

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018,
publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1976.

Departamento de Economía, Administración y Mercadología

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN



MEJORA DE PROCESOS PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL RECICLADO DE LLANTAS USADAS

Trabajo recepcional que para obtener el grado de

MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN

Presenta: Luis González González

Asesor: José Juan Calzada López

San Pedro Tlaquepaque, Jalisco. Mayo de 2019.

Índice

Resumen	4
Agradecimientos.....	5
1. FUNDAMENTACIÓN DEL TRABAJO	6
1.1 Identificación y caracterización del problema por atender.....	7
1.2 Contexto de la propuesta de intervención	8
1.2.1 Contexto de la empresa.....	8
1.2.2 Contexto de la industria.....	19
1.2.3 Análisis causa-efecto.....	28
1.2.4 Matriz de marco lógico del problema.....	28
1.3 Objetivos de la intervención	31
1.4 Delimitaciones y área funcional por intervenir	31
1.5 Justificación y pertinencia del trabajo	31
2. MARCO CONCEPTUAL O DE REFERENCIA	33
2.1 Estado de la cuestión	34
2.2 Conceptos y enfoques teóricos relacionados.....	35
2.3 Herramientas tecnológicas o de innovación consideradas en el trabajo.....	38
3. ESTRATEGIA METODOLÓGICA O DE INTERVENCIÓN	40
3.1 Justificación de la estrategia metodológica o de intervención	41
3.1.1 Consideraciones costo-beneficio de la estrategia.....	43
3.2 Herramientas e instrumentos.....	43
3.2.1 Método de gestión 5S.....	43
3.2.2 Metodología kaizen	47
3.2.3 Mapa de valor (value stream mapping).....	53
3.2.4 Trabajo estandarizado (standard work o SW)	57
3.3 Muestra o sujetos de investigación	63
3.4 Etapas del proceso de aplicación-intervención	63

3.4.1 Cronograma de trabajo.....	64
3.4.2 Imprevistos.....	65
4. EXPOSICIÓN DE HALLAZGOS.....	66
4.1 Sistematización y aplicación de escalas de medición.....	68
4.1.1 Observación de proceso	69
4.2 Organización de la información obtenida.....	71
4.2.1 Diagrama de espagueti	71
4.2.2 Definición de roles y responsabilidades	73
4.2.3 Metodología 5S.....	75
4.2.4 Condiciones de recreación para el personal y seguridad	80
4.2.5 Implementación de indicadores de producción, checklists, etiquetas y análisis de información.....	83
4.2.6 VSM	88
4.3 Impacto de la estrategia en la organización.....	98
4.3.1 Alineación con la estrategia general de la organización	98
5. DISCUSIÓN FINAL.....	100
5.1 Consecuencias de la aplicación de la estrategia.....	101
5.1.1 Aspectos de mejora para intervenciones subsecuentes	101
Bibliografía	102
Índice de materias	106

Resumen

La empresa Grupo Transformador de Llantas nace en el año 2018 con la idea de ser una empresa productiva y rentable. Haciendo frente a la problemática ambiental, la empresa enfoca su producción en el manejo de llantas usadas desechadas por diferentes ayuntamientos. Para ello, ha adoptado métodos novedosos de reciclaje de neumáticos. Sin embargo, al ser una empresa joven se ha encontrado con varios retos que limitan su productividad.

Debido a esto, los accionistas decidieron adoptar algunas técnicas exitosas para el análisis y mejora de procesos que son utilizadas por las diferentes industrias a nivel mundial: metodología *lean manufacturing*, metodología 5S, método de gestión *kaizen*, la implementación de unidades de medición, entre otras. El presente trabajo describe el proceso y resultado de la aplicación de estas herramientas, pues a partir de esta estrategia se logró una mejora de 237% en la producción. Tomando en cuenta que en las primeras mediciones del mes de diciembre de 2018 se detectaron 1,303 kg en promedio de caucho reciclado, a partir de la aplicación de las diferentes metodologías se logró una mejora con un promedio diario de producción de 3,989 kg de caucho reciclado. Cabe mencionar que el proveedor tiene declarada en su información técnica que la planta debería producir 8.000 kg por día y que este parámetro ha sido la base para fijar los objetivos de la producción deseada. Es indudable que aún queda mucho trabajo por hacer, pero considerando que ha habido un crecimiento y que la empresa está siendo rentable, se concluye que este proyecto ha tenido resultados favorables.

Palabras clave: neumáticos, reciclado, *lean*, caucho, llantas.

Agradecimientos

A mis profesores y asesor de maestría

A mis padres y hermanos

A mi novia

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN DEL TRABAJO

En el presente trabajo se describe la intervención realizada por Luis González en una empresa de la industria del reciclado de llantas usadas cuyo producto principal es el caucho molido en diversas granulometrías. La manufactura se realiza a través de la trituración de neumáticos de desperdicio con maquinaria especializada encargada de moler, triturar y separar todos los componentes (caucho, acero y nailon). El material obtenido es utilizado en diferentes industrias y diversos productos: suelas de calzado, pastos artificiales, áreas de juegos infantiles, impermeabilizantes, asfaltos, tapetes y topes de estacionamiento entre muchos otros.

Durante la operación diaria, la planta trituradora de llantas de la empresa presentó tiempos muertos considerables tanto por fallas en el equipo como por problemas de rotación de personal. De acuerdo a las observaciones del proveedor, que fue quien instaló las máquinas, la producción de la planta está muy por debajo de la especificación técnica (8,000 kg por hora) y es necesario un mayor control de producción que solvante las exigencias de los clientes con respecto a los niveles de granulado. A lo largo del presente documento se contextualizará sobre las distintas causas por las que esta empresa no llegaba a los niveles de producción ideales y las estrategias que se implementaron para resolver esta problemática. La idea principal del proyecto es mejorar la productividad por medio de la aplicación de técnicas propias de la metodología *lean manufacturing*.

1.1 Identificación y caracterización del problema por atender

Debido al poco tiempo que la empresa tiene en el mercado, no se contó con los indicadores adecuados y funcionales para obtener mediciones asertivas al momento de querer hacer un análisis. Por lo tanto, fue necesario proponer la colaboración de personas especialistas en áreas tales como ingeniería eléctrica y mecánica, análisis financiero, control de procesos de producción

y *lean manufacturing* que permitieran crear una radiografía de la situación con base en cálculos específicos y cuyos resultados son los que se expondrán como datos de análisis en este trabajo.

La parte más costosa en el procesamiento de llantas es la trituración, ya que depende al cien por ciento de energía eléctrica (Rosagel, 2011). Los costos fijos de las empresas en México, especialmente los derivados de este insumo, han generado un impacto negativo sobre la rentabilidad de los negocios. A partir de esto, se plantea un problema específico relacionado con la reducción de costos que requiere mejorar los procesos de la línea de producción y la estandarización de las labores que se realicen en cada etapa del procesamiento del reciclado. De esta manera, sería posible eficientar el consumo de energía y disminuir el impacto de los costos fijos por medio de un aumento en la productividad.

1.2 Contexto de la propuesta de intervención

El mercado de reciclado de llantas es relativamente nuevo en el país y genera una respuesta a una necesidad de los ayuntamientos que actualmente no tienen muchas opciones para deshacerse de los neumáticos de desecho.

Grupo Transformador de Llantas nace como una oportunidad de negocio para responder esa necesidad. Sin embargo, debido a que los niveles de producción no cumplen con la expectativa de los accionistas se plantea el objetivo de este trabajo: aumentar la productividad para generar la estabilidad económica a la empresa.

1.2.1 Contexto de la empresa

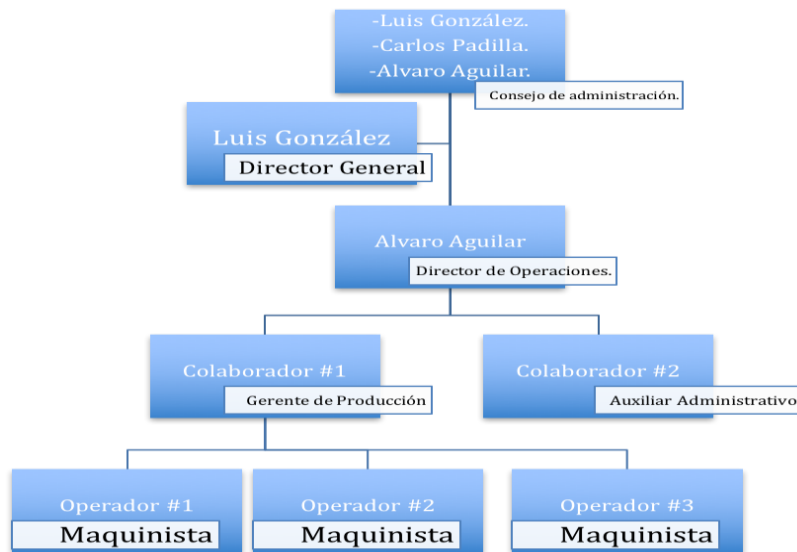
Grupo Transformador de Llantas es una empresa establecida en 2018 en la ciudad de Atotonilco el Alto, Jalisco. Se dedica a reducir el impacto ecológico ocasionado por los desechos de

neumáticos usados, a través del reciclado de sus componentes. Como resultado de ese proceso, la empresa desarrolla materiales que pueden reutilizarse para la fabricación de diferentes productos.

1.2.1.1 Organigrama

La empresa está constituida por cinco colaboradores en planta, un gerente de producción, un director general y un consejo administrativo compuesto por tres socios accionistas. La figura 1 muestra los niveles y puestos del organigrama de la compañía.

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia

1.2.1.2 Proceso de producción

A continuación se describe el proceso de reciclado de llantas usadas dentro y fuera de la planta.

- En la primera parte del proceso se acopian las llantas dentro de corrales que fueron utilizados anteriormente para ganado bovino (ver figura 2). La materia prima llega en camiones y camionetas que pueden transportar desde tres a diez toneladas de llantas usadas. El personal que hace la entrega también se encarga de hacer la descarga.

Figura 2. Almacén de materia prima



Fuente: Elaboración propia

- Posteriormente, las llantas son trasladadas desde el almacén de materia prima hasta el patio de recibo que se encuentra ubicado en la puerta de la entrada principal de la planta trituradora, como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Vista de la planta desde el almacén de materia prima



Fuente: Elaboración propia

- Para el traslado de la llantas se utiliza un remolque, como el que se muestra en la figura 4, que hace un recorrido desde el almacén hasta el patio de recibo en planta. Después se acomodan apiladas de forma vertical unas sobre otras.

Figura 4. Recepción de materia prima antes de entrar a la planta



Fuente: Elaboración propia

- Una vez que las llantas están en planta, el primer paso es poner en funcionamiento la destalonadora (ver figura 5), que se encarga de retirar un bastidor de alambre de forma circular a través de un gancho hidráulico.

Figura 5. Fotografías de la destalonadora



Fuente: Elaboración Propia

- Después de que las llantas pasan por la destalonadora, se seccionan en cuatro partes con la guillotina (ver figura 6) para una mejor molienda.

Figura 6. Fotografía de la guillotina



Fuente: Elaboración propia

- Las partes seccionadas son colocadas en una banda transportadora que las dirige al molino triturador, como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Banda transportadora hacia el molino



Fuente: Elaboración propia

- Una vez que las partes han sido trituradas, el molino arroja pequeños trozos de llanta (de 5 a 7 cm), que son transportados por una banda hacia un almacén de producto en proceso (ver figura 8).

Figura 8. Fotografías de los trozos de llanta después de pasar por el triturador



Fuente: Elaboración propia

- A continuación, estos trozos pasan al molino pulverizador (ver figura 9).

Figura 9. Vista del almacén de producto en proceso y molino pulverizador



Fuente: Elaboración propia

- La figura 10 muestra cómo los trozos de llantas recicladas son pulverizados por rodillos estriados y reducidos a un tamaño aproximado de 1 a 2 cm.

Figura 10. Molino pulverizador, harnero y banda de retorno de tamaños grandes



Fuente: Elaboración propia

- Después de ser pulverizados, el caucho y el acero pasan por un filtro magnético que separa estos dos componentes para su posterior harneado en mallas metálicas. El caucho que no pasa por la malla metálica es regresado al molino pulverizador hasta que se ajuste al tamaño (ver figura 11).

Figura 11. Bandas magnéticas separadoras de componentes y producto terminado de acuerdo a especificaciones del cliente

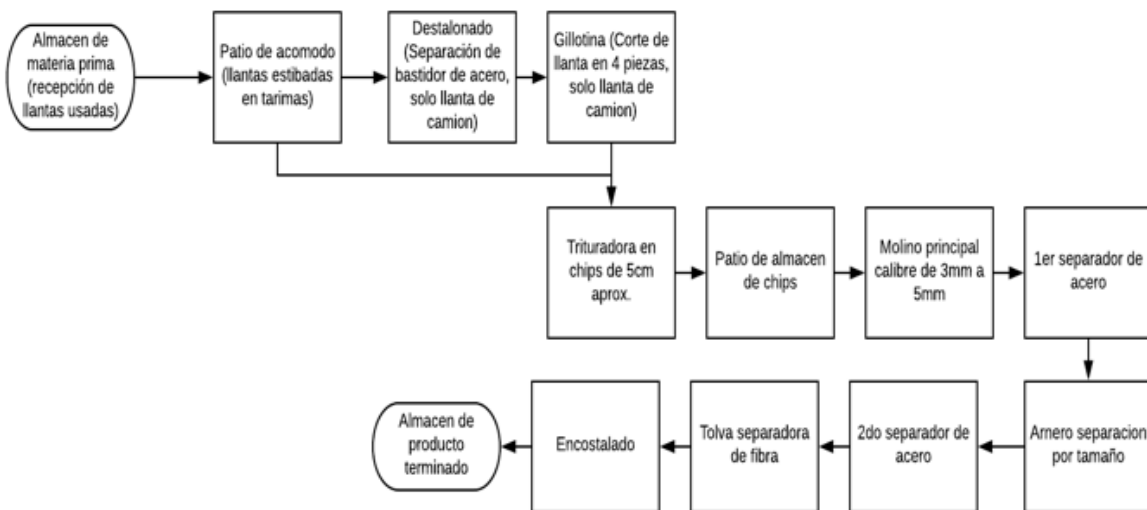


Fuente: Elaboración propia

1.2.1.3 Línea de producción

En la figura 12, se muestra un breve diagrama del proceso de reciclado de la llanta para obtener el caucho y el acero como un subproducto.

Figura 12. Diagrama de flujo de la línea de reciclaje



Fuente: Elaboración propia

En seguida, en la tabla 1, se hace una descripción sintetizada de las diferentes áreas del proceso productivo y su etapa de participación.

Tabla 1

Descripción de áreas de trabajo

<i>Área de trabajo</i>	<i>Etapas</i>	<i>Descripción</i>	<i>Colaboradores</i>
Almacén de materia prima	1	Se reciben los neumáticos a granel en el patio del almacén para después estibarlos en tarimas de 4 llantas de piso por 10 de altura, lo que da aproximadamente media tonelada por tarima.	1
Traslado	1	Las tarimas se trasladan con un montacargas al área de inicio de proceso aproximadamente a 50 metros de distancia.	
Destalonado	2	Se recibe el neumático y se jala con un gancho que lo sostiene por la orilla mientras se retira el bastidor de alambre de la llanta.	1
Guillotina	2	La llanta es cortada en cuatro partes para enviarla a la primera trituradora.	
Triturado	3	El neumático se transporta a través de una banda eléctrica que lo triturará en pedazos (chips) de aproximadamente 5 cm x 5 cm.	
Pulverizado	4	Los chips son transportados por una banda eléctrica al molino donde se obtendrán granulometrías que van desde los 5 mm hasta 30 mm.	
Separación magnética	4	Los gránulos contienen acero que es retirado magnéticamente en su paso al harnero.	

<i>Área de trabajo</i>	<i>Etapa</i>	<i>Descripción</i>	<i>Colaboradores</i>
Harneado	4	Los diferentes gránulos de caucho son harneados para separarlos por tamaños y obtener 3 medidas diferentes.	
Empaque	5	Los gránulos de caucho limpio se empacan en costales de 30 kg de acuerdo a sus diferentes calibres. Se organizan en 40 costales por tarima.	1
Almacén de producto final	5	Con un patín se llevan las tarimas a un costado de la planta y el producto está listo para su venta.	

Fuente: Elaboración propia

Es importante tomar en cuenta que para la realización de todas las actividades descritas en la tabla 1 es necesario considerar un equipo de trabajo de siete personas:

- Siete personas divididas en un turno
- Jornada laboral de ocho horas
- Una hora de comida por turno intercalando a los operadores en dos grupos para evitar que se pare la línea de producción
- Horario de trabajo de lunes a sábado

Es fundamental mencionar que los horarios de trabajo se eligen conforme a la Ley Horaria de Comisión Federal de Electricidad debido a que después de las 18 horas la energía eléctrica eleva el costo de demanda.

