos primeros.

**Figura 14** Tabla resumen análisis línea de t-shirts básicos

Desperdicio	Estado actual
Espera	Lead time (LT): 4.03 días Tiempo valor agregado (TVA): 4.11 minutos Tiempo de ciclo total (TC): 4.84 minutos TVA respecto al TC: 84.92% TVA respecto al LT: 0.21% TC respecto al LT: 0.25%
Inventario	Stock en proceso: 12,200 prendas Valorización del stock: U.S. \$48,000 (a U.S. \$4.0 por prenda)
Transporte	Distancia recorrida por cada prenda: 24.3 metros
Movimientos innecesarios	Manipuleo de paquete: 92.64 minutos/día Registro de tiquets: 54 minutos/día
Defectos	3-6% defectos en línea. Detección tardía de los defectos, debido al sistema de paquetes progresivos.

Fuente: Elaboración propia

Los movimientos innecesarios se deben al sistema de destajo individual y paquete progresivo, el transporte se debe a la longitud de la línea, y los defectos están referidos más a la oportunidad de detección que al nivel de los mismos. Existe, por lo tanto, una clara oportunidad de mejora relacionada con la implementación de los conceptos de manufactura esbelta al proceso en estudio.

## Presentación y desarrollo del modelo propuesto

El modelo propuesto consiste en cinco propuestas de mejora basadas en conceptos y principios de manufactura esbelta. La Figura 15 muestra el esquema general del modelo.

**Figura 15 Modelo de línea esbelta de costura**



Fuente: Elaboración propia

### Propuesta 1: Reducir el tamaño de la línea a fin de reducir tiempos de transporte y hacerla más ágil y flexible.

La línea original de veintiocho puestos de máquina se convierte en dos líneas esbeltas de catorce puestos de máquina y entre dos y tres puestos de inspección final. Utilizando la misma prenda, secuencia de operaciones (excepto los tiempos de operación, en los que se ha eliminado 0.03 minutos por manipuleo de paquete en cada operación) y cantidad programada, el nuevo balance de línea queda tal como se muestra en la Figura 16.

Carvalho Munar, E. G. (2014). Propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa de confecciones de tejido de punto para exportación. *Sinergia e Innovación*, 2(1), 52-90.

Figura 16 Balance de línea esbelta - t-shirt básico

Bloque	Secuencia	Operación	Código máquina	Código puntada	Tiempo estándar (min/pr)	Eficiencia esperada %	Prendas/hora esperadas por persona	Personas requeridas	Personas asignadas	Prendas/hora posibles por operación
Cuello	2	Cerrar cuello	CR1	301	0.15	120%	480	0.41	0.50	240
Ensamble	1	Unir hombros	RM4	514	0.32	115%	216	0.90	1.00	216
Ensamble	3	Pegar cuello con cinta + etiqueta	RM4	514	0.67	90%	81	2.42	2.50	201
Ensamble	4	Asentar cinta de cuello	CR1	301	0.62	85%	82	2.37	2.50	206
Ensamble	5	Pegar mangas y cerrar costados	RM4	514	1.22	115%	57	3.45	3.50	198
Ensamble	6	Basta de mangas	RCB	406	0.53	90%	102	1.91	2.00	204
Ensamble	7	Basta de faldón	RCB	406	0.57	100%	105	1.85	2.00	211
Ensamble	1	Inspección total	MAN	--	0.67	90%	81	2.42	3.00	242
<b>Total tiempo máquina</b>				<b>Min/pr</b>	4.08					
<b>Total tiempo manual</b>				<b>Min/pr</b>	0.67					

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de prendas por hora que el programa de costura indicaba (en este caso 3,120 prendas/día, que equivalen a 390 prendas/hora como tasa de producción objetivo) se ha dividido en dos y se ha asignado a cada línea esbelta una cuota de producción de 1,560 prendas/día (195 prendas/hora).

Como en el caso original, el ritmo de la línea queda determinado por la operación con menor capacidad. En este caso, existe una operación con capacidad de 198 prendas/hora, que es un ritmo aceptable para el objetivo de 195 prendas/hora del plan de costura y equivalente al ritmo obtenido en la línea convencional, ya que ambas líneas esbeltas producirán 396 prendas/hora.

