

6. Aplicación de técnicas de manufactura esbelta para optimizar el ensamble de chasis de autobuses urbanos

ASEL JUÁREZ VITE*

JOSÉ RAMÓN CORONA ARMENTA**

ÓSCAR MONTAÑO ARANGO***

HÉCTOR RIVERA GÓMEZ****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.235.06>

Resumen

Se presenta un estudio para mejorar la productividad del proceso de construcción del chasis de autobuses urbanos, mediante la implementación de herramientas de Manufactura Esbelta, donde se utilizó el Value Stream Map con el objetivo de identificar y reducir el Tiempo de Valor No Agregado (TVNA) aplicando herramientas como 5s, Kaizen, Kanban, Balanceo de línea mediante el Método Jalar y celdas de manufactura, y como consecuencia, la modificación del Layout. Los resultados mostraron que el TVNA del proceso se redujo de 1451 minutos a 23 minutos y al ejecutar la implementación del estado futuro se obtuvo una reducción del tiempo de valor agregado (TVA) del proceso de fabricación de 161 minutos y la reducción de 3 trabajadores. En cuanto a productividad, se logró el ensamble de 1 unidad adicional, lo cual se traduce en un mayor flujo en la línea, métodos de trabajo diferentes, mayor continuidad, cumplimiento con las ordenes de trabajo y beneficios económicos para la organización.

* Maestro en Ingeniería con especialidad en Sistemas de Calidad y Productividad. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México ORCID: 0000-0002-8325-959X

** Doctor en Ingeniería con especialidad en Sistemas Industriales. Profesor-investigador, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. ORCID: 0000-0001-7157-1634

*** Doctor en Ingeniería con especialidad en Sistemas de Planeación. Profesor-investigador, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. ORCID: 0000-0002-4093-2529

**** Doctor en Ingeniería. Profesor-investigador, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. ORCID: 0000-0002-2903-2909

Palabras clave: *Chásis de autobuses, value stream map, manufactura esbelta, tiempo de valor no agregado.*

Introducción

Actualmente, el mercado de la industria del transporte es altamente competitivo por lo que las empresas deben hacer los esfuerzos necesarios para mejorar su eficiencia. La competitividad y la eficiencia son puntos clave que hacen que las empresas automotrices estén actualizando constantemente sus estrategias de operación con la finalidad de ofertar productos de calidad, precios accesibles y cumpliendo tiempos de entrega. Por lo anterior, los esfuerzos de los directivos están enfocados cada vez más en reducir el desperdicio, siendo una de las alternativas el uso de la herramienta Value Stream Map (vsm), que permite identificar las actividades que no generan valor y reducir el TVNA (Tiempo de valor no agregado).

Una de las características distintivas de la industria de autobuses es su alto volumen de producción especialmente cuando se dirige a clientes que operan flotas en varias rutas del país y que normalmente manejan grandes pedidos que implican elevadas ordenes de producción. Por lo anterior, es indispensable desarrollar estrategias que faciliten el cumplimiento de estas solicitudes, además de esta alta exigencia, la producción de autobuses suele tener diferentes configuraciones, plazos de entrega y especificaciones de calidad cada vez más estrictas; derivado del tipo de servicio que brinda la unidad en rutas urbanas, foráneas, escolares, turísticas y extranjeras, por lo que cada una de ellas tiene un diseño específico. Otra particularidad de esta industria es el tiempo de entrega, donde se acostumbra presentar diferentes modelos y tiempos de entrega cortos. Esto lo experimentan directamente los empleados que diseñan el cronograma de producción, quienes no pueden optar por grandes volúmenes de producción al ejecutar los programas antes mencionados. Como resultado de lo anterior obtener volúmenes de producción por lotes en un menor tiempo lleva a la necesidad de formar una línea de producción y acortar los tiempos de entrega.

Es necesario buscar métodos y herramientas que permitan mejorar la producción y satisfacer las demandas exigidas. Una de las diversas posibi-

lidades para realizarlo es a través de Lean Manufacturing (LM), debido a que su entorno se basa en el flujo de valor y su racionalización, y lo que se busca es acotar para disminuir los residuos con flujos de valor total, que permite una mejoría para el interesado. LM se desarrolló en 1973 por Toyota (Womack y Jones, 2003), donde la esencia de su filosofía se entiende a través de 5 principios básicos: (1) en cada producto se debe saber su valor además de reconocer su flujo de valor, (2) de cada flujo de valor se deben quitar las mudas -desperdicios- que están de más, (3) el valor debe fluir por lo que la organización debe revisar todas las actividades para rehacerlas, (4) el usuario debe atraer a las actividades que se realizan, y (5) la perfección deber ser considerada como el ideal a perseguir.