Equipo y material de trabajo por cada colaborador:

- Botas de punta de acero
- Pantalón de mezclilla
- Camisa de mezclilla

- chaleco reflejante
- lentes protectores
- cubre bocas

1.2.2 Contexto de la industria

1.2.2.1 ¿Qué es el reciclaje?

El reciclaje consiste en obtener una nueva materia prima o producto mediante un proceso fisicoquímico o mecánico a partir de productos y materiales en desuso. De esta forma, se consigue alargar el ciclo de vida de un producto, ahorrar materiales y beneficiar al medio ambiente al generar menos residuos. El reciclaje surge no solo para eliminar residuos, sino para hacer frente al agotamiento de los recursos naturales del planeta (“Qué es el reciclaje”, s.f.).

De acuerdo con la Universidad Politécnica de Tulancingo, en un artículo publicado en *Milenio* (2017), “el reciclaje se inscribe en la estrategia de tratamiento de residuos de las tres erres (3R):

- Reducir. Acciones para reducir la producción de objetos susceptibles de convertirse en residuos.
- Reutilizar. Acciones que permiten volver a emplear un producto para darle una segunda vida con el mismo uso u otro diferente.
- Reciclar. Conjunto de operaciones de recogida y tratamiento de residuos que permiten reintroducirlos en un ciclo de vida”. (Párrs. 2-5).

El constante crecimiento de la población, el avance en las cadenas de producción y la distribución de las grandes industrias comerciales en el mundo han generado un grave problema ambiental a nivel mundial: desechos en grandes cantidades. Ante esta situación, surge el reciclaje

como una opción para disminuir la problemática reutilizando el material o sus componentes derivados.

Según Julio (2012), los desperdicios de plástico destruyen la vida marina cuando llegan a los océanos, lo que ha llegado a ocasionar que cada año mueran 1'000,000 de criaturas marinas por este tipo de contaminación. Incluso, la aglomeración de residuos plásticos ha llegado a formar islas de basura en el mar. Afirma también que el reciclaje ofrece ventajas desde el punto de vista económico, pues con esta práctica se ahorra en materias primas y energías involucradas en los procesos de elaboración. Por ejemplo, con el reciclado de cuatro botellas de vidrio se puede ahorrar la energía necesaria para el funcionamiento de un refrigerador durante un día o la equivalente para lavar la ropa de cuatro personas. Cada tonelada de papel reciclado representa un ahorro de energía de 4,100 kWh.

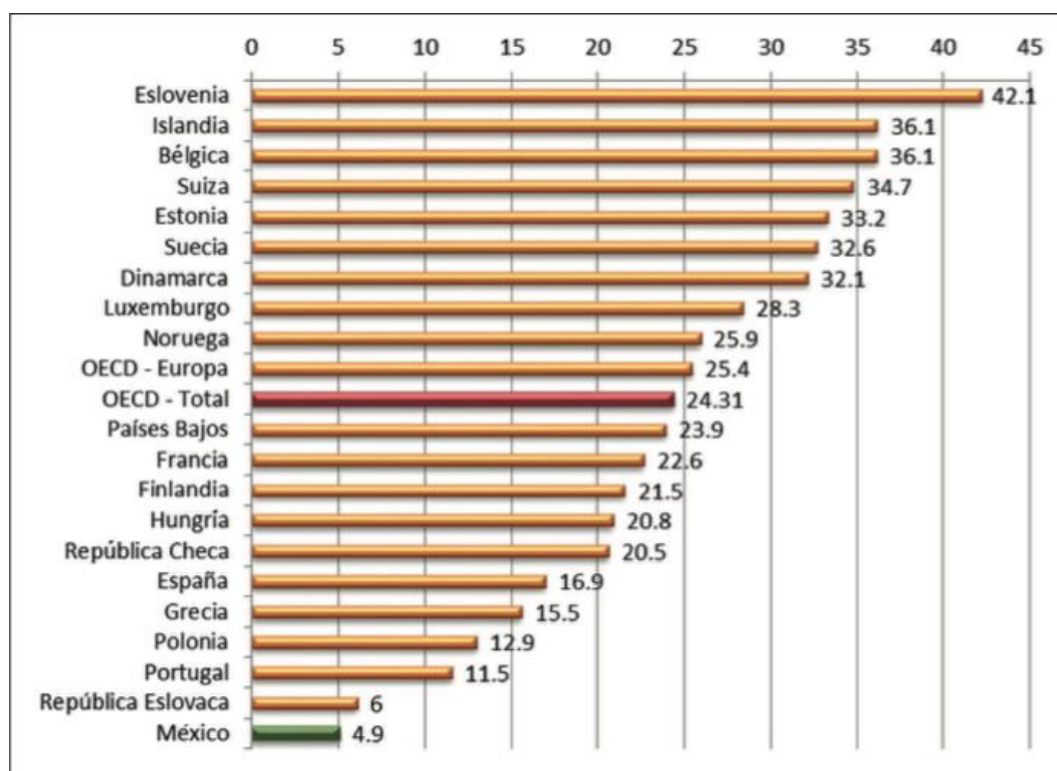
1.2.2.2 El reciclaje en México

En México los avances tecnológicos y científicos actuales significan grandes ventajas; sin embargo, el medio ambiente ha sufrido una continua degradación cuyos efectos han llegado a producir extrema preocupación. Con base en la premisa de que toda actividad industrial genera residuos contaminantes, la actividad económica del sistema actual es la principal responsable de los problemas de contaminación actuales. Por lo tanto, las soluciones requieren tintes económicos que resulten atractivos para la inversión pública y privada: la política ambiental debe establecer directrices que encaminen el desarrollo de una industria del reciclaje. Asimismo, se debe promover la recuperación de materiales para mitigar los costos económicos y sociales de la contaminación.

Una de las mayores problemáticas es que la gran cantidad de residuos que se genera sigue siendo mayor a los materiales reutilizados o reciclados derivados de estos desechos. Aunque es innegable un crecimiento en las toneladas de residuos reciclados, la realidad es que el porcentaje es todavía muy bajo. De acuerdo a los datos que presenta Góngora (2014) existe una tendencia creciente, pues los residuos reciclados pasaron de representar poco más de 0.5% en 1991 a 5% en 2012. Pero como lo menciona él mismo, “esta cifra está muy por debajo de los estándares internacionales” (p. 5).

En la figura 13 se muestra el lugar de México en el aprovechamiento de residuos según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Figura 13. Porcentaje de los desechos reciclados por países integrantes de la OCDE



Fuente: Tomado de Góngora, 2014

1.2.2.3 El reciclado de las llantas

De acuerdo con la definición de la Wikipedia (“Neumático”, s.f.), un neumático es:

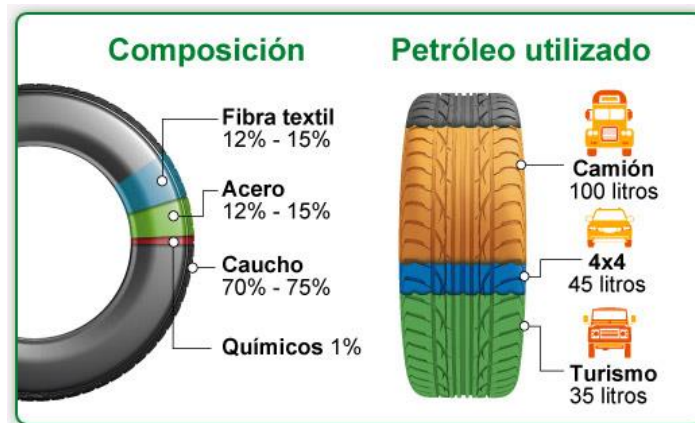
Un neumático también denominado cubierta, llanta, caucho o goma, en algunas regiones, es una pieza toroidal de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas.

Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la guía. La parte de caucho blando que se infla y llena de aire es la cámara (tubo con forma toroidal que se infla y va entre el neumático y la llanta o rin. Es una cámara de aire).

Hay neumáticos que no llevan cámara, es decir, que el aire a presión está contenido directamente por el neumático y la llanta. (Párrs. 1-3).

La figura 14 presenta los elementos compositivos de un neumático y la figura 15 muestra la estructura de una llanta.

Figura 14. Composición de un neumático



Fuente: Recuperado de “¿Cómo es un neumático?”, s.f.

Figura 15. Estructura de una llanta



Fuente: Recuperado de “¿Cómo es un neumático?”, s.f.

1.2.2.4 Tipos de reciclaje de llantas

Quemar para combustible

La quema de llantas como combustible en cementeras y en ladrilleras es una forma de reutilización. El poder calórico de los neumáticos es muy alto: puede llegar a 15,000 BTU/lb, lo cual es incluso mucho mayor que el de los combustibles tradicionales (200% más que el carbón); sin embargo, la quema debe ser aproximadamente a 1,100 °C para que no genere residuos peligrosos.

Algunas compañías cementeras cuentan con tecnologías adecuadas y con la supervisión necesaria por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), pero muchas ladrilleras queman las llantas de manera incontrolada, lo que genera la emisión de productos cancerígenos. Utilizar las llantas como combustible es viable, dada la disponibilidad del recurso, siempre y cuando se realice correctamente. (“Reciclaje de llantas”, 2013, sección de Opciones para revalorizar llantas, párr. 1).

Pirólisis

Otro método de reciclado es la pirólisis, que consiste en quemar la llanta en ausencia de oxígeno. Este proceso permite la recuperación de todos los materiales que la constituyen: el caucho y los textiles se recuperan como un aceite (oleofinas y ceras) que se puede refinar para generar otros productos. Tanto el negro del humo como el acero se recuperan limpios en su totalidad. Es un buen mecanismo de reciclaje, pero aun así tiene algunos problemas como la generación de subproductos y el control de gases.

Trituración

En este proceso es donde Grupo Transformador de Llantas ejerce su parte en el mundo del reciclaje en México. De hecho, pudiera considerarse el proceso más efectivo y menos dañino para el medio ambiente al no generar ningún tipo de combustión que expida gases tóxicos. La trituración consiste en moler las llantas por procedimientos mecánicos hasta obtener diferentes tamaños de partículas (granulometría) que pueden utilizarse para diversos fines. Durante este proceso se separa el acero y las fibras textiles por acción mecánica debido a que su dureza es diferente a la del caucho, posteriormente, un electroimán retira el acero, mientras que el caucho y la fibra textil se separan por diferencia de densidades, por ejemplo, en clasificadores neumáticos.

Congelación

Este procedimiento consiste en congelar la llanta con temperaturas de -120 °C para separar sus componentes a través de golpes.

Otros procesos

Otro proceso consiste en separar la cara de los costados de la llanta, también conocido como *cachetes* y meterla a un molino para recuperar el acero. Mientras tanto, se corta el resto de la llanta en tiras y pasa por molinos para obtener una granulometría específica.

1.2.2.5 Reciclaje de llantas en el mundo

La fabricación de neumáticos y las dificultades para disponer de ellos una vez usados, constituye uno de los más graves problemas medioambientales de los últimos años en todo el mundo. Las formas de quema no son una opción debido a los impactos ambientales que provocan.

De acuerdo con la Fundación Vida Sostenible (2014), nada más en España, en un año se generan 300,000 toneladas de neumáticos usados, de los cuales solo se tritura un 15%. Por otro lado, el almacenaje de estos neumáticos en los vertederos “forma ambientes propicios para la proliferación de roedores, insectos y otros animales dañinos, que constituyen un problema añadido. La reproducción de ciertos mosquitos que transmiten por picadura fiebres y encefalitis llega a ser 4000 veces mayor en el agua estancada de un neumático que en la naturaleza” (párrs. 3 y 4).

1.2.2.6 Reciclaje de llantas en México

Actualmente, no existe una cultura política y social que promueva el reciclaje de llantas en México. Diversos tipos de empresas como paqueteras, transportistas e incluso el Gobierno enfrentan múltiples complicaciones con el manejo de llantas en sus instalaciones. Los neumáticos son vistos como un gran contaminante. En México se desechan más de 40 millones de toneladas de llantas usadas al año y poco más del 12% se recicla. Falta una cultura política por parte de las autoridades. Se debe ayudar a los que desarrollan productos de reciclado para convertir este pasivo ambiental en un activo, como afirma Víctor Pagaza en el artículo publicado en DW (Campoamor, 2016). Uno de los problemas medioambientales más preocupantes, que además involucra la salud, es la fabricación masiva de llantas por la alta demanda. Incluso,

todavía existen muchas dificultades que permitan derivarlas una vez usadas y convertirlas en un producto de segundo uso.

1.2.2.7 Consecuencias

Como afirman Esparza, De la Riva, Sotelo y Figueroa (2011), en México circulan a diario 3.8 millones de vehículos y se manufacturan 25 millones de llantas al año. Solo el 5% de todos estos neumáticos son renovados. El 2% se usa para generar energía. Otro 2% se almacena en depósitos autorizados, y el 91% se abandona en tiraderos clandestinos al aire libre o se tienen referencias de que autoridades municipales los entierran en rellenos sanitarios. Si esto sigue así, dentro de 10 años habrá más de 500 millones de llantas de desecho contaminando nuestro aire.

La reproducción de mosquitos que transmiten graves enfermedades llega a ser 4,000 veces mayor en el agua estancada de un neumático que en la naturaleza. De acuerdo con el Centro Estatal de Acopio de Llantas (2018), Jalisco genera bajo el concepto del promedio nacional (1 llanta por 2.5 habitantes), un promedio de 2'700,853.2 llantas anuales (atendiendo a los 6'752,133 habitantes), lo que significa 45,914.50 toneladas al año (considerando un promedio general de peso por llanta de 17 kg).

1.2.2.8 Regulaciones

Según el punto de acuerdo suscrito por el senador Jesús Priego Calva al Congreso de la Unión en el año 2016:

La Cámara de Senadores del Honorable Congreso de la Unión, exhorta a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; a la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, y a las entidades federativas, para que informen sobre el avance de reciclaje en neumáticos usados, que se están llevando a cabo en nuestro país. En la Ley de Caminos,

Puentes y Autotransporte Federal, alude sobre la concesión para construir, conservar y mantener los caminos y puentes federales, que posibilite el empleo de caucho reciclado proveniente de neumáticos usados. Por otro lado, desde el 1 de febrero de 2013 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana (NOM-161-SEMARNAT-2011), que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos al plan de manejo, incluyendo su procedimiento, y el listado de residuos (tomando en consideración los neumáticos de desecho). En este ordenamiento jurídico se consideró con antelación los criterios para determinar el manejo de residuos que deben estar sujetos a un plan de manejo para su reciclaje [...]

El objetivo de esta proposición es, saber los avances de quiénes, en qué lugar, y cuantos son los que están aprovechando el Programa de Recolección, Concentración, y Procesamiento en el Reciclaje de Neumáticos o llantas usadas, con la finalidad de aminorar la contaminación ambiental, y dar uso adecuado a la reutilización de los neumáticos en diversas aplicaciones, sin olvidar que también deben ser considerados para construir, conservar y mantener los caminos y puentes federales. (Apartado de Consideraciones, párrs 9 y 10).

1.2.2.9 Empresas recicladoras de llantas en México

En la actualidad, existen empresas dedicadas a la reducción de este desperdicio (ver tabla 2). Su proceso consiste en hacer una reutilización de los principales componentes de las llantas usadas.

Tabla 2

Empresas recicladoras de llantas en México

<i>Empresa</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Cantidad reciclada</i>
Recyhul	Ocoyoacac, Estado de México	900,000 Llantas/año
Neo Hábitat	Ciudad Juárez, Chihuahua	1,000,000 Llantas/año
Trisol	Tultitlán, Estado de México	1920 Toneladas/año
Ecoltec	Colima, Colima	N/D
Granutec	Estado de México	1200 Toneladas/año

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la investigación de campo

1.2.3 Análisis causa-efecto

La puesta en marcha de la línea de producción, sin previo conocimiento de las actividades que cada persona realizará dentro de la planta, causa un descontrol en los procesos de manufactura y genera un desaprovechamiento del recurso humano. Esto provoca costos de producción elevados y una disminución en la eficiencia de los equipos.

1.2.4 Matriz de marco lógico del problema

La ineficiencia en la producción, la falta de indicadores y de administración del conocimiento establecen un panorama turbio para cualquier negocio. En esta situación, resulta difícil dimensionar los costos ocultos derivados de estas causas. Además, al no existir indicadores claros no se puede determinar qué mejoras hacer al proceso.