Una característica de las líneas esbeltas, por su tamaño reducido es que eventualmente algunas personas deben realizar más de una operación. Esta situación puede apreciarse también en este caso, ya que la misma persona que cierra cuello (le ocupa medio tiempo) deberá también asentar cinta de cuello (con la misma especialidad de máquina) porque se asignarán solo dos maquinistas a dicha operación. Similar situación ocurre en el pegado de mangas, cerrado de costados y pegado de cuello. El personal de una línea esbelta, por lo tanto, debe conocer varias operaciones y no ser especialista solamente de una, como ocurre en las líneas de producción convencionales.

La distribución física de la línea de producción esbelta se muestra en la Figura 17. Los puestos de trabajo se distribuyen siguiendo la secuencia de operaciones del producto en referencia, tal como se hace en la línea convencional. La diferencia, aparte de la menor longitud de la línea (que implica una menor distancia recorrida por las prendas), radica en la orientación de los puestos de trabajo y la secuencia en forma de "U" (acorta distancias). La canaleta en la que se acumulaban los paquetes ha desaparecido y los puestos quedan más cerca unos de otros a fin de facilitar el flujo unitario de producción.

**Figura 17 Layout típico de la línea esbelta de costura - t-shirt básico**



Fuente: Elaboración propia

Como se trata de un sistema unitario de producción, cada prenda va pasando de una operación a la siguiente según la secuencia operativa hasta su culminación. La espera para completar un



paquete y pasar a la operación siguiente ha sido eliminada. El auxiliar de la línea (encargado del traslado de los paquetes entre los diferentes puestos de la línea) ya no es necesario en este sistema de producción. En su reemplazo, se requiere un habilitador que prepare las piezas que conforman una prenda individual a partir de los paquetes recibidos de corte y los coloque en la primera operación de la línea.

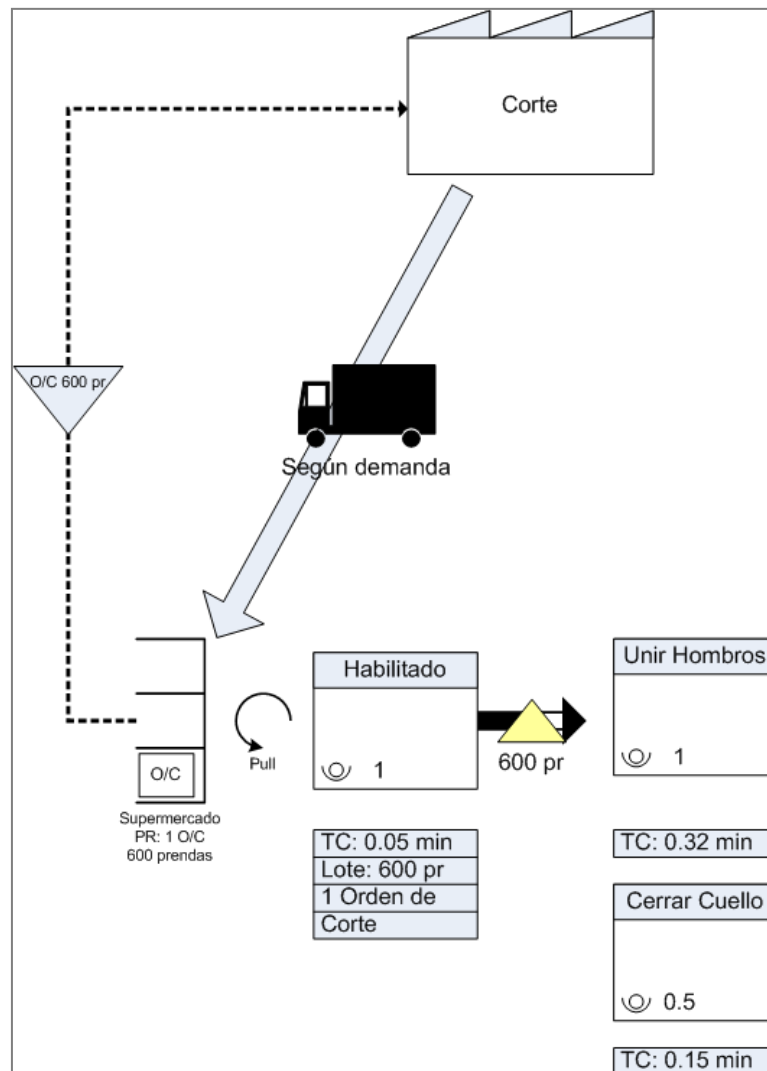
### **Propuesta 2: Implementar un sistema de producción unitaria, en reemplazo del actual sistema de paquete progresivo, a fin de reducir inventario en proceso, tiempos de espera y lead time**