El enfoque de la metodología LM es disminuir o quitar las actividades que no agregan valor, en la búsqueda de una mejor eficiencia y productividad, con lo que los clientes tienen mayores beneficios (So y Sun, 2010), es por ello la amplitud de herramientas con las que cuenta LM para el logro de tal fin. El Value Stream Mapping (vsm) es una herramienta esencial, que permite a quienes implementan LM que la muda sea combatida de forma progresiva y sostenible (Womack y Jones, 2003). vsm es una herramienta visual basada en procesos, cuya intención es vislumbrar y observar los flujos de material e información de un proceso de flujo de valor, para identificar y eliminar a las mudas subyacentes (Nash y Poling, 2011) y da la pauta para la mejora de los procesos (Rother y Shook, 1999). La esencia de su enfoque se centra en comprender las actividades de información o del flujo de materiales dentro del flujo de valor que cuentan o adolecen de valor agregado. Ha demostrado ser eficaz para visualizar procesos que la organización ejecuta a diario pero que no aportan valor, además de incidir en la reducción de tiempo de entrega, así como del inventario dentro de la línea de producción. El concepto Lean tiene su origen y aplicación en la industria manufacturera, sin embargo, también se ha implementado en procesos relacionados con servicios.

Este estudio se aplicó en una empresa de ensamble de autobuses, que utilizaba una estrategia de planeación de la producción con métodos empíricos, lo cual ocasionaba problemas en el balanceo de la línea, ocasionando que algunas estaciones produjeran más y en otras se crearan cuellos de botella, con una baja productividad en la producción requerida. Adicional

a esta problemática, la falta de materiales en línea determinaba que sólo 3 unidades diarias se produjeran por turno, siendo la capacidad de 5 unidades, y lo solicitado de 4 unidades. Debido a ello, se consideró la realización de un proyecto de mejora a través de vsm determinando las herramientas LM a ocupar, de manera tal que permitiera identificar las operaciones que no agregaban valor y que los métodos de manufactura fueran complementados, para poder cumplir con la producción demandada de autobuses.

Para abordar la investigación, se realizaron las siguientes actividades:

1. Revisión de la literatura con la intención de contar con un panorama y contexto amplio del tema en estudio.
 2. Aplicación de la metodología vsm en todas sus etapas, para identificar los procesos que no agregan valor y las herramientas LM necesarias.
1. Descripción y análisis de los resultados obtenidos.

Revisión de la literatura

La metodología vsm permite resaltar los procesos que no agregan valor en una organización, se han desarrollado investigaciones donde se reportan aplicaciones que destacan en: (a) La utilización de LM en pequeñas y medianas empresas (PYMES) debido al rezago por su uso en el que se encuentran, esto a través de una propuesta de implementación de 4 etapas que incluyen 23 componentes básicos adaptados a las características de las PYMES, con la utilización del enfoque de ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) alineándolo con los métodos de trabajo de la empresa, que permite a las PYMES utilizar LM en su proceso de implementación de manera sistemática y mejorar el rendimiento de la organización (Jia and Puvanavarman, 2020) y (b) Emplear Lean como una visión del mundo del ensamble, determinado por los objetivos básicos del sistema de producción, donde el enfoque en los problemas de calidad es fundamental (Villacís and Burneo, 2020).

Para entender el vsm en cuanto a su funcionamiento en diversos sectores y los efectos que presenta, se tiene el caso presentado por Liu y Zhang (2023), quienes realizaron el análisis bibliométrico y de concurrencia de

palabras clave para analizar la tendencia de publicación, los temas de investigación y los contenidos de vsm desde la integración de conceptos, los sectores de aplicación y la tecnología; los resultados de este estudio, se integran por medio de simulación, six sigma, big data, internet de las cosas y otras tecnologías que permiten ampliar la capacidad de análisis y diseño de vsm, lo que mejora su adaptabilidad a diversos escenarios. Vasconcelos, Damasceno y Dalvo (2020), investigaron la aplicabilidad de vsm en procesos de la cadena de producción del petróleo y gas, concluyendo que es posible aplicar la herramienta, con algunas adaptaciones y consideraciones en su utilización. También el vsm se ha utilizado en diversos sectores manufactureros, uno de ellos el textil, donde Hussain and Figueiredo (2023) analizaron el tiempo de ciclo y entrega en la etapa preparatoria del proceso de fabricación de tejidos textiles, identificaron los medios para mejorar el desempeño basado en el tiempo y se midió su impacto; donde los factores responsables de la mejora están relacionados con el sistema de producción y con la estrategia de compras; la mejora se logró en términos de utilización de la capacidad disponible, equilibrando el flujo de trabajo en las etapas preparatorias, la visibilidad del proceso midiendo su capacidad y la flexibilidad para la función de planificación.