Se define el marco teórico del problema en la tabla 3:

Tabla 3

Matriz de marco lógico

<i>Resumen narrativo de objetivos</i>	<i>Indicadores verificables objetivamente</i>	<i>Medios de verificación</i>	<i>Supuestos</i>
<p>FIN</p> <p>El fin del proyecto es aumentar la productividad para dar rentabilidad al negocio y un aporte a la sociedad al eliminar la llanta de los vertederos reutilizando sus materiales.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cantidad de llantas recicladas mensualmente. 2. Disminución de los costos fijos por kilogramo de caucho a través de un aumento en la productividad. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Controles establecidos en el área de producción. 2. Medición de la productividad aplicada a los costos fijos. 	<p>Para que el fin tenga un impacto a largo plazo, es necesario mantener el control diario de los esquemas de producción y reforzar las áreas de forma periódica. Es decir, detonar la mejora continua como una constante.</p>
<p>PROPÓSITO</p> <p>No se cuenta con indicadores establecidos para poder medir. Se asume la productividad de tres toneladas de caucho por día, pero no se tiene certeza. El propósito es implementar indicadores, recabar datos y medir la producción, la eficiencia y aplicar iniciativas de mejora para aproximar a las</p>	<p>La especificación de proveedor indica una producción mínima de una tonelada por hora, esto es, ocho toneladas por turno. Se establecerán KPI (<i>key performance indicators</i>) para validar la producción actual y aproximarla a la definición del proveedor.</p> <p>La aplicación de herramientas 5S y estandarización de trabajo hará ordenada la operación y el conocimiento.</p>	<p>Se establecerán directrices para verificar el cumplimiento de los propósitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - KPI para determinar el estado actual de la operación. - Información gráfica de antes y después de la aplicación de 5S. - Documentos de estandarización de trabajo, VSM (<i>value stream mapping</i>) y de eventos <i>kaizen</i> para 	<p>Para el logro del propósito, se debe integrar a un consultor al proceso para que apoye en la implementación de la consultoría. Se debe recabar la información inicial y establecer los pasos y actividades para que con base en los resultados preliminares se logren los</p>

<i>Resumen narrativo de objetivos</i>	<i>Indicadores verificables objetivamente</i>	<i>Medios de verificación</i>	<i>Supuestos</i>
definiciones de productividad del proveedor de los equipos.	Por medio de herramientas <i>kaizen</i> y VSM se plantea la mejora de procesos y la solución de problemas.	amparar las mejoras a procesos.	propósitos y fines del proyecto.
COMPONENTES <ul style="list-style-type: none"> - Establecimiento de KPI - Determinación de objetivos con base en KPI - Determinación de equipo de protección personal - Capacitación al personal en uso de equipo de protección personal (EPP) - Estandarización de trabajo - VSM - Capacitación en 5S - Capacitación <i>kaizen</i> y realización de eventos 	Entre los indicadores por entregar: <ul style="list-style-type: none"> - KPI - Antes y después de 5S - Evidencias de capacitación - Documento que establezca EPP - VSM actual y futuro - Documentos de trabajo estandarizado - Documento para evento <i>kaizen</i> 	Fuentes de información: <ul style="list-style-type: none"> - Entrega de reportes de producción - Visitas de inspección a la planta 	Consultor del proceso. Plan de inversiones. Gantt de actividades y juntas semanales de seguimiento.
ACTIVIDADES <ul style="list-style-type: none"> - Contratación del consultor: una vez determinada la contratación y el inicio de su trabajo se podrá establecer el plan de inversiones del proyecto. 			

Nota: Adaptado de Daycy, s.f.

1.3 Objetivos de la intervención

El objetivo de la intervención es mejorar la productividad en el reciclado de neumáticos usados para obtener como resultado lógico un aumento en la rentabilidad del negocio.

1.4 Delimitaciones y área funcional por intervenir

Se cuenta con acceso autorizado por parte del consejo de administración, socios, accionistas y directivos, sin restricción alguna, a cualquier área o departamento de la empresa. Todos los integrantes de la empresa están dispuestos a facilitar la mayor cantidad de información que se requiera para elaborar el proyecto de intervención.

El tiempo destinado a la implementación del presente trabajo comenzó en enero de 2018 y terminará en mayo de 2019. El proyecto se desarrolla en su totalidad en la ciudad de Atotonilco el Alto Jalisco. Asimismo, se cuenta con la asesoría de profesores del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) en caso de ser requerida.

Las áreas que serán intervenidas dentro de la empresa son las relacionadas con los procesos de producción dentro de la planta.

1.5 Justificación y pertinencia del trabajo

Partiendo de que se ha identificado que la empresa tiene un bajo nivel de producción en comparación con los parámetros establecidos en la especificación de las máquinas por parte del proveedor, se han detectado varios aspectos que podrían resolver este problema.

Cabe mencionar que la producción promedio en diciembre de 2018 era de 1,330 kg por un turno de 8 horas. Este resultado se contrapone con la especificación del proveedor, la cual indica que en ese mismo plazo se debería llegar a 8,000 kg.

A continuación se muestran los aspectos que deben atenderse para incrementar el índice de producción:

- Determinar KPI
- Aplicar metodología 5S
- Estandarizar el trabajo
- Establecer roles y responsabilidades
- Implementar uso de equipo de seguridad y buenas prácticas de manufactura (BPM)

Si se considera que al incrementar la tasa de producción se podría aumentar la demanda, sería viable obtener resultados óptimos para rentabilizar el negocio. De lo contrario, la empresa no llegaría a cubrir gastos de mantenimiento y operación. De acuerdo con los datos contables del mes de octubre de 2018 —con un precio de venta de 2.5 pesos por kilogramo de caucho—, el punto de equilibrio de la organización es de 53,039 kg mensuales de caucho. Por consiguiente, es necesario establecer rangos de producción diarios de 2,306 kg por turno de ocho horas, cantidad que sobrepasa lo que se estaba produciendo en diciembre de 2018.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL O DE REFERENCIA

Se determinarán el estado actual del proceso y las condiciones laborales para que por medio de la implementación de las diferentes técnicas mencionadas en este trabajo se puedan determinar las mejoras en las que es necesario enfocar el proyecto.

Para ello, se analizarán las cuatro etapas del proceso de trituración de llantas usadas, así como cada una de las áreas de trabajo.

2.1 Estado de la cuestión

Actualmente el tema del reciclaje atañe a varios países preocupados por disminuir los niveles de contaminación en el medio ambiente. Sin embargo, la mayoría de las industrias se han enfocado en el reciclaje de diferentes plásticos sin tomar en cuenta que el residuo de neumáticos es un problema al que se continúan enfrentando varios Gobiernos del mundo.

Por ejemplo, en España, el Gobierno de Zapatero declaró la ilegalidad de los cementerios de neumáticos en 2006, como se puede apreciar en la nota publicada por Constantini en el periódico *El País* (2016). De acuerdo con este artículo, antes de reciclar el neumático es necesario revisar si puede ser reutilizado o si tiene que ser reciclado. Según las cifras que se mencionan, se estima que aproximadamente 300,000 llantas de coche y 600,000 de camión vuelven a las carreteras anualmente después de ser reparadas y haber pasado por el mismo proceso de calidad que una llanta nueva. El artículo menciona también que en el caso de que la llanta tenga que ser reciclada se convierte en material que puede ser utilizado para fabricar distintos productos: calzado, guantes o césped artificial, entre otros. El proceso de reciclado en España consiste en su mayor parte en la trituración y separación de los componentes.

A nivel mundial este problema no se queda atrás, Alemania produce unas 628.000 toneladas de neumáticos que son desechados al año, de donde cerca del 30% son

quemados en hornos de plantas cementeras, Inglaterra unas 290.000 toneladas, Italia 150.000 toneladas y Francia 350.000. Cerca del 40% de los neumáticos son quemados para la obtención de energía y los demás son depositados en vertederos incontrolados (Fundación Vida Sostenible, 2014, párr. 12).

Asimismo, como lo menciona Sánchez (s.f.) en un artículo de *Entrepreneur*, se estima que en México existen 41 millones de llantas de desecho al año de las cuales tan solo el 10% es reciclado. Esto presenta un serio problema para los ayuntamientos, pero también una oportunidad para los emprendedores. Otro dato importante es el incremento del parque vehicular, pues de acuerdo con Sánchez, el *Reporte nacional de movilidad urbana en México 2014* afirma que del año 2000 al 2012 este creció de 15.6 a 35 millones y la tasa de motorización pasó de 160 a 300 automóviles por cada mil habitantes.

En cuanto al proceso de reciclaje, al día de hoy los más utilizados son la trituración y la pirólisis; sin embargo, de acuerdo con la Fundación Vida Sostenible (2014), un grupo de investigadores de la UNAM está trabajando para lograr un proceso contrario a la vulcanización: separar el azufre del hule y obtener el material en estado puro. Esto aumentaría considerablemente las posibilidades del material en cuanto a sus aplicaciones, pues hasta el momento los procesos existentes permiten obtener únicamente el 80% del caucho y el resto son otros materiales.

2.2 Conceptos y enfoques teóricos relacionados

De acuerdo al objetivo de este proyecto, se plantea la aplicación y uso de las siguientes herramientas y metodologías en la empresa Grupo Transformador de Llantas:

a) *Lean manufacturing*

Metodología del *Toyota Production System* (TPS), que consiste en identificar y eliminar el desperdicio (todo aquello que no agrega valor al producto) a través de la mejora continua.

b) Metodología 5S

Técnica de gestión de orden y limpieza creada en Toyota en la década de los 60. Se le conoce por el nombre de 5S debido a la primera letra de cada una de las fases: *seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke*.

c) Herramienta KPI

KPI es un acrónimo formado por las iniciales de los términos *key performance indicator*. La traducción válida en castellano de este término es ‘indicador clave de desempeño o indicadores de gestión’. Los KPI son métricas que nos ayudan a identificar el rendimiento de una determinada acción o estrategia. Estas unidades de medida nos indican el nivel de desempeño con base en los objetivos que hemos fijado con anterioridad.

En un entorno tan cambiante como el actual, es necesario comparar periódicamente los resultados que estamos obteniendo con los objetivos fijados. Esto nos permitirá averiguar si vamos por buen camino o si existen desviaciones negativas. Si no estamos obteniendo los resultados esperados, los KPI nos permitirán darnos cuenta y poder reaccionar a tiempo. Lo que no se puede medir no se puede controlar; lo que no se puede controlar no se puede gestionar; lo que no se puede gestionar no se puede mejorar. (Espinosa, 2016, párrs. 1-3).

d) Eventos *kaizen*

Actividad colectiva orientada al uso eficaz del método *lean manufacturing* para eliminar desperdicios en las áreas específicas de un proceso.

Un evento *kaizen* es el verbo de la filosofía de mejora continua, es decir, es la cadena de acciones llevadas a cabo por un equipo de trabajo, cuyo propósito es el mejoramiento efectivo de los procesos.

El objetivo principal de un evento *kaizen* es que una vez finalizado cada proceso de mejora, la organización pueda identificar cambios medibles en los resultados:

Reducir desperdicios (mudas).

Reducir la variabilidad y los problemas de calidad (muras).

Mejorar las condiciones de trabajo (reducir muris). (Eventos *kaizen*, s.f., sección ¿Qué es un evento *kaizen*?, párr. 1).

e) VSM

Sus siglas en inglés son *value stream mapping* y se refiere a una herramienta de la metodología *lean manufacturing* que permite detallar y analizar el estado actual y futuro de un proceso de producción.

f) Trabajo estandarizado

Se refiere al conjunto de herramientas que sirven como auxiliares para la implementación exitosa en el área productiva de sistemas para el control de producción y balanceo de procesos (celdas de manufactura), manejo y control de la producción (*visual factory*), controles y mejoras en la calidad del producto (*jidoka*) y prevención de errores en la manufactura (*poka yoke*).

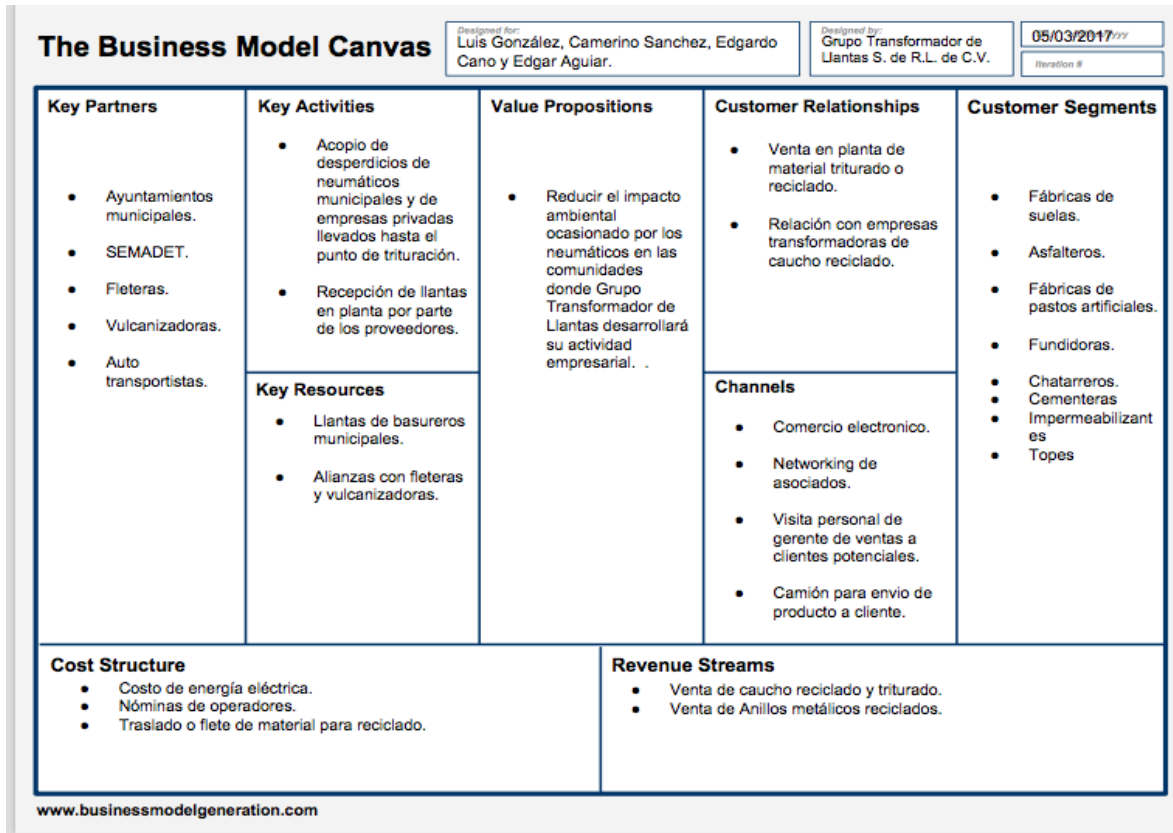
2.3 Herramientas tecnológicas o de innovación consideradas en el trabajo

Las herramientas estratégicas que se han contemplado para este trabajo son el modelo de negocio *canvas*, diagrama de flujo, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, gráfica de Gantt, *value stream mapping*, diagrama de espagueti y mapeos de procesos.

En la figura 16 se observa el modelo de negocio *canvas* de la organización. Este modelo describe partes clave de la empresa que abarcan distintas áreas como:

- Alianzas clave
- Actividades clave
- Recursos clave
- Propuesta de valor
- Relación con clientes
- Canales de distribución
- Segmento de mercado
- Estructura de costos
- Principales guías de ventas

Figura 16. Modelo de negocio *canvas* de la empresa



Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Business Model Canvas, s.f.

CAPÍTULO 3

**ESTRATEGIA METODOLÓGICA O DE
INTERVENCIÓN**

Para la empresa Grupo Transformador de Llantas es necesario establecer una metodología de trabajo acorde a las necesidades actuales de la organización. En relación con los procesos, es una empresa joven sin estructuras establecidas, lo que hace suponer que debe partirse de las bases iniciales para la organización tanto del área física de trabajo como de las etapas productivas.

3.1 Justificación de la estrategia metodológica o de intervención

Tomando en cuenta que la empresa es una planta manufacturera, se debe considerar qué tipo de sistemas existen en la industria que ayuden a mejorar y facilitar análisis de procesos.

Como se ha mencionado anteriormente, una de las metodologías que se implementará es la *lean manufacturing*: enfocada a identificar y eliminar el desperdicio (actividades que no agregan valor) a través de la mejora continua, partiendo de que el valor agregado es toda aquella actividad de transformación por la que el cliente está dispuesto a pagar. Caso contrario, se conoce como desperdicio.