El sistema de producción unitaria reemplaza al actual sistema de paquete progresivo. En vez de trabajar con paquetes de cuarenta prendas cada uno, los cuales van pasando de una operación a otra, se procesa una prenda a la vez en cada puesto de trabajo. De este modo, una vez que la prenda completa su trabajo en una operación, pasa sin demora a la siguiente. Como las prendas llegan a la línea en paquetes (es el tipo de procesamiento utilizado en la sala de corte), se incluye un puesto de habilitado, el cual se encarga de reunir todas las piezas que componen una prenda unitaria y luego las pasa al primer puesto de trabajo de la línea esbelta. Esta actividad previa es necesaria ya que las piezas que conforman una misma prenda están codificadas (numeradas) y deben coincidir a fin de garantizar la uniformidad de tono de la prenda. La eliminación del paquete y su reemplazo por el sistema unitario permite eliminar todas las actividades alrededor del paquete. Estas están referidas principalmente a la lectura de tiquets individuales de producción y al manipuleo del paquete.

### **Propuesta 3: Implementar un sistema de ingreso controlado por costura**

El sistema de ingreso controlado por costura es un sistema de “jalar” que regula el despacho de prendas de corte a costura, mediante la utilización de tarjetas tipo “*kanban*”, reduciendo el inventario en estantería.

Figura 18 Secuencia del ingreso controlado por costura



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Figura 18, la estantería (supermercado) se ubica antes del habilitado. La operación de habilitado retira de la estantería lotes completos (orden de corte u O/C) y realiza el ingreso a la línea prenda por prenda (sistema unitario). Para el diseño del sistema, se ha considerado una orden de corte promedio de 600 prendas, un tiempo de preparación de 90 minutos (preparación 60 minutos, registro 15 minutos, traslado a costura 15 minutos), un tiempo de recepción, verificación y registro de la O/C (en costura) de 30 minutos, y un tiempo de habilitado de 30 minutos.

Con los datos asumidos, es fácil determinar que una O/C alcanza para tres horas de producción. Durante ese lapso de tiempo se debe preparar una siguiente O/C, a fin de garantizar el flujo continuo de la línea. Como se trabaja en un sistema de producción unitario (no hay stock entre operaciones), una falta de abastecimiento en el ingreso detendría la producción de la línea inmediatamente. Cuando el personal de habilitado retira una O/C de la estantería o supermercado, necesita una hora para realizar la verificación y habilitado de la misma. Esta actividad se debe iniciar a más tardar una hora antes de que se termine el ingreso unitario de la O/C en proceso. Como la planta de corte tiene un tiempo de atención de 1.5 horas, la reposición puede durar como máximo 2.5 horas (una hora de recepción/habilitado y dos horas de atención). Al ritmo de la línea, el punto de reposición es de 488 prendas (195 prendas/hora x 2.5 horas/lote). Como el lote promedio de una O/C es 600 prendas, se redondea el punto de reposición a una O/C. Como muestra el diagrama, el supermercado deberá contar siempre con una O/C, la cual será solicitada por costura al coger la O/C que se encuentra en stock. La solicitud se realiza mediante la entrega de una tarjeta de despacho (tipo *kanban*) que autoriza a corte a preparar y despachar al supermercado un lote de por lo menos 600 prendas. Si la siguiente O/C disponible tuviese menos de 600 prendas, se adicionará otra O/C de manera que la cantidad repuesta sea al menos 600 prendas. La Figura 19 muestra la tarjeta de despacho propuesta. La implementación de este sistema significa que la estantería, que en el sistema convencional alcanzaba un promedio de tres días, ahora se reduce al equivalente a tres horas de producción de la línea. El ingreso lo controla la propia línea de costura, mediante el uso de la tarjeta de despacho propuesta, la cual se entrega a corte en el momento de retirar la O/C disponible en el supermercado. La idea es que normalmente solo haya una O/C en estantería.

**Figura 19 Tarjeta de despacho**

TARJETA DE DESPACHO
Autorización para preparar y despachar un lote de prendas con las siguientes características:
Tamaño de Lote:
Orden de Planeamiento:
Línea:
Si la cantidad de la O/C es inferior al tamaño de lote, adicionar otra O/C hasta completar el tamaño solicitado.

Fuente: Elaboración propia

#### **Propuesta 4: Aplicar un sistema de incentivo grupal por eficiencia de salida en reemplazo del actual sistema de incentivo individual, a fin de promover el trabajo en equipo en base al resultado de la línea.**

El sistema de incentivo propuesto es grupal en base a eficiencia de salida. Es grupal debido a que se requiere promover el trabajo en equipo y está basado en la eficiencia de salida porque se recompensa el resultado final de la línea, no las eficiencias individuales que podrían no resultar en un mejor *output*. Por otro lado, al no existir registro individual de producción (por la eliminación de los paquetes y tickets), realizar un control individual prenda por prenda sería impracticable y poco productivo.