Sangwa y Sangwan (2023) proponen un mapeo integrado del flujo de valor para una línea de ensamblaje compleja, con el fin de mejorar la eficiencia de fabricación de componentes automotrices, donde la alta dirección está preocupada por los desafíos de un mayor tiempo de ciclo y una menor productividad mediante caminatas Gemba (ir al lugar de los hechos) a lo largo de la línea de montaje. Jasti, Kota y Sangwan (2020) ilustran la importancia de vsm en la industria auxiliar del automóvil para mejorar la productividad y la calidad; se sigue un enfoque de estudio de caso para demostrar la importancia de vsm; los resultados muestran que el estado futuro resalta el impacto positivo en la relación del proceso, el tiempo takt, el nivel de inventario del proceso, así como en los tiempos total de entrega y de cuello de botella. En este sector de auto partes, Singh y Singh (2013) con la aplicación del vsm reportan que hubo reducciones del 69.41% en el tiempo del ciclo, del 18.26% en el inventario de trabajo en proceso y del 24.56% en los tiempos de producción para el reemplazo del producto. Reda y Dvivedi (2022) documentan su enfoque en la mejora del rendimiento y la produc-

tividad en empresas con bajo nivel tecnológico para la fabricación de calzado; redujeron los tiempos de ciclo en un 56.3% y de entrega en un 69.7%, confirmando su aplicación en organizaciones para mejorar su desempeño y productividad. En el contexto del factor humano, Castillo (2021) estudió la percepción de los trabajadores ante la implementación de los cambios derivados del vsm, antes, durante y después de su realización, donde encontró fuertes respuestas emocionales de negación y resistencia debido a la incertidumbre y el estrés generado. Stadnicka y Ratnayake (2017) mencionan que la intervención de indicadores es vital para la implementación del vsm, desarrollaron un enfoque de mapeo de flujo de valor hecho a la medida, se mezclaron un grupo de indicadores de desempeño, que permitían medir y gestionar el proceso de preparación de cotizaciones, para disminuir su tiempo de entrega. Ghosh y Lever (2020) desarrollaron un mapeo del flujo de valor aplicado al proceso artístico de L’Oreal; enfocado a reducir el tiempo de entrega, el error humano y el incumplimiento de los plazos, se identificó etapas que pueden simplificarse y automatizarse en el proceso de creación de obras de arte de L’Oreal, eliminando el 50% de las etapas del proceso de arte manual, que resulta en una reducción del tiempo de entrega de 10.5 días y una reducción del 28% en el proceso. A su vez, Ortiz *et al.* (2023) desarrolló e implementó un modelo de aplicación en una empresa de confección de prendas de exportación, demostró que vsm es la mejor alternativa para visualizar en un solo documento y de forma gráfica todo el espectro de la cadena de suministro; redujo tiempos que permitió mejorar su competitividad. Rathi *et al.* (2022) aplicaron el vsm en plantas de destilación de agua, mejorando los tiempos de procesamiento, al reducirlo de 171s a 143s y el de entrega reduciéndolo de 8,057s a 6,344s. Finalmente, en la industria aeroespacial, su enfoque se dirige a la mejora de la eficiencia general de las operaciones, principalmente en la reducción de los tiempos de ciclo, de entrega total y de espera, por medio de un nuevo diseño (Kundgol, Petkar y Gaitonde 2021); así como en la parte que corresponde al mantenimiento de aeronaves, utiliza los servicios de mantenimiento, donde se busca minimizar tiempos de entrega, además de incidir en los costos de estas operaciones (Stadnicka y Chandima 2017).

En las investigaciones consultadas se observa que la metodología de vsm es utilizada de forma amplia y concisa en problemas que requieren

agilizar y mejorar los procesos en diferentes sectores industriales, teniendo en cuenta las perspectivas y modificaciones que impulsan los requerimientos internos y la demanda impulsada por el mercado, cuya competencia es fuerte, tanto local, regional e incluso a nivel mundial, donde se solicita una mejor calidad a precios más accesibles, así como una mayor reducción de tiempos en la entrega y producción de cada lote; por lo que surge la necesidad de localizar los procesos y actividades que no dan el valor agregado, para disminuirlos o eliminarlos, lo que permite mejorar la productividad.

Para el caso específico de la industria de ensamble de autobuses, la literatura cuenta con información limitada sobre casos de aplicación en la producción, planeación, mejora en la productividad o en la manufactura de productos de parte de los proveedores, por lo que este estudio aporta para esta área del conocimiento.