Se tienen identificados ocho tipos de desperdicios:

- a) Sobreproducción
- b) Esperas
- c) Transporte
- d) Procesos innecesarios
- e) Inventarios
- f) Defectos
- g) Movimiento
- h) Falta de creatividad

El principal objetivo de esta metodología es identificar y eliminar estos desperdicios, y para ello se apoya en varias herramientas. Aunque en este caso no todas son aplicables, se trabajará con las mencionadas en el diagrama que se muestra en la figura 17:

Figura 17. Pilares de lean manufacturing



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la definición de Wikipedia (“Lean manufacturing”, s.f.):

La producción *lean* es un modelo de gestión que se enfoca en minimizar las pérdidas de los sistemas de manufactura al mismo tiempo que maximiza la creación de valor para el cliente final. Para ello utiliza la mínima cantidad de recursos, es decir, los estrictamente necesarios para el crecimiento [...]

Eliminando el despilfarro se mejora la calidad y se reducen el tiempo de producción y el coste. Las herramientas *lean* (en inglés, ‘ágil’, ‘esbelto’ o ‘sin grasa’) incluyen procesos continuos de análisis (llamadas *kaizen* en japonés), producción *pull* (‘disuasión e incentivo’, en el sentido del término japonés *kanban*), y

elementos y procesos «a prueba de fallos» (*poka yoke*, en japonés), con la filosofía del *Monozukuri* ('hacer las cosas bien', en japonés), todo desde el *gemba* japonés o área de valor. (Párrs. 1, 3).

Con base en la diversidad de herramientas del modelo metodológico, se toma la decisión de aplicarlo en el proceso de reciclado de llanta y utilizar las herramientas como se describe en el punto 3.2 de este trabajo.

3.1.1 Consideraciones costo-beneficio de la estrategia

Al ser una planta de producción y considerando que se tiene un impacto ecológico positivo, es necesario lograr una mayor productividad para alcanzar los objetivos de rentabilidad de los accionistas. Por lo tanto, es necesario determinar, de la manera más provechosa posible, la organización de las áreas para obtener significativas mejoras de productividad.

3.2 Herramientas e instrumentos

A continuación se describen las herramientas e instrumentos que se implementarán como parte de la metodología *lean manufacturing*.

3.2.1 Método de gestión 5S

Como se mencionó anteriormente, esta herramienta japonesa se implementa para mantener orden y limpieza. El propósito principal de aplicarla en este proyecto es crear ambientes de trabajo que sean seguros, limpios y agradables para optimizar los recursos y reducir los desperdicios. De acuerdo con las cinco etapas que la componen, enseguida se explica la manera en la que se pretende integrarlas a los procesos laborales de la empresa.

a) *Seiri* (seleccionar)

La primera S se basa en la eliminación de las cosas que no se necesitan en el lugar de trabajo. La palabra clave es descartar.

Para implementar esta técnica se utilizarán tarjetas rojas cuya función consiste en que los trabajadores tengan a su disposición algunas tarjetas adheribles de color rojo para que las peguen en cualquier objeto que consideren innecesario. Al integrar esta dinámica debemos tomar en cuenta que el trabajador tendrá la libertad de adherir las tarjetas según su propio criterio. Sin embargo, es necesario brindarles algunas indicaciones:

- Si está en duda, colóquele tarjeta roja
- La colocación de las tarjetas rojas debe hacerse en dos días
- Cada persona debe de tener tres tarjetas rojas como mínimo
- Aplicar únicamente una tarjeta roja por objeto
- Colocar una cantidad excesiva de tarjetas rojas a elementos innecesarios

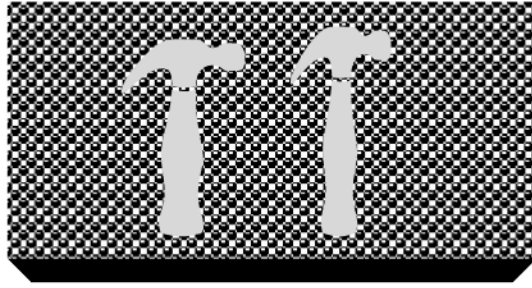
b) *Seiton* (ordenar)

La segunda S consiste en definir e identificar un lugar adecuado y de fácil acceso para cada material usado. Su premisa: un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

Al ordenar todos los elementos del área de trabajo nos evitaremos problemas como el despilfarro de búsquedas, accidentes laborales o uso de materiales obsoletos e información inútil.

Para facilitar la integración de estas herramientas a la dinámica habitual de trabajo, se puede hacer uso de elementos visuales que sirvan como indicadores: siluetas, codificación de colores, imágenes de apoyo, etc. La figura 18 muestra un ejemplo de ello.

Figura 18. Silueta de herramienta en tablero de pared



Fuente: Recuperado de Pérez, 2001

Es importante ordenar cada elemento de manera que cualquiera pueda ver dónde es su lugar: tomarlo, usarlo y devolverlo al lugar adecuado fácilmente.

c) *Seiso* (limpieza)

Tener limpio y en buen funcionamiento el lugar de trabajo. El personal debe identificar las razones por las que su área de trabajo se ensucia para poder prevenir y evitar daños en los equipos, herramientas, inmuebles, o incluso, situaciones de riesgo para ellos o para sus compañeros de trabajo.

Factores por considerar:

- Mantener limpias las áreas comunes que son utilizadas por otras personas
- Mantener limpio el lugar de trabajo
- Mantener limpias y despejadas las áreas de difícil acceso

d) *Seiketsu* (estandarización)

Crear una condición habitual de las áreas de trabajo una vez que se ha logrado mantener el orden y la limpieza en la organización. Para ello, en esta etapa se utilizan normas, procedimientos, códigos de colores, etc.

Por ejemplo, se pueden establecer normas o actividades que involucren colores como el uso de carpetas de un color para un área determinada. De esta manera se detectará fácilmente cualquier anomalía o carpeta fuera de sitio. También se puede establecer una codificación para el lomo de las carpetas donde se especifique el área, el contenido y la fecha de vigencia. Otra opción es crear un programa de limpieza en el área para definir las actividades de limpieza, rutina diaria, semanal o mensual para la depuración de documentación.

En fin, pueden proponerse varias ideas tomando en cuenta que el objetivo primordial es no perder el orden y mantener un estándar en el manejo de esta S.

e) *Shitsuke* (sostener)

Quizá la S más difícil, pues, como su nombre lo indica, se trata de conservar a largo plazo los hábitos creados a partir de las acciones implementadas en las etapas anteriores. Preservar una cultura de limpieza y crear convicción propia en los empleados para mantener la disciplina de seguir los procedimientos, normas y códigos establecidos anteriormente.

Para lograr la implementación de las 5S hay que cambiar una serie de paradigmas:

- ¿Por qué limpiar si voy a volver a ensuciar?
- Estamos muy ocupados para estandarizar nuestro trabajo
- 5S es solo un mito
- 5S no tiene importancia
- Tengo cosas más importantes que hacer
- Eso solo funciona en Japón, aquí es México

Como estrategia para implementar de manera efectiva los procedimientos de la metodología 5S, es necesario tomar en cuenta los puntos que se describen a continuación:

1. Clasificar las cosas necesarias e innecesarias y colocar las tarjetas rojas
2. Retirar las cosas innecesarias y llevarlas al almacén de tarjetas rojas
3. Los objetos considerados necesarios deben ordenarse en el lugar de trabajo de tal manera de que estén lo más a la mano posible (primera S)
4. Una vez delimitados los espacios para cada cosa: un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar
5. Establecer políticas y procedimientos de mantenimiento del orden y la limpieza en las áreas de trabajo
6. Segundo ciclo de las primeras tres S: volver a efectuar todos los pasos hasta aquí mencionados
7. Compromiso del área para mantener las condiciones de limpieza y orden que se ha establecido a través de las dinámicas
8. Crear el hábito de orden y uso eficaz de los activos fijos

3.2.2 Metodología kaizen

Este método de gestión consiste en dar pequeños pasos para establecer las mejoras. Su significado proviene de las palabras *kai*, que significa ‘cambio’, y *zen*, que significa ‘bueno’. Es decir, *kaizen* es un cambio para mejorar.

La base de esta herramienta es establecer eventos denominados *kaizen* en los que se promuevan actividades colectivas orientadas al uso eficaz de los métodos *lean manufacturing* con el objetivo de eliminar desperdicios en áreas específicas de un proceso.

De hecho, la metodología *lean manufacturing* está basada en la idea del *kaizen* o de la mejora continua: los pequeños y graduales cambios aplicados por un largo período de tiempo tienen mayor impacto en los resultados de cualquier negocio.

Debemos considerar algunos principios del *kaizen* antes de iniciar cualquier evento:

- *Kaizen* es un proceso para identificar el desperdicio, reducirlo o eliminarlo
- *Kaizen* es un proceso para identificar e implementar trabajo estandarizado
- *Kaizen* es un proceso de mejora continua
- *Kaizen* busca cómo agregar valor al proceso

La finalidad principal de los eventos *kaizen* que se proponen en este trabajo es traer mejoras rápidas a problemas específicos. Cualquier compañía que busque la mejora continua deberá ser capaz de cambiar de manera eficiente en el menor tiempo y con los mejores resultados.

Existe una serie de principios que deben considerarse en un evento *kaizen*:

- Desechar las ideas preestablecidas para resolver problemas
- Pensar cómo puede trabajar el nuevo método, y no cómo no puede funcionar
- No aceptar excusas
- No buscar la perfección
- Corregir errores en el momento en que se detecten
- No gastar demasiado dinero en las mejoras
- Pensar que los problemas nos dan la oportunidad de usar nuestro cerebro
- Preguntarse al menos cinco veces *por qué* antes de definir la causa raíz
- Diez cabezas piensan mejor que una

- Las mejoras no tienen límite

Una de las ventajas de los eventos *kaizen* es que no cuentan con una limitante de tiempo en su aplicación y ejecución. Por lo tanto, se pueden implementar con duraciones específicas de acuerdo a las necesidades de la empresa: desde períodos de varios meses hasta de algunas horas. Todo depende del tipo de problema que se desea eliminar. Es importante tomar en cuenta que para organizar de manera efectiva un evento *kaizen* se requiere de una semana como mínimo.

En el siguiente listado se describen las bases sobre las cuales se sustenta el éxito de este método de gestión:

1. Cuando se trate de eventos que impacten el proceso productivo, se deberá contar con reservas de material para solventar el tiempo que dure el evento, incluidos la implementación y el monitoreo.
2. Fomentar y tener en mente la participación de los operadores o usuarios del proceso por mejorar: las personas que más conocen el proceso son las que trabajan diariamente con él.
3. Crear equipos multidisciplinarios.
4. Entender la importancia de la preparación y el seguimiento. Este punto es muy importante, ya que lo más probable es que se requiera de más tiempo de preparación y seguimiento que el utilizado en el evento en sí.

Existen algunos roles importantes que deben considerarse al determinar quiénes tendrán que ser los participantes del evento para que resulte exitoso:

1. Director de planta: Su responsabilidad es dar a conocer los programas y brindar recursos para la implementación.

2. El área de Recursos Humanos es responsable de generar y buscar el entrenamiento adecuado para el personal que participará en el evento.
3. Coordinador o consultor: Es la persona que deberá tener más conocimientos acerca del evento y su función, pues será el enlace entre la Dirección y el equipo.

Ahora bien, integrando todos los aspectos que se han descrito anteriormente, se plantean los pasos necesarios para que un evento *kaizen* sea efectivo:

Paso 1. Selección del área

Antes que nada, será indispensable determinar el objetivo o el problema específico por tratar durante el evento, pues con base en eso se podrá elegir el lugar adecuado para hacerlo.

Paso 2. Selección del problema

Examinar el estado actual del proceso en el área seleccionada para el evento enfocándose en la búsqueda e identificación de los desperdicios. Este es uno de los primeros retos del método de gestión *kaizen*.

Paso 3. Selección del líder y su equipo

Al designar a un líder de equipo, es importante pensar en individuos que cumplan con algunas características:

- Que crean firmemente en la metodología *kaizen*
- Que cuenten con habilidades para mantener al equipo enfocado y trabajando
- Que sepan utilizar información estándar y entendible
- Que sean moderadores en discusiones
- Que se enfoquen en obtener recursos y soporte para la metodología
- Que se apoyen en expertos en la metodología cuando sea necesario

- Que lleven un registro de todas las acciones propuestas
- Que den seguimiento y mantengan los logros
- Que se diviertan al implementar la metodología

Paso 4. Tamaño del equipo

Se sugiere que los equipos se formen de seis individuos como mínimo y doce como máximo.

Paso 5. Preparación del área

Es responsabilidad del líder y consiste en la revisión previa del proceso y del espacio donde se realizará el evento. La finalidad de este paso es detectar condiciones que puedan interferir con el desarrollo del evento.

Paso 6. Programar el evento

También es responsabilidad del líder detallar en la medida de lo posible todas las actividades que se realizarán durante el evento.

A manera de guía, se proponen algunos elementos que podrían funcionar para dar seguimiento a la implementación de las metodologías involucradas:

Día 1: Entrenamiento básico de *lean manufacturing* con énfasis en la herramienta que se va a utilizar.

Día 2: Establecer el estado actual y análisis.

Día 3: Lluvia de ideas y posibles soluciones.

Día 4: Implementación de acciones. Asimismo, desarrollo de un plan de acción para aquellas que no puedan implementarse durante el evento.

Día 5: Fin de implementación, monitoreo de resultados y celebración.

Paso 7. Capacitación

El objetivo de este paso es dar a conocer a los miembros del equipo las actividades que realizarán durante el evento. Este es el momento en el que se asignan roles, se definen objetivos, reglas y procedimientos por seguir.

Paso 8. Análisis de la situación actual

Consiste en estudiar la información recabada y hacer una revisión completa de lo que sucede para entender perfectamente la situación actual.

Paso 9. Implementación de las mejoras

En esta parte del proceso es en la que se inician los primeros indicios de transformación. Los aspectos que se deben tomar en cuenta para implementar las mejoras e iniciar los cambios se describen a continuación:

1. Desarrollar ideas de mejora para eliminar los desperdicios.
2. Buscar las causas raíz del problema (los cinco porqués).
3. Trabajar directamente con los operadores y usuarios para encontrar la mejor solución.
4. Ser creativos con las ideas.
5. Desarrollar nuevos estándares de trabajo.
6. Ejecutar a manera de prueba las ideas seleccionadas y sobre las que se desarrollaron los estándares de trabajo. En caso de ser funcionales, entonces se consideran como opción de mejora.

Paso 10. Realizar una presentación

Al final del evento, debe entregarse una presentación dirigida a la alta gerencia y al personal responsable del área de trabajo con la cual se realizó en evento *kaizen*.

Puntos importantes para la presentación:

- Incluir todos los análisis realizados acompañados de ilustraciones que reflejen el nuevo aspecto del área y los resultados económicos obtenidos.
- Cuantificar las actividades exitosas y comparar el resultado con la meta que se haya estipulado.
- Todos los participantes deben tomar parte en la presentación mostrando los ahorros o mejoras implementadas.
- El resultado debe hacerse llegar a la mayoría de las personas posible.

Paso 11. Celebración dirigida al equipo de trabajo

Es importante que el líder del evento organice una celebración de reconocimiento para dar por finalizado el evento. Puede ser una comida, un brindis, etc. El objetivo de esta actividad es reconocer el trabajo y el esfuerzo de todos los involucrados.

3.2.3 *Mapa de valor* (value stream mapping)

El mapa de valor o VSM, por sus siglas en inglés, consiste en mapear por medio de diagramas fáciles y entendibles la cadena de valor del proceso de producción.

Esta cadena de valor se conforma de todos los pasos u operaciones de valor agregado y no agregado requeridos para procesar un producto desde la materia prima hasta el cliente.

El VSM es especialmente útil para encontrar oportunidades de mejora, eliminando desperdicios en el proceso de producción. Cada una de las actividades que se realizan

para fabricar los productos son registradas en función de si añaden valor o no añaden valor desde el punto de vista del cliente, con el fin de eliminar las actividades que no agreguen valor al producto. (“Value stream mapping: qué es, beneficios y cómo realizarlo”, s.f., sección ¿Qué es *value stream mapping*? párr. 3).