La eficiencia de salida se determina del siguiente modo:

*Eficiencia de Salida (%):  $\frac{\text{Minutos producidos} \times 100}{\text{Minutos trabajados}}$*

*Minutos trabajados*

*Minutos producidos: Prendas producidas por la línea x tiempo estándar*

*Minutos trabajados: Minutos reales trabajados por los miembros de la línea, según registro de asistencia.*

La tabla de incentivo a utilizar para relacionar el ingreso con la eficiencia de salida obtenida debe ser determinada por cada empresa, en función a sus políticas de remuneración. Lo fundamental es que todos los miembros de la línea reciben el mismo incentivo en base a la eficiencia de salida del grupo, y no en base al esfuerzo individual.

#### **Propuesta 5: Incrementar la frecuencia de despacho a acabado, de cuatro despachos por día a despachos horarios.**

El último componente del modelo consiste en realizar despachos al siguiente proceso en forma horaria, y no cada dos horas como se realiza en una línea convencional. El cambio es simple, pero tiene dos efectos importantes en el sistema de producción: asegura un flujo más continuo entre la línea de costura y acabado, y reduce a la mitad el inventario acumulado al final de la línea.

El cuadro de la Figura 20 muestra el resumen de propuestas de mejora, el problema que ataca y las herramientas o principios de manufactura esbelta en las que se basan dichas propuestas. Al aplicar los conceptos de manufactura esbelta al proceso, la nueva cadena de valor queda tal como

se muestra en la Figura 21. Como se puede apreciar en el mapa propuesto, el tiempo necesario para ensamblar y despachar una prenda ha disminuido de 4.84 minutos a 4.68, debido principalmente a la eliminación del trabajo por paquetes. Por otro lado, el tiempo necesario para que una prenda atraviese la línea ha disminuido de 4.03 días a 0.89 días, debido a la implementación del sistema de jalar y flujo unitario. Del total de actividades, existen tres que conceptualmente no agregan valor, ya que no producen ninguna transformación en el producto que sea valorada por el cliente: habilitado, inspección final y despacho. Como dichas actividades son “necesarias para el proceso”, caen dentro del ámbito de las *mudas* del tipo NNVA (necesario pero no valor agregado).