Metodología

La investigación se desarrolló en una empresa que ensambla autobuses urbanos en el área concerniente al chasis, cuyo método de operación utilizado estaba basado en la experiencia, lo que ocasionaba múltiples problemas en el balanceo de la línea de producción y el inventario de llantas y motores, lo que provocaba una producción tres unidades por turno, afectando el plan de producción. Debido a lo anterior, la empresa no cumplía con el requerimiento de producción solicitado de cuatro unidades por turno, lo que promovió la realización de esta investigación, con el objetivo de mejorar la productividad a través de un método de trabajo más robusto.

Anteriormente sólo se indicaba la cantidad de autobuses por realizar, dejando que el área de producción determinara de forma intuitiva la cantidad de recursos humanos y materiales a utilizar llegando a un extremo de ocupar turnos completos de trabajo para entregar las unidades solicitadas. Esto fue lo que motivó la búsqueda de una alternativa que permitiera resolver el problema presentado, y dadas las condiciones presentadas se propuso aplicar el VSM que, de acuerdo a Womack y Jones (1994), los pasos a seguir son los siguientes:

1. *Familia de productos*. Es un grupo de bienes que son elaborados mediante etapas similares durante su transformación y transitan a través de equipos comunes en los procesos realizados.
2. *Elaboración del estado inicial*. Aclara la situación que tiene la producción a través del graficado tanto de los flujos de materiales como del flujo de la información.
3. *Elaboración del estado futuro*. Se desarrolla la cadena de producción vinculando los procesos con uno o varios clientes, por medio de un flujo continuo o a través de sistema de flujo halado, donde cada proceso fabrica dentro de sus posibilidades los requerimientos solicitados.
4. *Plan de trabajo y ejecución*. Muestra las actividades y el tiempo para su realización, determinando la secuencia entre cada uno de los elementos, con metas cuantificables, puntos de control, fechas y personas que están a cargo de estas actividades.

Con base en el contexto de la problemática de la organización y la razón de ser del vsm, se implementó la metodología expuesta en el proceso de ensamble de chasis de una armadora de autobuses de tipo urbano, localizada en México. Esto permitió el análisis del flujo de la cadena de valor, así como conocer las mudas, para proceder a su minimización o eliminación, mejorando la eficiencia de la producción en cuanto a su operación.

Análisis y discusión de resultados

Familia de productos

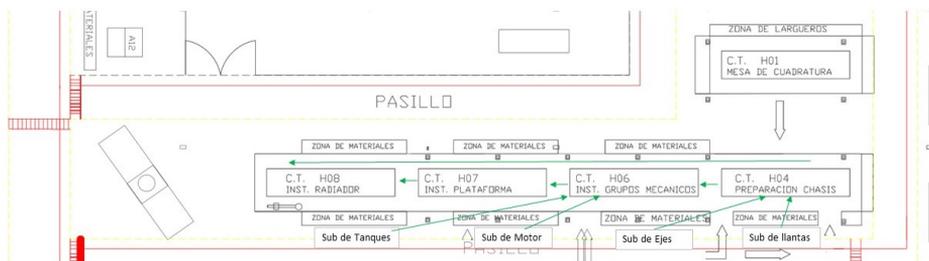
Al interior de la empresa el ensamble de cada chasis fabricado es similar, en este proceso tiene un fuerte impacto el uso que se le va a dar al autobús, lo que incide en las modificaciones específicas al producto final, en el caso en estudio se tuvo la oportunidad de trabajar con un modelo que en esa oportunidad fue el más solicitado por el mercado. La idea esencial de este trabajo es impulsar las mejoras obtenidas a todas las unidades que sean fabricadas en esta línea de producción.

Elaboración del estado inicial

De acuerdo con los cánones establecidos se conformaron dos equipos de trabajo para la elaboración del estado inicial, la selección de los integrantes se determinó de acuerdo con los conocimientos en la parte técnica, donde cada grupo puede tomar las decisiones consideradas como necesarias y con ello se permita la realización de las mejoras para llegar al objetivo establecido. Estos equipos se conformaron con ingenieros que manejan la línea de producción y con base en su área de conocimiento (calidad, producción, manufactura, materiales o control de producción). Adicionalmente, se tuvo el apoyo de un equipo de líderes de ensamble quienes se encuentran en la línea, con la intención de evaluar las propuestas de mejora establecidas por los ingenieros, además de ser el canal directo con los operadores para apoyar en la comprensión e implementación de los cambios establecidos.