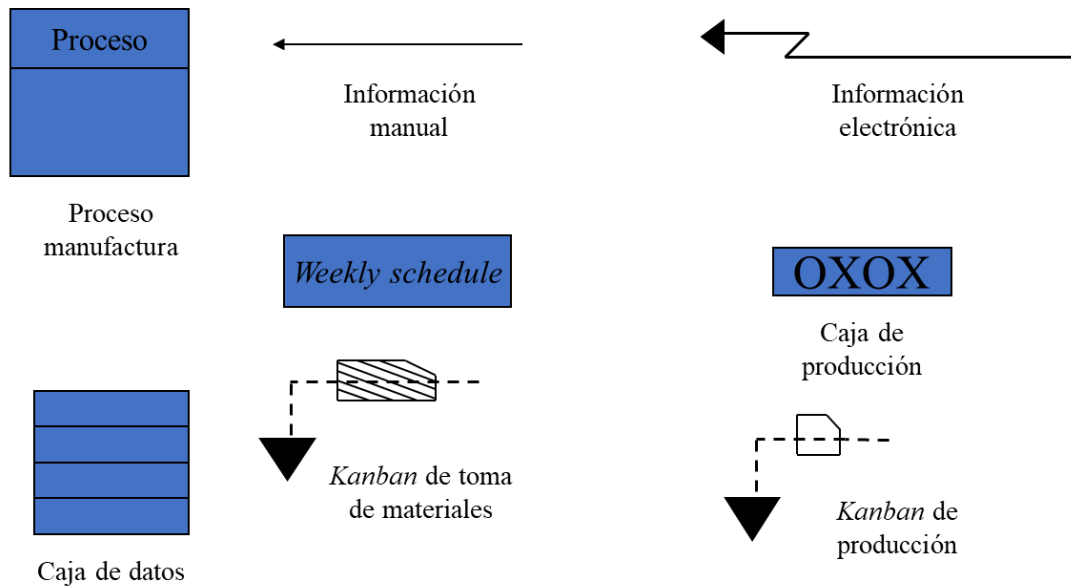
Dentro del VSM hay que encontrar y mostrar de forma gráfica todas aquellas actividades que se realizan para obtener un producto: desde la llegada de la materia prima hasta el embarque del producto terminado. El principal objetivo es tener concentrada toda la información inherente al flujo de proceso en un solo lugar y de una forma fácil de consultar y analizar.

Esta herramienta es esencial para mejorar el proceso ya que proporciona varias ventajas:

- Permite visualizar fácilmente todo el proceso
- Ayuda a ver los desperdicios
- Estandariza el lenguaje
- Asocia conceptos *lean manufacturing*
- Establece medidores cuantitativos para analizar las mejoras

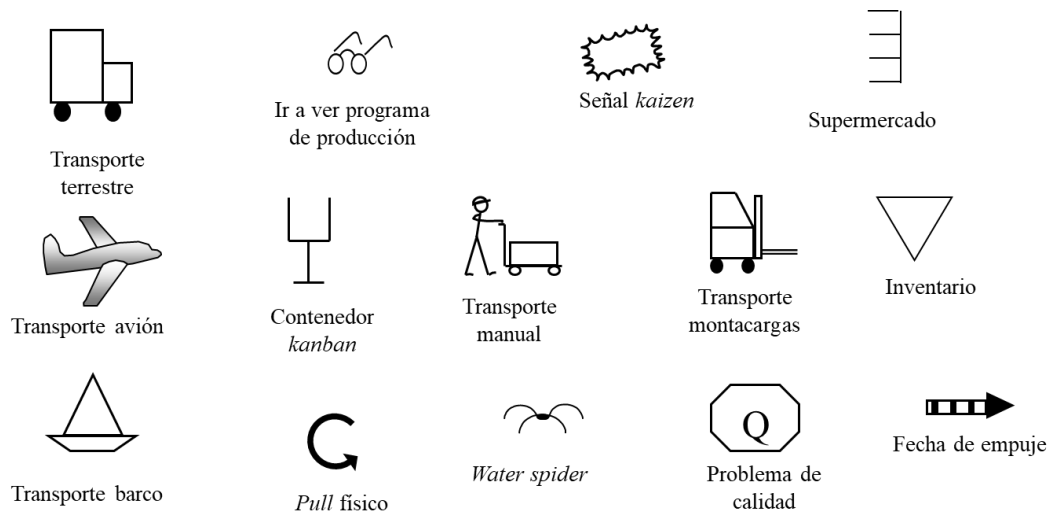
Para elaborar el VSM se establece una serie de íconos por utilizar en el mapa de valor, que pueden verse en las figuras 19 y 20.

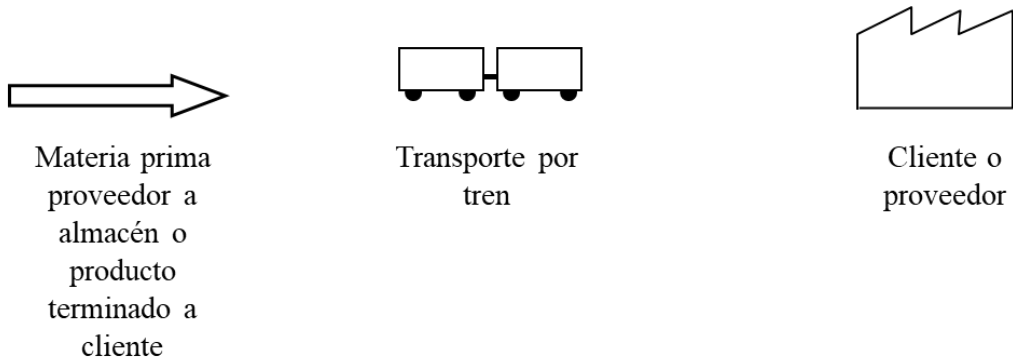
Figura 19. Íconos para VSM



Fuente: Adaptado de "Íconos VSM", 2007

Figura 20. Íconos para VSM

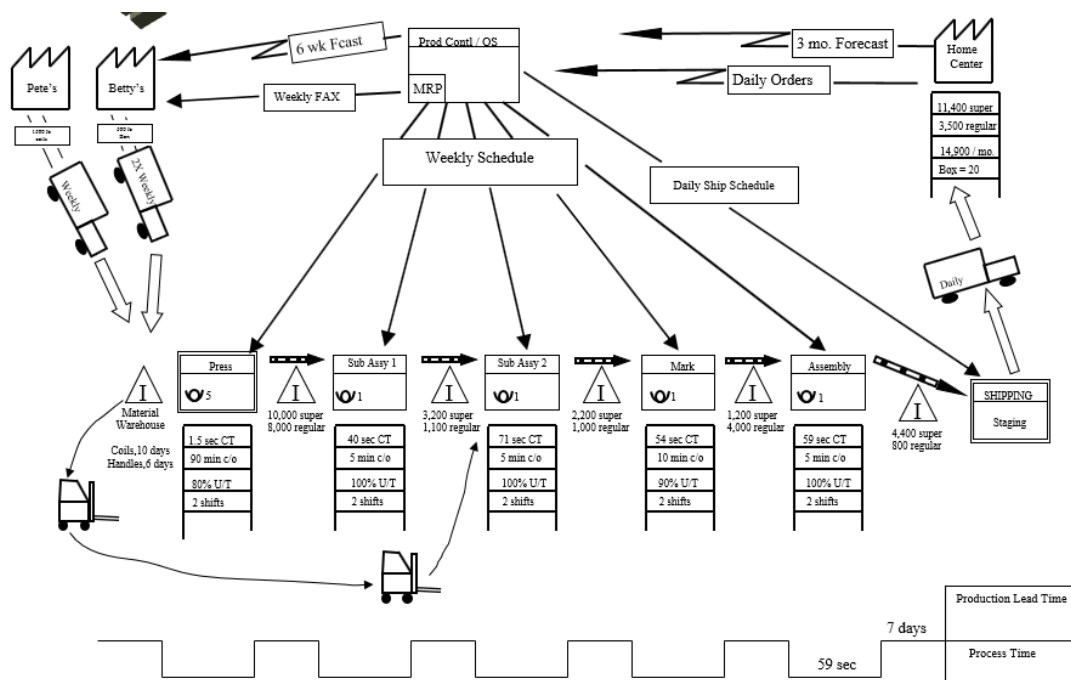




Fuente: Adaptado de “Íconos VSM”, 2007

En la figura 21 se muestra un ejemplo de un VSM:

Figura 21. Ejemplo de VSM



Fuente: Adaptado de “Capítulo 1 Inicialización VSM”, 2007

Como se aprecia en las figuras 19, 20 y 21, con el VSM se puede visualizar el flujo de información y varios datos básicos de los procesos para determinar las áreas en las que existen

problemas e implementar mejoras. Los íconos visuales e indicadores preestablecidos facilitan el análisis del proceso.

El VSM consiste en analizar el proceso actual para elaborar un nuevo mapa donde se marque el estado futuro deseado y a partir de esto establecer el plan de trabajo.

Pasos para hacer un VSM:

1. Dibujar al cliente en la parte superior derecha
2. Dibujar el medio de entrega del producto al cliente
3. Dibujar el proceso de entrega del producto al cliente
4. Dibujar los procesos anteriores de derecha a izquierda
5. Enlistar los atributos de cada uno de los procesos
6. Colocar los inventarios entre cada proceso
7. Dibujar al proveedor y el medio de transporte en el que se entrega la materia prima
8. Dibujar los flujos de información
9. Dibujar las flechas de *push* o *pull* entre los procesos
10. Colocar la línea del tiempo (*takt time*: se calcula dividiendo el tiempo disponible de producción entre la demanda del cliente por turno)

3.2.4 Trabajo estandarizado (standard work o SW)

La clave para encontrar un balance en la producción y mantener una productividad constante en la forma de ejecutar una operación radica en la manera en la que se escriben los estándares y cómo la gente contribuye a ellos. El éxito o fracaso del proceso de estandarización depende de la satisfacción del personal.

La alta y media gerencia en la industria tienen normalmente duda sobre el porqué es importante la estandarización de procesos en la organización. Referente a ello, podemos encontrar en “La estandarización de procesos, una ventaja competitiva” (2017) la siguiente explicación:

Hay dos razones fundamentales por las que miles de grandes empresas ya han implementado la estandarización de procesos en el seno de su organización: el tiempo y el dinero o, mejor dicho, el ahorro de tiempo de trabajo y el ahorro de recursos económicos propios y ajenos.

¿Por qué? La respuesta la encontramos en el significado del término “estandarización de procesos”: implantación de normas claras y precisas de los métodos y formas de ejecutar un proceso concreto, un procedimiento de trabajo, la forma de actuar de un equipo de trabajo, etc.

La implantación de estas normas no supone burocratizar y, así, ralentizar el funcionamiento normal de un proceso, sino prever problemas y soluciones, aclarar normas de actuación. (Párrs. 1-3).

De acuerdo con el artículo “Estandarización de trabajos: qué es, cómo se implementa y sus beneficios” (s.f.), la estandarización de trabajos es una poderosa herramienta que debería ser utilizada por todas las empresas, pero desafortunadamente no es así; de hecho es de las herramientas *lean* menos utilizadas.

Muchas empresas se resisten a implementar el trabajo estándar en sus procesos. Entre las razones por las que esto sucede se encuentran las siguientes:

- f) Hay confusión acerca de lo que significa el trabajo estándar: mucha gente cree que solo se trata de documentar el trabajo, pero en realidad significa mucho más.

- g) Un proceso documentado parece demasiado rígido: el saber cómo se hace el trabajo y tenerlo debidamente documentado y estandarizado permite realizar mejoras y encontrar fácilmente problemas cuando algo sale mal.
- h) El trabajo estándar solo se aplica a los trabajadores, no a los gerentes: todo el mundo tiene trabajos que pueden ser estandarizados; mientras más alto su nivel en la organización y sus responsabilidades, es quizá menos el trabajo estandarizado, pero siempre lo habrá.
- i) La implementación es un esfuerzo que solo se realiza una vez: es un proceso de mejora continua; siempre puede ser mejorable.

De acuerdo a esta metodología existen diversas formas de estandarizar el trabajo:

a) Celdas de manufactura

Se refiere a un esquema de estandarización de trabajo muy utilizado en la industria electrónica. Las celdas de manufactura son unidades de trabajo independientes y pequeñas, compuestas de tres a quince estaciones de trabajo y de dos a diez personas que son localizadas en una disposición compacta y secuencial. Tienen como objetivo hacer más eficiente el movimiento de material, reducir los desperdicios —como las esperas e inventarios —, garantizar el correcto flujo de información (fallas, unidades buenas, etc.) e incrementar la productividad del personal operativo.

Las celdas de manufactura son sistemas socio-biotécnicos delicados y complejos. El diseño de una instalación de manufactura celular incluye los pasos del proceso, tiempo de trabajo, determinación del tamaño del lote y capacidad de equipo.

b) Fábrica visual

El objetivo de una fábrica visual es hacer de la comunicación ordinaria un medio para facilitar el trabajo diario en ambientes agradables y que la información relevante para el proceso sea sencilla de interpretar y genere mayor eficiencia, además de brindar una mejor percepción de la realidad.

En otras palabras, es una cultura de comunicación.

El concepto de fábrica visual, que también se conoce como lugar de trabajo visual o gestión visual, tiene como propósito colocar información crítica en las áreas físicas de trabajo mediante el uso de señalamientos, etiquetas, carteles, vitrinas y otros medios.

Estos visuales ayudan a crear un entorno de trabajo más seguro y eficiente al eliminar la necesidad de capacitación repetitiva y supervisión constante (Borja, s.f., párr. 1).

Pasos para implementar una fábrica visual:

1. Especificar los alcances del proyecto y sus objetivos
2. Estudiar el medio ambiente dentro del área productiva
3. Identificar las necesidades y eficientar los medios actuales de comunicación visual
4. Hacer una campaña introductoria para todos los integrantes del equipo

Los principales medios visuales para una comunicación efectiva son:

1. Documentación visual: Métodos y organización, recursos y tecnología, productos y materiales.
2. Definir territorios: Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.
3. Control visual: Utilización de alarmas para hacer evidentes los problemas; utilización de tableros con los principales medidores; información de problemas internos y con cliente; ayudas visuales.
4. Definición de indicadores de proceso: Indicadores de calidad; alimentación de material, *kanban*.

Beneficios de la fábrica visual:

- Optimiza el tiempo de aprendizaje
- Aumenta la eficiencia en el área de trabajo
- Desarrolla personal polifuncional
- Promueve sinergias y *benchmarking*
- Permite mayor organización y control

c) *Jidoka*

Este sistema deja al descubierto los problemas dentro del proceso productivo, ya que su principal función es hacer que el trabajo se detenga inmediatamente cuando el problema ocurre.

Por consiguiente, se obtienen mejoras en el proceso, se incrementa la calidad y se reducen los costos al eliminar las causas raíz de los problemas.

La secuencia del sistema *jidoka* tiene cuatro pasos esenciales:

1. Detección de condición anormal o falla en el proceso (*andon*)
2. Paro de producción o proceso donde se detectó la anormalidad
3. Toma de acciones inmediatas para resolver el problema (participación del personal operativo e ingenieros)
4. Investigación de la causa raíz y la instalación de dispositivos o mecanismos que eviten la falla en el futuro (*poka yoke*)

d) *Andon*

Es un dispositivo de control visual que informa el estatus del sistema de producción y alerta a los miembros del equipo de problemas en la línea de producción.

e) *Poka yoke*

Se refiere a una metodología para el diseño e implementación de dispositivos que detectan automáticamente errores o condiciones de operación defectuosa. En consecuencia, se evita la producción de productos defectuosos.

El término viene del japonés: *poka*, que significa ‘errores inadvertidos’, y *yokeru*, ‘evitar’. Entonces, *poka yoke* es un mecanismo que previene los errores desde la fuente para eliminar la inspección visual final.

Es una herramienta formidable para alcanzar la meta de cero defectos y, eventualmente, eliminar las inspecciones de control de calidad.

Niveles de *poka yoke*:

1. Eliminar errores desde la fuente antes de que ocurran
2. Detectar el error en el momento en el que ocurre antes de que resulte un defecto
3. Detectar un defecto después de haber sido hecho en la misma o siguiente operación

El *poka yoke* emplea tres funciones básicas contra los defectos: parada, control y aviso.

Características de un buen *poka yoke*:

- Simples y baratos
- Están cerca del lugar en el que los errores pueden ocurrir
- Son parte del proceso
- Se enfocan a prevenir que los errores ocurran
- Toman en cuenta la experiencia del usuario

3.3 Muestra o sujetos de investigación

Considerando la dimensión de la empresa Grupo Transformador de Llantas, la muestra es la misma que el total de sus siete empleados con todos sus procesos.

3.4 Etapas del proceso de aplicación-intervención

Para las etapas del proceso, se determina utilizar el siguiente orden:

- a) Definición de los objetivos del proyecto.
- b) Investigación de los procesos y del entorno del negocio.
- c) Análisis de la situación actual: Conocimiento de la empresa, estructura, organigrama, descripciones de puesto, tareas, descripción de procesos productivos, clientes y proveedores.
- d) Definir funciones, roles y responsabilidades: Establecer la descripción de cada uno de los puestos. Aplicar herramientas de 5S para reorganizar las áreas.
- e) Establecimiento de KPI para control de la producción y del negocio: Determinar la forma de mostrarlos y obtener información para establecer la situación actual de la empresa y las mejoras a futuro.
- f) Estandarización de trabajo a través de la fábrica visual: Definir formas de trabajo para garantizar la operación de los equipos siempre de la misma manera. Establecer indicadores visuales para facilitar el proceso.
- g) VSM estado actual y futuro: Determinar el estado actual del proceso productivo y establecer el estado futuro deseado por medio de la herramienta *value stream mapping*.
- h) Eventos *kaizen*: Establecer eventos con base en los problemas de proceso detectados y en colaboración con los operadores para resolver estas problemáticas.

i) Evaluación de KPI y resultados finales.