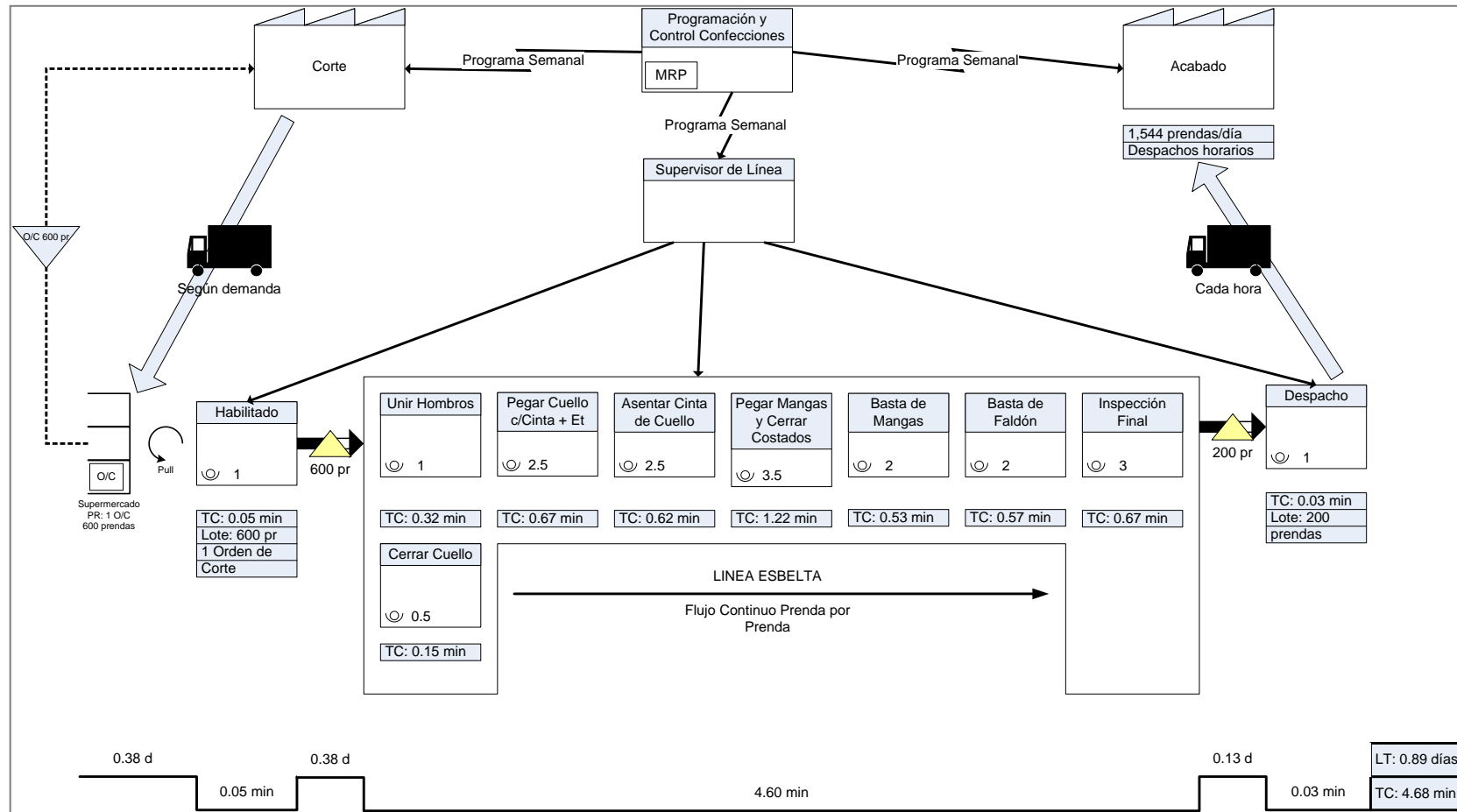
Por lo tanto, el tiempo valor agregado es 4.68 menos el tiempo de dichas actividades ( $0.05 + 0.67 + 0.03$ ), lo que da como resultado una reducción de 4.11 minutos a 3.93 minutos.

**Figura 20 Cuadro resumen de propuestas, problemas y conceptos**

Propuesta de mejora	Problema (desperdicio identificado en el diagnóstico)	Herramienta/Principio de manufactura esbelta aplicado
1. Reducción del tamaño de la línea	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transporte</li> <li>▪ Inventario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tamaño y forma del layout</li> </ul>
2. Sistema de producción unitaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inventario</li> <li>▪ Espera</li> <li>▪ Movimientos innecesarios</li> <li>▪ Defectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flujo unitario</li> </ul>
3. Ingreso controlado por costura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inventario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistema de jalar</li> <li>▪ Kanban</li> </ul>
4. Incentivo grupal por eficiencia de salida	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Movimientos innecesarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trabajo en equipo</li> </ul>
5. Despacho horario a acabado	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Espera</li> <li>▪ Inventario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flujo continuo</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

Figura 21 Mapa de la cadena de valor t-shirt básico - estado futuro



Fuente: Elaboración propia

Carvalho Munar, E. G. (2014). Propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa de confecciones de tejido de punto para exportación. *Sinergia e Innovación*, 2(1), 52-90.

Otro cambio importante es que el stock en proceso para una línea esbelta ha disminuido a solo 1,400 prendas (600 prendas en el supermercado, 600 prendas en el habilitado y 200 prendas en el despacho). Teniendo en cuenta que dos líneas esbeltas equivalen a la línea original, el stock total ha disminuido de 12,200 prendas a 2,800 prendas. La Figura 18 muestra el resumen del modelo propuesto, en términos del análisis de cadena de valor.

**Figura 22 Cuadro de resultado del proceso futuro**

Rubro	Estado futuro
Lead time total (LT)	0.89 días
Tiempo de valor agregado (TVA)	3.93 minutos
Tiempo de ciclo total (TC)	4.68 minutos
Stock en proceso total	1,400 prendas (una línea) 2,800 prendas (ambas líneas esbeltas)
TVA respecto a TC	84.92%
TVA respecto al LT	0.21%
TC respecto al LT	0.25%

Fuente: Elaboración propia

## Evaluación del modelo propuesto

### Evaluación cualitativa

El modelo propuesto contribuye a mejorar el tiempo de respuesta y a reducir los niveles de desperdicio inherentes al sistema de producción convencional, especialmente en los desperdicios referidos a inventario en proceso, traslados y movimientos innecesarios. Existen otras ventajas adicionales, referidas a mayor fluidez en la producción y trabajo en equipo. La Figura 23 resume la evaluación cualitativa del modelo.