El objeto de estudio, que es la línea principal para el ensamble de chasis, está integrado por ocho procesos: (1) Cuadratura, (2) Soldadura de cargadores, (3) Ensamble de ejes y flecha cardan, (4) Pintura, mecanismos y llantas, (5) Ensamble de motor y sistema neumático, (6) Ensamble de escape, arnés, bastidor, y mecanismos independientes, (7) Subensamble y ensamble de radiador, tanque de combustible y ensamble de tanque deaerador y (8) Verificación del chasis, lubricación y engrasado. Adicional a estos procesos, están las áreas de subensambles de llantas, ejes, motor y tanques. Este proceso de ensamblado se realiza al mismo tiempo en la estación de trabajo y después se envía al proceso de ensamblado de la línea principal, y finalmente al área de carrocerías en donde se terminan de adicionar las partes faltantes.

Figura 6.1. Layout de la línea de ensambles



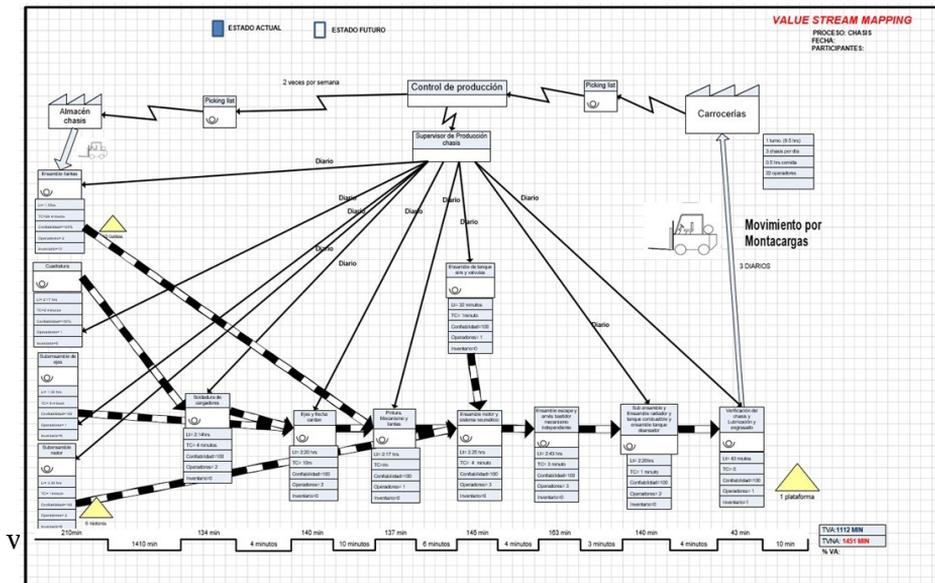
Fuente: elaboración propia con base en la información de la empresa en estudio.

Figura 6.2. *Forma tridimensional del chasis*

Fuente: chasis de un bus (Esmeraldas, 2016).

Una vez entendido el flujo de operaciones de la línea los equipos se reunieron para realizar el trazo del mapa del estado actual donde se realizó una lluvia de ideas e identificación de los desperdicios que se tienen actualmente. La intención de los dos equipos fue que no se generara una parcialidad al evaluar cómo se encuentra la línea y para este caso los que validaron fueron los del equipo de líderes de operación (ensamble) quienes conocen el día a día de los desperdicios con los que se está operando, el personal con el que cuenta, surtimiento de materiales, así como los flujos de tiempos y materiales que dan como resultado los tiempos de valor agregado y no agregado.

Figura 6.3. VSM estado actual



Fuente: elaboración propia con base en la información de la empresa en estudio.

De lo anterior, se desarrolló la tabla 6.1 que muestra la línea de tiempo del mapa, donde se pueden observar los tiempos del proceso para que una unidad recorra toda el área de un extremo al otro, identificando los tiempos de valor agregado (TVA) y los tiempos de valor no agregado (TVNA).

Tabla 6.1. Análisis de la línea de tiempo VSM estado actual

Actividades	TVA (MIN)	TVNA (MIN)
Sub-ensambles y cuadratura	210	-
Inventarios	-	1410
Soldadura de cargadores	134	4
Ensamble de ejes y flecha cardan	140	10
Pintura, mecanismos y llantas	137	6
Ensamble motor y sistema neumático	145	4
Ensamble de escape, arnés bastidor mecanismos independientes	163	3
Subensamblado y ensamble de radiador, tanque de combustible y ensamble de tanque desaireador	140	4
Verificación del chasis y Lubricación y engrasado	43	10
TOTAL	1112	1451