3.4.1 Cronograma de trabajo

Con la finalidad de medir el alcance del proyecto y controlarlo adecuadamente, se define el siguiente cronograma (ver figura 22):

Figura 22. Gráfica de Gantt para actividades de la empresa

ACTIVIDAD	MES											
	Jul 18	Ago 18	Sep18	Oct 18	Nov 18	Dic 18	Ene 19	Feb 19	Mar 19	Abr 19	May 19	Jun 19
Definición de los objetivos del proyecto	■	■										
Investigación sobre los procesos	■	■										
Definición del método de trabajo			■									
Búsqueda de expertos en el tema				■	■							
Mapeo de los procesos / diagrama espagueti				■	■							
Análisis de experto en situación actual					■	■						
Ishikawa						■						
Definir funciones de personal y roles						■	■					
5S / espacios para personal / seguridad							■					
Indicadores de producción								■				
Análisis de resultados de indicadores									■			

VSM actual y futuro												
Fábrica visual de acciones												
Evento kaizen												
Resultados finales para socios												
Imprevistos espacio para solución												
Exposición final TOG												
Continuidad												

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Imprevistos

Originalmente, el proyecto se había determinado como un análisis para reducción de costos; sin embargo, una vez iniciado, el equipo de accionistas se percató de que el proyecto debió enfocarse en mejorar la productividad de la planta y la estandarización del proceso. Debido a esto, se determinó cambiar el enfoque y replantear las actividades que dieron como resultado el presente trabajo.

Otro imprevisto fue una caída en las ventas que ocasionó un aumento en los inventarios de producto terminado, en el que se llegaron a manejar hasta 130 toneladas en un día de inventario, lo cual complicó el flujo de los materiales.

CAPÍTULO 4

EXPOSICIÓN DE HALLAZGOS

A continuación, a manera de observación, se describen los hallazgos que se encontraron durante el proceso.

- a) La empresa Grupo Transformador de Llantas cuenta con siete personas con funciones operativas cuyos puestos de trabajo estaban distribuidos de la siguiente manera:
 - Destalonado: una persona
 - Guillotina: una persona
 - Triturado: una persona
 - Pulverizado: una persona
 - Encostalado: dos personas
 - Auxiliar: una persona
- b) El personal carece de transporte. Por lo tanto, se trasladan en una camioneta de la empresa asignada a tal actividad. Debido al recorrido que hace esta camioneta para recoger a todos, el personal llega aproximadamente 45 minutos tarde cada día a su turno. El retraso al inicio de turno equivale a dejar de obtener 750 kg de caucho diariamente, es decir, 4,500 kg en seis días, lo que equivale a una pérdida de 11,250 pesos por semana.
- c) Se encontró que las máquinas presentaban paros constantemente por diversas causas. La mayoría de ellas por mantenimiento; sin embargo, no se tiene un plan de mantenimiento ni un mecánico o eléctrico responsable.
- d) Hay constante rotación de personal. Desde que se inició el proyecto de este trabajo, se cambió a toda la plantilla por decisión de uno de los accionistas de la empresa. El resultado de esto es que la empresa no cuenta con personal capacitado durante el proceso.
- e) Se detectó la carencia de indicadores de producción. No existen datos para conocer y comparar la producción diaria.

- f) Existe falta de orden y limpieza evidente. No están marcadas las áreas de tráfico ni las líneas sanitarias. Se fabrica material para inventario. Al inicio de la investigación no había costales para guardar y organizar el producto, pero se seguía fabricando. Esto generaba un desorden.
- g) Falta de algunas medidas de seguridad. Por ejemplo, no había extintores, un elemento primordial para la seguridad de la empresa y los empleados, pues la composición de las llantas es altamente inflamable. Por otro lado, el personal fumaba en el área y no se contaba con ningún tipo de equipo para combatir un fuego.
- h) El trabajo no estaba estandarizado. No se tenía una descripción de puestos y responsabilidades.
- i) El personal no contaba con equipo de seguridad básico.
- j) No había condiciones para que el personal tomara su descanso y alimentos.
- k) La distancia del almacén de llantas a la planta es de casi 300 metros y no se cuenta con ninguna carretilla o vehículo para transportarlas. Resulta impráctico arrastrarlas.
- l) Desorden fuera de la planta en el acomodo de las llantas.
- m) Espacios subutilizados.
- n) El personal paraba una hora para tomar sus alimentos y el trabajo se detenía. Esto significaba, en números de proveedor, dejar de fabricar seis toneladas a la semana y tener una pérdida de 15,000 pesos semanales.

4.1 Sistematización y aplicación de escalas de medición

Para poder establecer las escalas de medición y las herramientas de uso, fue necesario hacer una observación del proceso y determinar aquellos aspectos que impedían tener una productividad

aceptable en las áreas de triturado. Una vez hecha la observación y determinadas la herramientas, se dio inicio el proceso de mejora.

4.1.1 Observación de proceso

Como se mencionó en puntos anteriores, la empresa tiene poco tiempo funcionando y se dedica al reciclado de neumáticos usados. El proceso de reciclaje que utiliza es el triturado para separar del caucho el nailon y acero.

Se cuenta inicialmente con siete personas en el proceso para atender las siguientes funciones:

- Destalonado: una persona
- Guillotina: una persona
- Triturado: una persona
- Pulverizado: una persona
- Encostalado: dos personas
- Auxiliar: una persona

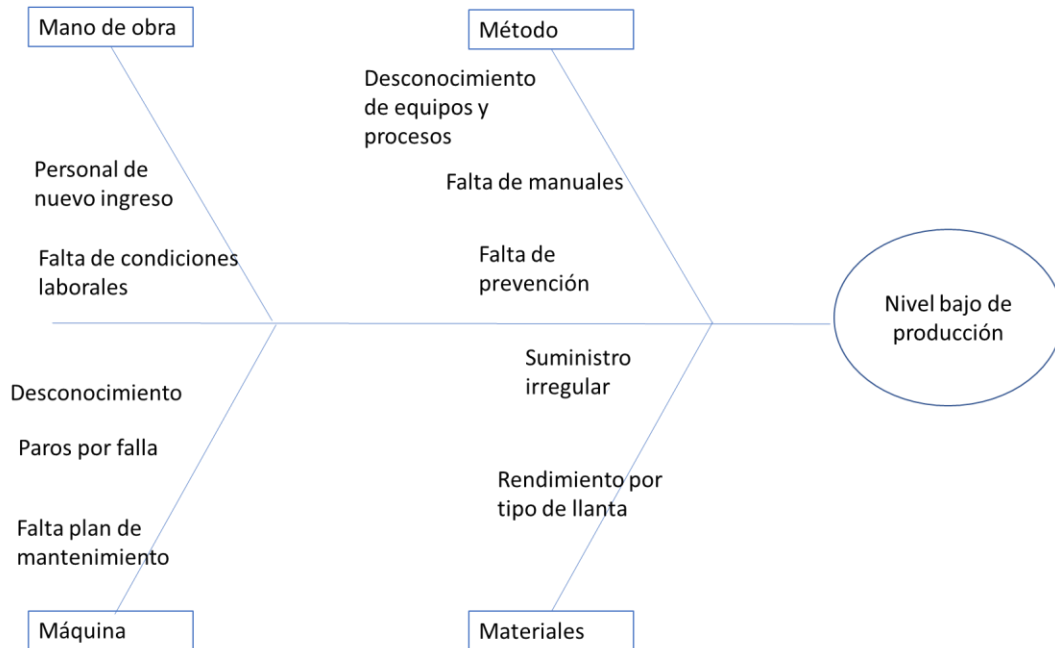
En el punto anterior se describió el recurso humano con sus funciones. No obstante, al inicio del proceso de investigación se descubrió que cada una de estas personas también cumple funciones de supervisor. En consecuencia, se detectaron varios factores que determinan la falta de eficiencia en los procesos de producción:

- a) La antigüedad del personal es de una semana en el puesto.
- b) Su aprendizaje ha sido empírico.
- c) Son trabajadores que vienen del área de agave, por lo que desconocen varios procesos industriales de la empresa.

- d) Fueron enviados temporalmente a cubrir turno en la recicladora.
- e) Las máquinas presentan fallas constantes.
- f) Se desconoce el tipo de malla para el harnero.
- g) No hay un plan de mantenimiento.
- h) Las áreas están desorganizadas.
- i) No se cuenta con extintores.
- j) No se cuenta con comedor.
- k) No se cuenta con sanitario.
- l) El personal fuma dentro del área de trabajo.
- m) El personal tiene que traer su propia agua.
- n) No se tienen métodos de trabajo por escrito.
- o) No se cuenta con letreros de identificación en los botones que están dentro de las máquinas.

A partir de la información recabada, se hizo el ejercicio de Ishikawa involucrando al personal y a los socios del negocio. El resultado se muestra en el diagrama de la figura 23:

Figura 23. Diagrama de Ishikawa para analizar la falta de eficiencia en los procesos de producción



Fuente: Elaboración propia

Con base en estos resultados y a la observación anterior se inició el plan de trabajo.

4.2 Organización de la información obtenida

Se elaboraron diferentes análisis con base en herramientas para la identificación de problemáticas y generar soluciones.

4.2.1 Diagrama de espaguete

El diagrama de espaguete busca de una forma gráfica ilustrar los flujos de los materiales dentro del área de producción de la empresa y detectar los diferentes desperdicios en movimientos.

Griso (2018) nos proporciona una explicación más amplia de esta herramienta:

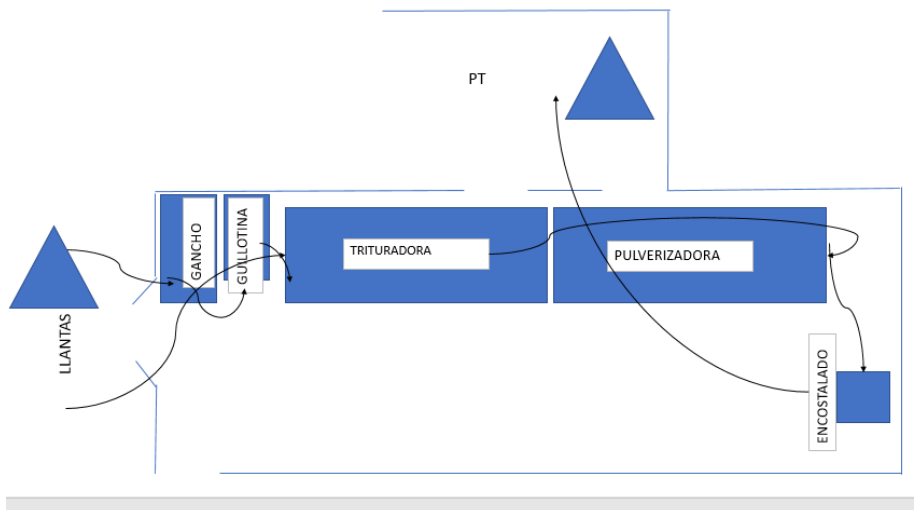
El Diagrama Espagueti es un tipo particular de diagrama usado en la industria para medir un desperdicio: el *movimiento* de trabajadores o de materiales.

Se llama en esta manera porque casi siempre las líneas que se dibujan para representar los movimientos hacen que el diagrama sea muy parecido a un plato de espagueti.

Este diagrama se puede también usar para identificar oportunidades de mejorar y para medir la eficacia de acciones de mejora. (Párrs. 1-3).

El primer paso fue elaborar un diagrama de espagueti para complementar el orden de proceso (ver figura 24).

Figura 24. Diagrama de espagueti del proceso de Grupo Transformador de Llantas



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el movimiento dentro de la empresa es muy simple por la poca cantidad de procesos. Realmente se concluye que los equipos están colocados en forma correcta y no hay movimientos significativos que nos lleven a pensar en un cambio de *layout*.

4.2.2 Definición de roles y responsabilidades

En un principio, la idea de los socios de la empresa era tener a una persona en cada proceso y a un supervisor que estuviera solamente observando el proceso. Sin embargo, al revisar el desempeño del personal bajo este modelo organizacional, se encontró que el supervisor podría estar operando una máquina y eliminar al auxiliar.

Al observar los tiempos del proceso se demostraba que el 50% de las veces el auxiliar estaba sin hacer ninguna operación. Por lo tanto, se podía operar con seis personas en lugar de con siete.

En consecuencia, se propuso una redistribución de personal:

- Destalonado: una persona
- Guillotina: una persona
- Triturado: una persona
- Pulverizado/supervisor: una persona
- Encostalado: dos personas

A partir de esto, se elaboró un documento para la definición de roles y actividades (ver figura 25), con previa autorización de los socios del negocio, que se le entrega al personal y es leído con ellos. Una vez que se han resuelto dudas y ambas partes están de acuerdo, se les pide que lo firmen.

Figura 25. Documento que contiene la definición de roles y actividades de los puestos de Grupo Transformador de Llantas

Definición de roles y actividades

Supervisor

Responsabilidades y funciones:

- Buen funcionamiento de la planta y los equipos
- Responsable del cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura del personal a su cargo
- Gestionar recursos, permisos y necesidades con la dirección del negocio
- Arrancar los equipos al 100% a primera hora del día
- Revisar y recolectar los reportes de producción y tiempos muertos
- Atender la línea de producción de molino para separar materiales
- Garantizar los materiales e insumos necesarios para trabajar
- Entregar los reportes de producción a la persona designada por dirección
- Responsable de recibir llantas de los proveedores

Operador de gancho

Responsabilidades y funciones:

- Garantizar el suministro de llantas al proceso de guillotina
- Asegurar un *stock* de llantas de automóvil para moler
- Asegurar al inicio de turno un *stock* de llantas de camión para cortar

Operador de guillotina

Responsabilidades y funciones:

- Cortar con guillotina las llantas de camión
- Asegurar un *stock* de llantas de automóvil para moler
- Subir llantas a la trituradora

Operador de trituradora

Responsabilidades y funciones:

- Asegurar un *stock* de llantas de automóvil para moler
- Asegurar el triturado de llantas para surtir el molino
- Fabricar un *stock* de triturado para mantener funcionando el molino en lo que la máquina trituradora vuelve a arrancar

Operador de molino

Responsabilidades y funciones:

- Tiene la responsabilidad directa de este equipo, pues es quien va a operarlo
- Debe revisar dos veces al día la caída de material molido para validar que no se esté colando el acero de los metales. En caso de que se cuele el acero, debe detener el molino y limpiarlo
- Debe moler el material triturado y evitar la formación de grumos de acero para asegurar la continuidad de la operación

Auxiliar de molino y PT (producto terminado)

Responsabilidades y funciones:

- Responsables del llenado de costales

- Todo el material debe estar en costales y pesado a fin de turno

Comentario general para todos los empleados:

Todos son responsables de llenar sus reportes, limpiar y ordenar la planta, hacer un uso responsable de su equipo y cumplir con las reglas del negocio.

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Metodología 5S

Un factor imprescindible para reorganizar el proceso era ordenar y limpiar al lugar. Para empezar, se activó el plan propuesto con la metodología 5S y con una capacitación para el personal como complemento de esta estrategia.

Las figuras 26, 27, 28, 29 y 30 muestran fotografías del antes de la aplicación de la metodología, mientras que las figuras 31, 32, 33, 34, 35 y 36 muestran imágenes del después.

Figura 26. Harnero antes de 5S



Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Almacén de recibo de llantas antes de 5S



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Patín antes de 5S



Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Almacén de producto terminado antes de 5S



Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Encostalado antes de 5S



Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Harnero después de 5S



Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Área patín / báscula



Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Almacén de recibo (antes no existía)



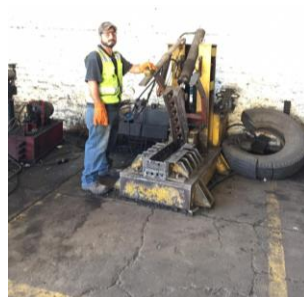
Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Área de herramientas que antes de la implementación de estas estrategias no existía



Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Área de guillotina



Fuente: Elaboración propia

Figura 36. Almacén de producto terminado



Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Condiciones de recreación para el personal y seguridad

Para beneficio del personal, se construyó un área de comedor y un baño. Asimismo, el área del comedor se equipó con un horno de microondas, una parrilla eléctrica, un refrigerador y mobiliario (mesas y sillas). La figura 37 muestra imágenes del área de comedor.

Figura 37. Imágenes del área del comedor



Fuente: Elaboración propia

También se colocaron extintores en la planta y un botiquín de primeros auxilios, como se muestra en la figura 38.