**Figura 23 Evaluación cualitativa de las propuestas**

Propuesta de mejora	Ventajas
<b>Propuesta 1</b> Reducción del tamaño de la línea	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducción de tiempo de recorrido de la prenda a lo largo de la línea.</li> <li>▪ Reducción del inventario en proceso, al haber menor cantidad de puestos de trabajo.</li> </ul>
<b>Propuesta 2</b> Sistema de producción unitaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducción de inventario en proceso.</li> <li>▪ Reducción de tiempos de espera entre operaciones.</li> <li>▪ Eliminación de movimientos innecesarios (por la eliminación del paquete).</li> <li>▪ Reducción de defectos, por rápida detección al disminuir el inventario.</li> </ul>
<b>Propuesta 3</b> Ingreso controlado por costura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducción de inventario en proceso, incluyendo el inventario en “estantería” antes de ingresar a línea.</li> <li>▪ Reducción de sobre-producción. Corte prepara los lotes según el requerimiento de costura.</li> </ul>
<b>Propuesta 4</b> Incentivo grupal por eficiencia de salida	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducción de movimientos innecesarios referidos a tiquets de destajo individual.</li> <li>▪ Promoción del trabajo en equipo.</li> </ul>
<b>Propuesta 5</b> Despacho horario a acabado	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducción del inventario de prendas terminadas al final de la línea.</li> <li>▪ Flujo continuo de abastecimiento al siguiente proceso.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

### Evaluación cuantitativa

La evaluación cuantitativa del modelo propuesto se realiza utilizando dos puntos de vista diferentes pero relacionados entre sí. El primer enfoque es el relativo a la comparación entre la situación actual y la propuesta, en términos de análisis de cadena de valor y evaluación de desperdicios. El segundo enfoque evalúa el costo y beneficio total del cambio de un sistema a otro.

Como se puede apreciar en el cuadro de la Figura 24, el lead time se reduce de cuatro días a menos de un día. Esta reducción de 78% respecto al tiempo original es fundamental en términos de mejora significativa en el tiempo de respuesta de la línea y es una de las características de los



sistemas esbeltos de producción. Se puede observar también que el nivel de inventario en proceso se reduce de 12,200 prendas a 2,800 prendas.

**Figura 24 Cuadro comparativo en función a cadena de valor**

Rubro	Estado actual	Estado futuro
Lead time total (LT)	4.03 días	0.89 días
Tiempo de valor agregado (TVA)	4.11 minutos	3.93 minutos
Tiempo de ciclo total (TC)	4.84 minutos	4.68 minutos
Stock en proceso total	12,200 prendas	1,400 prendas (una línea) 2,800 prendas (ambas líneas esbeltas)
TVA respecto a TC	84.92%	84.92%
TVA respecto al LT	0.21%	0.21%
TC respecto al LT	0.25%	0.25%

Fuente: Elaboración propia

Esta disminución de 77% impacta directamente en el costo de material inmovilizado, y en el tiempo de espera al interior de la línea, y es otra de las características de una línea esbelta. Por último, se aprecia un incremento en cuatro veces en los indicadores de tiempo de ciclo y tiempo de valor agregado respecto al lead time. Por otro lado, la Figura 25 muestra la evaluación en términos de desperdicios. Como se puede apreciar, además de los beneficios relativos al factor espera, se presentan ahorros significativos en el inventario en proceso valorizado, del orden de U.S. \$37,600. De igual modo, se aprecia una reducción total de 146.64 minutos por día en las actividades referidas al factor movimientos innecesarios. Este mayor tiempo disponible equivale a producir treinta y un prendas adicionales por día en cada línea esbelta.

El enfoque costo/beneficio de la evaluación requiere determinar tanto los costos de implementación del sistema como la valorización de sus beneficios.

### Costo de implementación del sistema

Como se trata de un cambio de método y *layout*, el cual no implica adquisiciones de equipo ni nuevas instalaciones, se consideran como costos únicamente las horas del personal de mantenimiento y producción que realizará los cambios en la distribución de las líneas esbeltas.