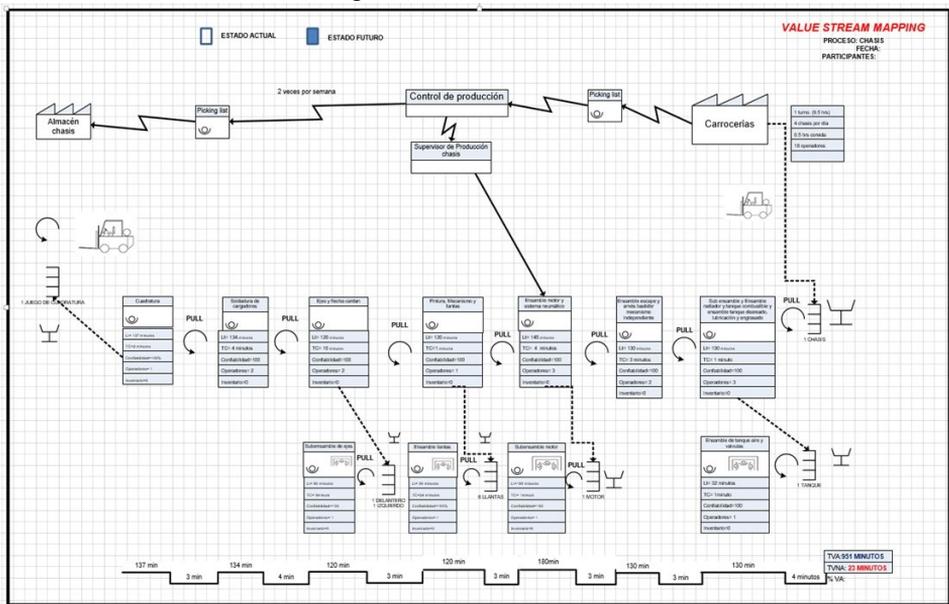
Fuente: elaboración propia con base en la información de la empresa en estudio.

Elaboración del estado futuro

Una vez analizado el mapa del estado actual, que sirvió como diagnóstico para poder estudiar el TVNA, se identificaron las herramientas que pueden erradicar los desperdicios y poder alcanzar la meta establecida; además se identificó que existían inventarios en espera en proceso y en materiales suministrados.

Para la elaboración del mapa del estado futuro mostrado en la figura 6.4, se desarrolló un evento de acuerdo a la metodología Kaizen, con los dos equipos que participaron en el estado actual y se validó por el equipo de líderes de proceso.

Figura 6.4. VSM estado futuro



Fuente: elaboración propia con base en la información de la empresa en estudio.

Las herramientas Lean específicas utilizadas para poder reducir los tiempos del TVNA fueron: 5´s, Kanban, Kaizen, Celdas de manufactura y balanceo de línea mediante el método jala, con la finalidad de respaldar el estado futuro de la línea y lograr la meta de cuatro unidades por turno.

La tabla 6.2 muestra las actividades del nuevo proceso y la información de la línea de tiempo transcurrido, el cual se encuentra en la parte inferior

del mapa de la figura 6.4 también se observan los tiempos de valor agregado (TVA) y los tiempos de valor no agregado (TVNA), teniendo una disminución importante en el proceso.

Tabla 6.2. Análisis de la línea de tiempo VSM estado futuro

Actividades	TVA (MIN)	TVNA (MIN)
Cuadratura	137	3
Soldadura de cargadores	134	4
Ensamble de ejes y flecha cardan	120	3
Pintura, mecanismos y llantas	120	3
Ensamble motor y sistema neumático	180	3
Ensamble escape, arnés bastidor mecanismos independientes	130	3
Subensamble radiador y tanque combustible, ensamble de tanque desaireador	130	4
TOTAL	951	23

Fuente: elaboración propia con base en la información de la empresa en estudio.

Plan de trabajo y ejecución

Con la validación e identificación de las herramientas necesarias para poder implementar el mapa del estado futuro en la línea de carrocerías, se definieron los responsables y el tiempo en el que deberán estar implementadas. Para el seguimiento de las actividades se acordó con los equipos que el personal de mejora continua convocara una vez por semana a reunión para apoyar a los responsables de la implantación de cada herramienta, así como su entrenamiento, con la finalidad de llegar en los tiempos establecidos para su culminación. Estas actividades se visualizan en el Gantt de la figura 6.5.

Figura 6.5. Plan de trabajo

ITEM	Actividad	Responsable	Área	Tiempo (días)	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	5's (orden y limpieza)	Marco Ambríz- Juan Carlos Orozco	Manufactura- Calidad	60	[Barra de Gantt: Julio, Agosto, Septiembre]					
4	Implementación Kanvan	Angélica Olguín	Control de producción	60	[Barra de Gantt: Agosto, Septiembre, Octubre]					
5	Evento Keizen	Pablo Suárez- Asel Juárez	Herramental	90	[Barra de Gantt: Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre]					
6	Balanceo de línea Método Jalar	Pablo Suárez	Manufactura	90	[Barra de Gantt: Julio, Agosto, Septiembre, Octubre]					
7	Celdas de manufactura	Pablo Suárez	Manufactura	60	[Barra de Gantt: Septiembre, Octubre, Noviembre]					
8	Layout	Pablo Suárez	Manufactura	60	[Barra de Gantt: Julio, Agosto, Septiembre]					

Fuente: elaboración propia con base en la información de la empresa en estudio.