Figura 38. Fotografías del botiquín colocado en la planta



Fuente: Elaboración propia

La figura 39 muestra el equipo de seguridad que se brindó al personal para llevar a cabo sus labores dentro de la planta.

Figura 39. Equipo de seguridad proporcionado al personal para la ejecución de su trabajo en la planta



Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Implementación de indicadores de producción, checklists, etiquetas y análisis de información

Como se menciona en uno de los primeros apartados de este trabajo, la empresa carecía de indicadores de producción, etiquetas y reportes. Por consiguiente, se establecieron diferentes formatos para cada una de las áreas.

- a) *Checklist* de arranque y apagado de planta. La figura 40 muestra el *checklist* de arranque y cierre de planta.

Figura 40. Checklist de arranque y cierre de planta

CHECKLIST DE ARRANQUE Y CIERRE DE PLANTA		
Fecha		
Arranque		
#	Actividad	
1	Subir luz	
2	Prender molino	
3	Limpiar pizarra	
4	Colocar inventario inicial en pizarra	
5	Asegurar reportes de producción nuevos en todas las máquinas	
6	Validar uniforme de personal	
7	Asignar actividades al personal	
Cierre		
#	Actividad	
1	Apagar máquinas	
2	Limpiar áreas	
3	Organizar costales en área PT	
4	Calcular inventario	
5	Hacer reporte de producción	
6	Revisar herramientas	
7	Apagar la luz	
Adicional sábados		
#	Actividad	
1	Checar aceite en equipos	
2	Engrasar equipos	
3	Ajustar bandas	
4	Retirar exceso de acero en imanes	
5	Limpiar harnero	
6	Limpiar criba	
7	Pintar líneas necesarias	
Observaciones		
Supervisor		

Fuente: Elaboración propia

b) Limpieza del comedor. La figura 41 presenta el *checklist* de la limpieza de las áreas de comedor y baño.

Figura 41. Checklist de limpieza de las áreas de comedor y baño

CHECKLIST LIMPIEZA DE COMEDOR Y BAÑO								
Orden	Nombre	Día	Fecha					
1	Gerardo	Martes						
2	José Manjarrez	Martes						
3	Gregorio Aguila	Jueves						
4	Sergio Alcaraz	Jueves						
5	Victor Ochoa	Sábado						
6	Ramón Salazar Sotelo	Sábado						

Fuente: Elaboración propia

c) Etiqueta de producto terminado (PT). En la figura 42 se puede apreciar la etiqueta del producto terminado.

Figura 42. Etiqueta de producto terminado

ETIQUETA PRODUCTO TERMINADO



MEDIDA DE MALLA	
(Marcar con X la correcta)	
1.4 cm	<input type="checkbox"/>
1 cm	<input type="checkbox"/>
6 mm	<input type="checkbox"/>
4 mm	<input type="checkbox"/>
1 mm	<input type="checkbox"/>

PESO DEL COSTAL	
(Marcar con X la correcta)	
25 kg	<input type="checkbox"/>
30 kg	<input type="checkbox"/>
35 kg	<input type="checkbox"/>
40 kg	<input type="checkbox"/>
OTRO	<input type="checkbox"/> _____

Fuente: Elaboración propia

- d) Salida de almacén. En la figura 43 se presenta el formato utilizado para llevar el control de salidas de almacén.

Tabla 4

Cuadro comparativo de producción mensual

<i>Mes</i>	<i>Año</i>	<i>Kg promedio</i>	<i>Kg máximo</i>	<i>Punto de equilibrio/día (kg)</i>
Diciembre	2018	1,303	1,455	3,334
Enero	2019	2,016	3,040	2,143
Febrero	2019	2,162	3,240	1,985
Marzo	2019	3,090	4,620	2,014

Nota: Los datos se obtuvieron del seguimiento de las actividades de la planta de producción y los reportes establecidos. Kg promedio = kilogramos diarios promedio empacados; kg máximo = máximo logrado en un día de trabajo en kilogramos empacados; punto de equilibrio/día = kilogramos necesarios en un día de trabajo para lograr cubrir los gastos de ese día. Está prorrateado a día para poder validar contra la producción diaria promedio.

Como se puede observar, se ha generado un crecimiento en la producción de un 237% (obtenido de aplicar división de la producción promedio entre los meses de marzo y diciembre) en tan solo cuatro meses de operación con la aplicación de las técnicas mencionadas en este trabajo.

4.2.6 VSM

Se integra el desarrollo del VSM por medio de toma de inventarios aproximados y tiempos a pie de máquina.

El VSM se muestra segmentado para poder visualizarse en este documento, iniciando por el VSM actual (figuras 44 a 47) y seguido por el deseado.

Figura 44. (1 de 4) VSM actual

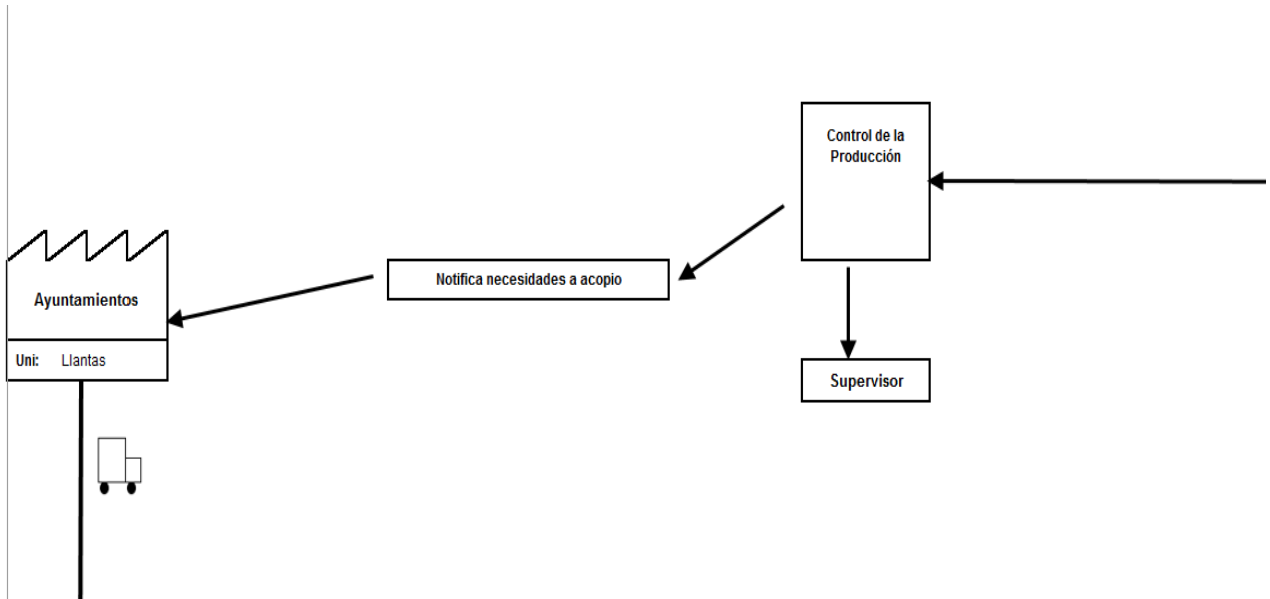


Figura 45 (2 de 4) VSM actual

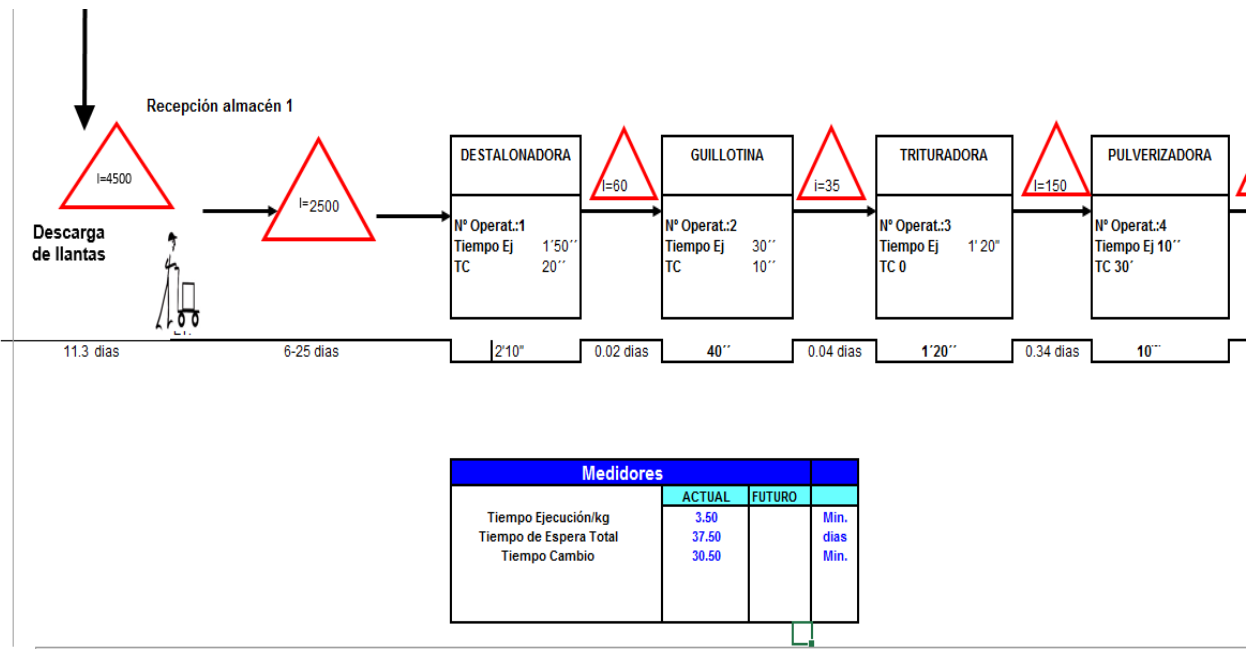
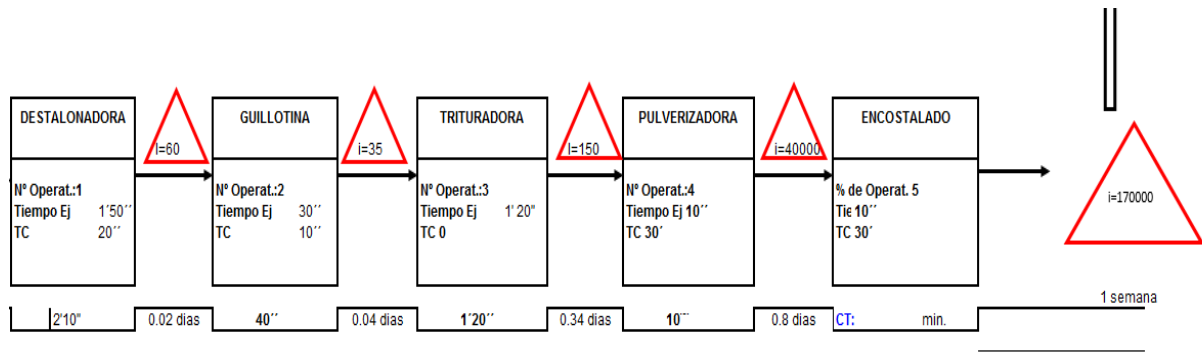
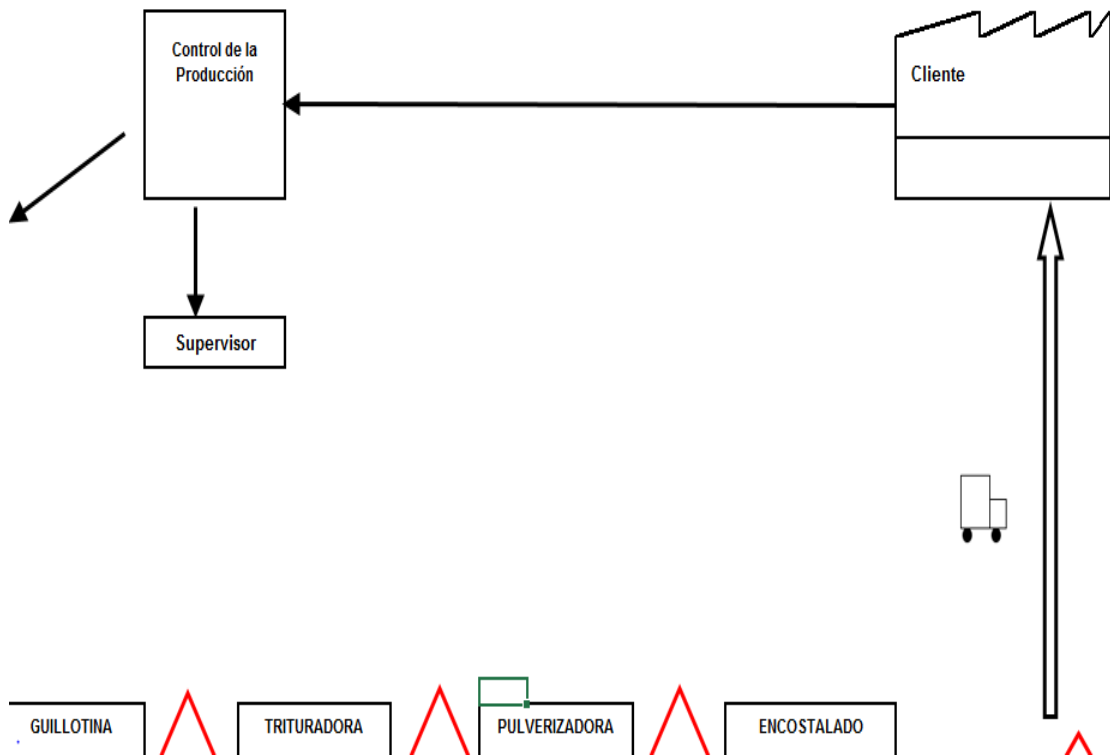


Figura 46 (3 de 4) VSM actual



Medidores			
	ACTUAL	FUTURO	
Tiempo Ejecución/kg	3.50		Min.
Tiempo de Espera Total	37.50		dias
Tiempo Cambio	30.50		Min.

Figura 47 (4 de 4) VSM actual



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 podemos ver, a manera de resumen, los datos del proceso de trituración a empaque obtenidos para el análisis del VSM:

Tabla 5

Resumen de datos del proceso de trituración a empaque obtenidos para el análisis de VSM

Medidores			
	ACTUAL	FUTURO	
Tiempo ejecución/kg	3.50		Min.
Tiempo de espera total	37.50		Días
Tiempo de cambio	30.50		Min.

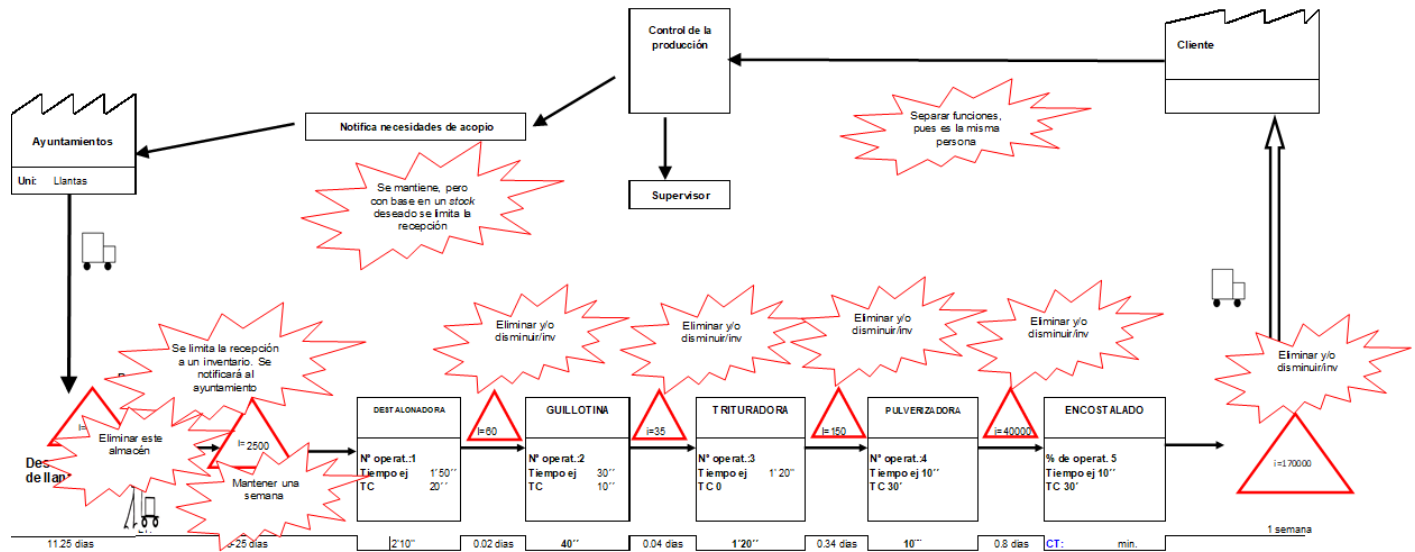
Fuente: Elaboración propia

Es decir, por cada kilogramo de llanta se tiene un tiempo de procesamiento de 3 minutos con 50 segundos siempre y cuando no exista un cambio de harnero, pues este cambio implica un tiempo de 30 minutos y 50 segundos aproximadamente.