**Figura 25 Cuadro comparativo en función a desperdicios**

Rubro	Estado actual	Estado futuro
<b>Espera</b>		
Lead time total (LT)	4.03 días	0.89 días
Tiempo de valor agregado (TVA)	4.11 minutos	3.93 minutos
Tiempo de ciclo total (TC)	4.84 minutos	4.68 minutos
TVA respecto a TC	84.92%	84.92%
TVA respecto al LT	0.21%	0.21%
TC respecto al LT	0.25%	0.25%
<b>Inventario</b>		
Stock en proceso total	12,200 prendas	2,800 prendas
Valorización del stock	U.S. \$48,000	U.S. \$11,200
<b>Transporte</b>		
Distancia recorrida por cada prenda		
<b>Movimientos innecesarios</b>		
Manipuleo de paquete: registro de tiquets	92.64 minutos/día 54 minutos/día	Eliminados, al no haber paquetes ni tiquets
<b>Defectos en línea</b>		
Nivel de defectos	3% a 6%	3% a 6%
Detección	Tardía de los defectos debido al sistema de paquetes progresivos.	Inmediata, debido al sistema de producción unitaria.

Fuente: Elaboración propia

Considerando que el trabajo de reacomodo de la línea se lleve a cabo en un lapso de cuatro horas con dos mecánicos, un supervisor y un habilitador en un día sábado después de la hora de salida del personal de costura, el costo asociado es el siguiente:

- Salario semanal de un mecánico: U.S. \$100.00 (48 horas/semana)
- Jornal por hora: U.S. \$2.08 (U.S. \$100/48 horas)
- Remuneración por cuatro horas: U.S. \$8.33
- Costo laboral dos mecánicos por cuatro horas: U.S. \$22.50 (2 mecánicos x remuneración cuatro horas + 35%)
- Salario semanal de un supervisor: U.S. \$170.00 (48 horas/semana)
- Jornal por hora: U.S. \$3.54 (U.S. \$170/48 horas)
- Remuneración por cuatro horas: U.S. \$14.16

- Costo laboral supervisor por cuatro horas: U.S. \$19.13 (remuneración + 35%)
- Salario semanal de un habilitador: U.S. \$62.50 (48 horas/semana)
- Jornal por hora: U.S. \$1.30 (U.S. \$62.50/48 horas)
- Remuneración por cuatro horas: U.S. \$5.21
- Costo laboral habilitador por cuatro horas: U.S. \$7.03 (Remuneración + 35%)
- **Total costo laboral de implementación: U.S. \$48.66**

### Beneficios de implementación del sistema

Debido a su mayor relevancia respecto a los demás factores de desperdicio, se considera como beneficio de la implementación del sistema para efectos de evaluación económica solamente el derivado del menor inventario en proceso. El beneficio es el siguiente.

- Valor del menor inventario en proceso: U.S. \$37,600.00
- Tasa de descuento: 15% anual<sup>5</sup>
- **Menor costo de capital inmovilizado: \$5,640**

### Relación beneficio/costo

Como es evidente, la relación beneficio/costo es positiva, debido a que la inversión necesaria es insignificante y puntual (una sola vez), mientras que el beneficio anual es de U.S. \$5,640 por línea.

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

- La aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa de confecciones de tejido de punto para exportación es totalmente factible y conveniente.
- La utilización del mapa de cadena de valor (*value stream map*) y el enfoque de los siete desperdicios para graficar y analizar el proceso, así como para analizar los resultados, es fundamental. Estas dos herramientas permiten identificar de manera sencilla las oportunidades de mejora que presenta el sistema de línea convencional, así como evaluar los beneficios del modelo propuesto.

---

<sup>5</sup> Dato asumido para efectos del estudio, en base a tasas bancarias referenciales. En realidad cada empresa determina la tasa de descuento que desea utilizar para evaluar sus costos de capital inmovilizado.

- Los principales desperdicios del sistema de producción convencional (línea de producción convencional, sistema de “empujar”) están referidos al Inventario en Proceso, a las Esperas relacionadas con dicho inventario, y al mayor tiempo debido a Movimientos Innecesarios.
- El modelo de producción esbelta sugerido se basa en cinco propuestas, las cuales se orientan a reducir los principales factores de desperdicio del sistema convencional. Estas propuestas son:
  - a) Reducir el tamaño de la línea.
  - b) Implementar un sistema de producción unitaria.
  - c) Implementar un sistema de ingreso controlado por costura (sistema de jalar).
  - d) Aplicar un sistema de incentivo grupal.
  - e) Incrementar la frecuencia de despacho a acabado.
- La implementación de las cinco propuestas, basadas en los conceptos de la manufactura esbelta, se traducen en una mejora significativa en los siguientes rubros:
  - a) Lead time reducido en 78%, de 4.03 días a 0.89 días.
  - b) Tiempo de ciclo reducido en 3.3%, de 4.84 a 4.68 minutos.
  - c) Inventario en proceso reducido en 77 %, de 12,200 a 2,800 prendas.
  - d) Valor del inventario en proceso reducido en \$37,600.
  - e) Tiempo relacionado a movimientos innecesarios eliminado.
- El costo de implementación del sistema, debido a que se trata de cambios muy simples de método y *layout*, es insignificante en relación con el beneficio derivado de dicha implementación.