La aplicación de vsm en la línea de chasis permitió observar que la estación de ensamble de motor y sistema neumático es más compleja, por el número de subensambles que llegan de las estaciones previas. Por lo anterior, esta estación es la que más recursos requiere para poder llegar a su objetivo, además de complementarla con la aplicación de las otras herramientas LM identificadas.

La implementación de vsm deja como contribución principal, la creación en los subensambles de celdas de manufactura, permitiendo el flujo continuo, como en la parte correspondiente a materiales, balanceo de línea, entre otros. Por otro lado, en la línea sólo se produce de acuerdo con lo solicitado en la demanda, esto bajo la égida del flujo de operaciones implantado, además de utilizar marcas en los subensambles que indican cuando se tiene que producir en las estaciones. Las modificaciones realizadas permitieron la disminución de tiempos de línea por estación, con reducciones del 14.48% en el TVA y el 98% en el TVNA. Esta información se puede cotejar de forma detallada en la tabla 6.3, correspondiente al análisis de la línea de tiempo vsm en su estado actual y futuro, donde se muestra el antes y el después de la implementación.

Tabla 6.3. Análisis de la línea de tiempo VSM estado actual y futuro

<i>Actividades</i>	<i>TVA VSM inicial (MIN)</i>	<i>TVA VSM futuro (MIN)</i>	<i>TVNA VSM inicial (MIN)</i>	<i>TVNA VSM futuro (MIN)</i>
Cuadratura	210	137	0	3
Inventarios	0	0	1410	0
Soldadura de cargadores	134	134	4	4
Ensamble de ejes y flecha cardan	140	120	10	3
Pintura, mecanismos y llantas	137	120	6	3
Ensamble motor y sistema neumático	145	180	4	3
Ensamble de escape, arnés bastidor mecanismos independientes	163	130	3	3
Subensamble y ensamble de radiador, tanque de combustible y ensamble de tanque desaireador	140	130	4	4
Verificación del chasis y lubricación y engrasado	43	0	10	0
TOTAL	1112	951	1451	23

Fuente: elaboración propia con base en la información de la empresa en estudio.

La tabla 6.4 muestra los beneficios directos en línea de producción, tales como la disminución de personal, tiempo de proceso y el aumento de la productividad.

Tabla 6.4. *Beneficios de implementación VSM*

<i>Actividades</i>	<i>Actual</i>	<i>Futuro</i>	<i>Beneficios</i>
Personas	21	18	3
TVA (minutos)	1112	951	161
TVNA (minutos)	1410	23	1387
Productividad (unidades)	3	4	1

Fuente: elaboración propia con base en la información de la empresa en estudio.

Finalmente, la tabla 6.5 muestra el factor económico de los beneficios de implementar la herramienta de vsm en la línea de chasis en dos categorías, ahorros y lo que se deja de gastar con una proyección anual basada en el número de unidades a producir.

Tabla 6.5. *Factor económico de implementación VSM*

<i>Ahorros</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Horas Hombre</i>	<i>Costo mensual</i>	<i>Proyección anual</i>
Operarios (costo operativo)	3	504	\$26,712	\$320,544
Operarios (costo planta)	3	504	\$159,768	\$1,917,216
Dejar de gastar (promedio de unidades anual de 1200)	Cantidad (minutos)	Mensual	Proyección anual	
TVNA	1387	\$7,327.98	\$1,758,716	
TVA	161	\$850.62	\$204,148	

Fuente: elaboración propia con base en la información de la empresa en estudio.

Conclusiones

La problemática principal en la empresa consistía en un balanceo deficiente en las primeras estaciones de la línea, la deficiencia en el suministro de materiales en algunas estaciones y el exceso en otras causaban que la productividad disminuyera en forma considerable y con ello se impactaba de

forma negativa al plan de producción, afectando con un atraso considerable las entregas.

Se considera que la aplicación de la metodología vsm fue exitosa, debido a que hubo una disminución del 14.48% del TVA y del 98% en el TVNA, lo que permitió una mayor productividad, la asimilación exitosa y de forma rápida por el personal de operación, además de fortalecer y robustecer los métodos de planeación.