El tiempo que transcurre entre que llega una llanta hasta que se convierte en producto terminado es de 37.5 días debido a los altos inventarios que se mantienen desde la llegada de la llanta hasta los procesos intermedios.

En la figura 48 se muestran las propuestas en un VSM futuro/deseado.

Figura 48. VSM futuro/deseado



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente lista, se describen las acciones deseadas que aparecen en la figura 48:

1. Separar la función de ventas y control de producción, pues ambas funciones recaían anteriormente en una misma persona.
2. Se limita la recepción de llantas de los ayuntamientos para controlar el nivel de *stock* semanal.
3. Disminuir y eliminar los inventarios intermedios. Se tenía la costumbre de fabricarlos en caso de un paro de algún recurso para adelantar trabajo.

La tabla 6 muestra los avances logrados a partir de los cambios aplicados:

Tabla 6

Cuadro con mediciones actuales y futuras

Medidores			
	ACTUAL	FUTURO	
Tiempo ejecución/kg	3.50	3.50	min
Tiempo de espera total	37.50	6.00	días
Tiempo cambio	30.50	12.50	min

Fuente: Elaboración propia

Descripción de logros:

1. Se eliminó un almacén de llantas.
2. Se disminuyó el tiempo de cambio de harnero con la aplicación de la metodología 5S, pues la limpieza era el principal factor de tiempo en cambio de trabajo.
3. El tiempo requerido para el proceso producción, desde la llegada de la llanta hasta la obtención del producto terminado, disminuyó de 37.5 días a 6 días.
4. Se eliminaron todos los inventarios intermedios. Esto se logró condicionando la operación de las máquinas a que en caso de paro de un recurso se detenga el proceso hasta arrancar en forma conjunta.

Por otro lado, como apoyo a la herramienta VSM, se estandarizaron algunas funciones en la máquina y se implementaron diversas acciones:

1. Se colocaron etiquetas en tableros de control. La figura 49 muestra una fotografía del tablero de control ya etiquetado.

Figura 49. Etiquetas en el tablero de control



Fuente: Elaboración propia

2. Se elaboraron guías rápidas de apoyo. La figura 50 muestra un ejemplo de guía para del proceso de destalonado.

Figura 50. Ejemplo de guía de proceso de destalonado



Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de estandarización, se detectaron problemas en el manejo del gancho o destalonadora. Esta situación provocaba que la llanta se atorara constantemente al querer arrancar el alambre y esto generaba paradas de hasta 40 minutos durante el proceso.

Con la finalidad de eliminar el problema, se propuso hacer un evento *kaizen* que involucrara a todo el personal. En el momento de la propuesta se tenían altos inventarios de producto terminado. Por lo tanto, detener el trabajo en planta un par de días para hacer el evento no afectaba los márgenes de producción.

A continuación se detalla el evento propuesto:

Evento *kaizen*

Fecha: 23 y 24 de enero

Horario: de 9 a 15 horas

Coordinador: Consultor externo

Participantes

- Supervisor de planta
- Destalonador
- Guillotina
- Encostalador
- Triturador
- Auxiliar
- Control de producción

Problema por resolver

Se atora el caucho que entra a la destalonadora cuando la llanta entra a la placa.

Lluvia de ideas

- Mal manejo del operador
- Llantas en malas condiciones
- El gancho tiene movimiento
- Flecha corta
- Problemas eléctricos
- Placa inadecuada

- El gancho no es el correcto

Plan de pruebas

Después de hacer un trabajo en equipo con todos los empleados, se determinó observar y revisar en piso la operación para decidir qué acciones podían solucionar el problema.

Acciones propuestas:

- El gancho hace un movimiento inadecuado; hay que corregir con tornero.
- La placa carece de filo; hay que corregir con tornero.
- El operador aplica una fuerza inadecuada en el proceso. Debería mover paulatinamente la llanta de posición para evitar la incorporación de la llanta en la placa.
- En caso de que se atore la llanta, es necesario cortar el alambre interiormente, y no el caucho, para aflojarla y desatorarla más fácilmente.

Resultado

La corrección del tornero se llevó aproximadamente dos semanas, pero fue totalmente funcional. El cambio en el proceso del operador también generó buenos resultados. Anteriormente, se tenía una métrica de paro de gancho de casi 80 minutos por día. A partir de las acciones implementadas, se redujo a 10 minutos por día. En conclusión, el evento *kaizen* fue exitoso.

Festejo

Una vez resuelto el problema, el evento *kaizen* concluyó, a manera de reforzamiento, con una comida para el personal donde participaron los socios de negocio. Se puede decir que el resultado fue satisfactorio y el desarrollo del evento extraordinario.

4.3 Impacto de la estrategia en la organización

Como resultado, se enlistan los cambios generados a partir de la implementación de las metodologías descritas en este trabajo:

- a) Un cambio en la cultura de trabajo: el personal es consciente de la importancia del orden y la limpieza
- b) Sentido de pertenencia e identidad del trabajador con el negocio
- c) Condiciones adecuadas para el trabajador
- d) Un aumento en la producción del 237%

4.3.1 Alineación con la estrategia general de la organización

Considerando que la finalidad general del negocio es maximizar su rentabilidad, se concluye que el objetivo fijado respecto al aumento de la producción se ha logrado gracias a la metodología aplicada que ha dado como resultado la disminución en paros.

De cualquier manera, es importante mencionar que aún queda trabajo por hacer, pues la producción sigue por debajo de la especificación de proveedor.

Respecto a esto, se sugiere revisar los equipos con el proveedor para analizar los motivos por los que las máquinas no están dando el rendimiento adecuado de acuerdo a los estándares establecidos.

Por otro lado, dentro de este proyecto se presentó la problemática de una caída en las ventas, como se mencionó en el apartado de 3.4.2 de este trabajo, lo cual llegó a generar en ciertos momentos un inventario de hasta 130 toneladas de material. Por lo tanto, los directivos y socios de la empresa esperan lograr una estabilidad en las ventas para los siguientes cuatro

meses. En ese momento se retomará el proyecto con el proveedor para aumentar la producción a los niveles productivos.

Asimismo, se entrenó al personal para que trabaje con base en las herramientas propuestas en este proyecto y a través de las metodologías aplicadas. También se logró formar un equipo de trabajo unido, consciente de las especificaciones de seguridad requeridas y con una cultura de identidad añadida.

CAPÍTULO 5

DISCUSIÓN FINAL

En definitiva, se considera que la intervención ha dado resultados exitosos. El proceso de aprendizaje ha sido en todos los niveles organizacionales, desde los empleados de línea de producción hasta los diferentes accionistas, y ha provocado un cambio en la manera de percibir la cultura del trabajo en empleados que vienen de trabajar en campos agaveros y ahora están enfocados al ramo industrial.

5.1 Consecuencias de la aplicación de la estrategia

La estrategia empleada en el presente trabajo trajo resultados palpables dentro de la producción, un cambio en la forma de visualizar la operación de una planta productiva y el enfoque de seguridad y responsabilidad social de los socios hacia los trabajadores. Se ha generado una cultura de cambio constante y mejora continua.

5.1.1 Aspectos de mejora para intervenciones subsecuentes

Es importante tomar en cuenta que para mantener la filosofía de mejora continua y todo lo que se ha logrado hasta el momento, es necesario establecer un programa de capacitación que involucre las herramientas utilizadas en este proyecto para todo el personal. Mantener esta constancia con nuevos empleados que se sumen a la plantilla es igual de importante. Esta perseverancia dará como resultado una autonomía en cuanto a la metodología *lean manufacturing* y sus diferentes herramientas. Es imprescindible que en el caso de detectar alguna necesidad derivada de un nuevo reporte elaborado se implementen las herramientas aprendidas.

Bibliografía

¿Cómo es un neumático? (s.f.). Obtenido de Tratamiento Neumáticos Usados:

<https://www.tnu.es/w/138/-como-es-un-neumatico-/lang/es>

Borja. (s.f.). *¿Qué es una fábrica visual?* Obtenido de Arrizabalagauriarte Consulting:

<https://arrizabalagauriarte.com/una-fabrica-visual/>

Business Model Canvas. (s.f.). Obtenido de Business Model Toolbox:

<https://bmtoolbox.net/tools/business-model-canvas/>

Campoamor, J. (23 de mayo de 2016). Cementerios de neumáticos: un problema global. *DW*.

Obtenido de dw.com: <http://www.dw.com/es/cementerios-de-neumaticos-un-problema-global/a-19278585>

Capítulo 1 Inicialización VSM. (06 de junio de 2007). [Presentación de Power Point] Archivo en posesión del autor.

Centro Estatal de Acopio de Llantas. (01 de febrero de 2018). Obtenido de iieg.com.mx:

<http://www.iieg.gob.mx/contenido/GeografiaMedioAmbiente/AcopioLlantas.pdf>

Constantini, L. (13 de mayo de 2016). Reutilización o reciclaje de neumáticos, la alternativa legal al vertedero. *El País*. Madrid, España. Obtenido de

https://elpais.com/economia/2016/05/13/actualidad/1463152232_367976.html

Daycy. (s.f.). *La matriz de marco lógico*. Obtenido de Monografias.com:

<https://m.monografias.com/trabajos88/matriz-marco-logico/matriz-marco-logico.shtml>

Esparza Ramos, F. J., De la Riva Alvarado, J. C., Sotelo Villa, J. S., & Figueroa Parra, I. Y. (01 de octubre de 2011). *Factibilidad y plan de manejo de llantas de desecho*. Obtenido de server.cocef.org:

http://server.cocef.org/Final_Reports_B2012/20167/20167_Final_Report_ES.pdf

Espinosa, R. (8 de septiembre de 2016). *Indicadores de gestión: ¿qué es un KPI?* Obtenido de Roberto Espinosa: <https://robertoespinosa.es/2016/09/08/indicadores-de-gestion-que-es-kpi/>

Estandarización de trabajos: qué es, cómo se implementa y sus beneficios. (s.f.). Obtenido de Lean Manufacturing 10: <https://leanmanufacturing10.com/estandarizacion-trabajos-se-implementa-beneficios>

Eventos kaizen. (s.f.). Obtenido de [Ingenieriaindustrialonline.com](http://ingenieriaindustrialonline.com):

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestion-y-control-de-calidad/eventos-kaizen/>

Fundación Vida Sostenible. (Septiembre de 2014). *Revolución en reciclaje de neumáticos*.

Recuperado el 21 de abril de 2018, de vidasostenible.org:

<http://www.vidasostenible.org/informes/revolucion-en-reciclaje-de-neumaticos/>

Góngora, J. (Mayo-junio de 2014). El reciclaje en México. *Comercio Exterior*, 64(3). Recuperado el 21 de abril de 2018, de revistas.bancomext.gob.mx:

http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/757/2/reciclaje_mexico.pdf

Griso, M. (22 de febrero de 2018). *Spaghetti chart o Diagrama Espagueti*. Obtenido de MG

Consultora: <http://www.mg-consultora.com/2018/02/27/spaghetti-chart-o-diagrama-espagueti/>

Íconos VSM. (22 de agosto de 2007). [Documento en PDF]. Archivo en posesión del autor.

Julio. (12 de agosto de 2012). Qué es el reciclaje. *Conciencia Eco*. Madrid, España. Obtenido de

Conciencia Eco: <https://www.concienciaeco.com/2012/08/21/que-es-el-reciclaje/>

La estandarización de procesos, una ventaja competitiva. (14 de agosto de 2017). Obtenido de

El blog de Kyocera: soluciones para digitalizar tu negocio:

<https://smarterworkspaces.kyocera.es/blog/la-estandarizacion-procesos-una-ventaja-competitiva/>

Lean manufacturing. (s.f.). Obtenido de Wikipedia:

https://es.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing

Neumático. (s.f.). Obtenido de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Neum%C3%A1tico>

Pérez, Y. (19 de junio de 2001). 5´S Presentacion 2da S. [Presentación de Power Point]. Archivo en posesión del autor.

Priego Calva, J. (24 de noviembre de 2016). Proposición con punto de acuerdo por el que se

exhorta a las secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales; y la de

Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal; y a las entidades federativas para

informar el avance del reciclaje en neumáticos. *Gaceta del Senado(LXIII / 2PPO-60)*.

Obtenido de Gaceta del Senado:

<http://www.senado.gob.mx/index.php?ver=sp&mn=2&sm=2&id=67753>

Qué es el reciclaje. (s.f.). Obtenido de <http://www.inforeciclaje.com/que-es-reciclaje.php>:

<http://www.inforeciclaje.com/que-es-reciclaje.php>

Reciclaje de llantas: cómo convertir un problema ambiental en productos con valor agregado.

(Julio de 2013). *Tu Interfaz de Negocios*. Obtenido de tuinterfaz.mx:

<https://tuinterfaz.mx/articulos/13/98/reciclaje-de-llantas-como-convertir-un-problema-ambiental-en-productos-con-valor-agregado/>

Rosagel, S. (25 de julio de 2011). México se rezaga en reciclaje de llantas. *Expansión*. Obtenido

de <https://expansion.mx/manufactura/2011/07/25/mexico-se-rezaga-en-reciclaje-de-llantas>

Sánchez, M. (s.f.). Emprende con un centro de reciclaje de llantas. *Entrepreneur*. Obtenido de

<https://www.entrepreneur.com/article/291121>

Universidad Politécnica de Tulancingo. (18 de mayo de 2017). *Milenio*. Obtenido de

milenio.com:

http://www.milenio.com/firmas/universidad_politecnica_de_tulancingo/reciclaje-aluminio-milenio_18_958884161.html

Value stream mapping: qué es, beneficios y cómo realizarlo. (s.f.). Obtenido de Lean

Manufacturing 10: <https://leanmanufacturing10.com/vsm-value-stream-mapping>

Índice de materias

S

5S · 4, 29, 30, 32, 37, 44, 46, 47, 63, 64, 75, 76, 77, 78, 92

A

almacén · 10, 11, 13, 17, 47, 68, 86, 92
Almacén · 17, 18

B

banda · 13, 17
BPM · 32

C

Canvas · 38, 39
caucho · 4, 7, 15, 16, 18, 22, 24, 27, 29, 32, 36, 69, 94, 95
Congelación · 25
Cronograma de trabajo · Véase cronograma

D

desperdicio · 7, 28, 36, 41, 48
desperdicios · 37, 41, 42, 44, 48, 50, 52, 54, 59
destalonadora · 12, 94
diagrama de flujo · 38

E

Empaque · 18
equipo · 7, 18, 30, 32, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 60, 62, 65, 68,
74, 82, 95, 97
espagueti · 38, 64, 72
estrategia metodológica · 41

G

gancho · 12, 17, 74, 94, 95
guillotina · 12, 74

H

Harneado · 18
Herramientas · 38, 43

I

Imprevistos · 65

J

Jidoka · 38, 61

K

Kaizen · 4, 29, 30, 37, 47, 48, 49, 50, 53, 63, 94, 95, 96
KPI · 29, 30, 32, 37, 63, 64

L

lean · 4, 7, 8, 37, 38, 41, 42, 43, 48, 51, 54, 99
Lean manufacturing · 36

M

Matriz de marco lógico · 28
molino · 13, 14, 15, 17, 25, 74, 83

O

Organigrama · 9

P

Pirólisis · 24
problema · 7, 28
producción · 4, 7, 8, 9, 16, 18, 19, 28, 29, 30, 32, 38, 43, 53,
57, 61, 62, 63, 64, 68, 69, 74, 82, 83, 86, 87, 91, 92, 94,
96, 97, 99
Pulverizado · 17, 67, 69, 73
punto de equilibrio · 32

R

reciclado · 1, 4, 7, 8, 9, 16, 20, 22, 24, 26, 27, 31, 35, 36, 43, 69

reciclaje · 4, 19, 20, 23, 24, 25, 27, 35, 36, 69, 100, 101, 102

S

Seiketsu · 37, 46

Seiri · 37

Seiso · 37, 45

Seiton · 37, 44

Shitsuke · 37, 46

T

TPS · 36

Trabajo estandarizado · 38, 57

trituration · 7, 8, 24, 35, 36, 90

Trituración · 24

trituradora · 7, 10, 17, 74

V

Visual Factory · 38

VSM · 29, 30, 38, 53, 54, 55, 56, 57, 63, 64, 87, 88, 89, 90, 92