## Recomendaciones

- Implementar el modelo propuesto en todas las líneas de producción de una planta de costura. Esto es importante porque el impacto de las mejoras será mucho mejor si los conceptos de manufactura esbelta se aplican a todo el proceso de costura. Un ejemplo de ello es el sistema de jalar, el cual tendrá mejores resultados si es el único sistema utilizado para el despacho a costura, ya que normalmente una misma planta de corte abastece a todas las líneas.
- Realizar un ciclo de sesiones de información para el personal involucrado en el cambio de sistema con el objetivo de asegurar el entendimiento de los conceptos de manufactura esbelta y de los objetivos del cambio de modelo.

- Realizar un ciclo de charlas sobre trabajo en equipo para el personal de la línea de costura, ya que actualmente están acostumbrados al sistema de incentivo individual. La línea esbelta tiene como una de sus características la necesidad de trabajar en equipo y recibir incentivo por el resultado final de la línea, no por el resultado parcial de cada individuo.
- Complementar la propuesta con la utilización intensiva de dispositivos de información visual en línea a fin de que todos los miembros de la línea esbelta conozcan el avance en todo momento y tomen acciones inmediatas. Esta recomendación se refiere, por ejemplo, a dispositivos que indiquen el avance horario de la salida, el nivel de defectos, la detención de máquinas, etc.

## Referencias

- Asociación de Exportadores. (2014). *Perú Exporta*, 388, 7.
- Babu, V.R. (2006, Octubre). Garment production systems: an overview. En *The Indian Textile Journal*. Recuperado de: <http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=28>.
- Chen, L. & Meng, B. (2010). The application of value stream mapping based lean production system. *International Journal of Business and Management*, 5(6), 203-209.
- Chowdary, B. V. & George, D. (2011). Application of flexible lean tools for restructuring of manufacturing operations: a case study. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 12(1), 1-8.
- Enkawa, T., & Schvaneveldt, S.J. (2001). Just-in-Time, Lean Production, and Complementary Paradigms, p. 544-561. En: Salvendy. G. (Ed.). *Handbook of Industrial Engineering. Technology and Operations Management*. New York: John Wiley & Sons.
- Harrington, H. J. (1993). *Mejoramiento de los procesos de la empresa*. Santa Fe de Bogotá: McGraw-Hill.
- ICON Institute. (2009). *Estudio de mercado e identificación de oportunidades para prendas de vestir y accesorios de algodón, alpaca y mezclas en España, Reino Unido y Alemania. Informe Final*. Disponible en <http://www.mincetur.gob.pe/Comercio/ueperu/licitacion/pdfs/Informes/115.pdf>.
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú. (2014). *Reporte Mensual de Exportaciones MINCETUR, Diciembre 2013*. Disponible en [http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Portals/0/documentos/comercio/RM\\_Expo\\_Diciembre\\_2013.pdf](http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Portals/0/documentos/comercio/RM_Expo_Diciembre_2013.pdf).
- PromPerú. (2014). *Informe Mensual de Exportaciones PromPerú, Diciembre 2013*. Disponible en <http://www.siicex.gob.pe/siicex/documentosportal/1013832982rad4E840.pdf>
- Rother, M. & Shook, J. (1999). *Learning to See. Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Cambridge: The Lean Enterprise Institute.
- Carvallo Munar, E. G. (2014). Propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa de confecciones de tejido de punto para exportación. *Sinergia e Innovación*, 2(1), 50-90.

Taj, S. (2008). Lean manufacturing performance in china: Assessment of 65 manufacturing plants. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(2), 217-234.

Womack, J. & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Free Press.

Womack, J. P. (2006). Value stream mapping. *Manufacturing Engineering*, 136(5), 145-146,148,150-156.

Womack, J., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The Machine that Changed the World*. New York: Free Press.

---

Carvallo Munar, E. G. (2014). Propuesta de aplicación de conceptos de manufactura esbelta a una línea de producción de costura de una empresa de confecciones de tejido de punto para exportación. *Sinergia e Innovación*, 2(1), 50-90.