El exceso de inventarios en el proceso de los productos fabricados era el causante de la problemática presentada, junto a la deficiencia en el balanceo de la línea de producción.

Bibliografía

- Castillo, C. (2021). The workers' perspective: emotional consequences during a lean manufacturing change based on VSM analysis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 33 No. 9, 2022 pp. 19-39. DOI 10.1108/JMTM-06-2021-0212
- Esmeraldas, C. (2016). Análise estrutural baseada em simulação pelo método dos elementos finitos de uma carroceria interprovincial submetida a teste de impacto lateral para determinar a geometria e os materiais aplicáveis que garantem a segurança dos passageiros, Equador: Escola Politécnica do Exército.
- Ghosh, S. y Lever, K. (2020). A lean proposal: development of value stream mapping for L'Oreal's artwork process. *Business Process Management Journal*, Vol. 26 No. 7, pp. 1925-1947. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-02-2020-0075>
- Hussain, D. y Figueiredo, M. C. (2023), Improving the time-based performance of the preparatory stage in textile manufacturing process with value stream mapping. *Business Process Management Journal*, Vol. 29 No. 3, pp. 801-837. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-08-2022-0366>
- Jasti, N. V. K., Kota, S. y Sangwan, K. S. (2020). An application of value stream mapping in auto-ancillary industry: a case study. *The TQM Journal*, Vol. 32 No. 1, pp. 162-182. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2018-0165>
- Jia Yuik, C. y Puvanasvaran, P. (2020). Development of Lean Manufacturing Implementation Framework in Machinery and Equipment SMEs. *International Journal of Industrial Engineering and Management*. Volume 11 / No 3 / September 2020 / 157 - 169. 2020. DOI: <http://doi.org/10.24867/IJEM-2020-3-26>
- Kundgol, S. Petkar, P. y Gaitonde, V. N. (2021). Implementation of value stream mapping (VSM) upgrading process and productivity in aerospace manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*, Volume 46, Part 10, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.282>
- Liu, C. y Zhang, Y. (2023). Advances and hotspots analysis of value stream mapping

- using bibliometrics. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 14 No. 1, pp. 190-208. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2021-0219>
- Nash, M. A. y Poling, S. R. (2011). *Mapping the Total Value Stream: A Comprehensive Guide for Production and Transactional Processes*. Productivity Press.
- Ortiz, J., Bancovich, A., Candia, T., Huayanay, L. y Salas, J. (2023). Método de aplicación de la herramienta Value Stream Mapping para aumentar la competitividad en una empresa textil y de confecciones. *Industrial Data*, 26(1), 33-61. <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v26i1.22874>
- Rathi, R., Jagadeeswaran, M. Imran, G. M., Kumar, K. V., Eswar, K. y Sameerpasha, S. (2022). Investigation and implementation of VSM in water distillation plant. *Materials Today: Proceedings, Volume 50, Part 5*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.274>
- Reda, H. y Divedi, A. (2022). Application of value stream mapping (VSM) in low-level technology organizations: a case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 71 No. 6, pp. 2393-2409. <https://doi.org/10.1108/IJ-PPM-03-2021-0118>
- Rother, M. y Shook, J. (1999). Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda. *Lean Enterprise Institute*.
- Sangwa, N. R. y Sangwan, K. S. (2023). Leanness assessment of a complex assembly line using integrated value stream mapping: a case study. *The TQM Journal*, Vol. 35 No. 4, pp. 893-923. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2021-0369>
- Singh, H. y Singh, A. (2013). Application of lean manufacturing using value stream mapping in an auto-parts manufacturing unit. *Journal of Advances in Management Research* Vol. 10 No. 1, 2013 pp. 72-84. DOI 10.1108/09727981311327776
- So, S., y Sun, H. (2010). Supplier Integration Strategy for Lean Manufacturing Adoption in Electronic-enabled Supply Chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, 15(6): 474-487. 2010.
- Stadnicka, D. y Chandima R. M. (2017). Enhancing Aircraft Maintenance Services: A VSM Based Case Study. *Procedia Engineering*, Volume 182. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.177>
- Vasconcelos, C., Damasceno, R. y Dalvo, R. (2020). Evaluation of value stream mapping (VSM) applicability to the oil and gas chain processes. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(2), 309-330. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2018-0049>
- Villacís, S. y Burneo, P. (2020). UAVs' efficient assembly: Lean Manufacturing implementation in an UAVs' Assembly Company. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(4), 237-252. DOI: <http://doi.org/10.24867/IJEM-2020-4-26>
- Womack, J. y Jones, D. (2003). *Lean Thinking. Cómo utilizar el pensamiento lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. 2a ed., Ediciones Gestión 2000.