



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA

**DOCTORADO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA
CON ÉNFASIS EN ANÁLISIS Y MODELACIÓN
DE SISTEMAS**

TESIS

**Metodología LSQ: Integración de Lean Manufacturing, Seis Sigma e Ingeniería
de calidad.**

Estudio de caso: Producción de carrocerías de autobuses.

**Para obtener el grado de
Doctor en Ingeniería**

PRESENTA

Mtro. Asel Juárez Vite

Director

Dr. José Ramón Corona Armenta

Co-director

Dr. Oscar Montaña Arango

Comité tutorial

Dr. Héctor Rivera Gómez

Dr. Joselito Medina Marín

Pachuca, Hgo., México., enero 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Ingeniería y Arquitectura

Department of Engineering and Architecture

Número de control: ICBI-AAIYA/315/2025

Asunto: Autorización de impresión

MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
PRESENTE.

El Comité Tutorial de Tesis del programa educativo de posgrado titulado "Metodología LSQ: Integración de Lean Manufacturing, Seis Sigma e Ingeniería de calidad. Estudio de caso: Producción de carrocerías de autobuses", realizado por el sustentante **Asel Juárez Vite** con número de cuenta 100906 perteneciente al programa de **Doctorado en Ciencias en Ingeniería, con Énfasis en Análisis y Modelación de Sistemas**; una vez que ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado, tiene a bien extender la presente:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Por lo que el sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"
Pachuca, Hidalgo a 07 de febrero de 2025

Dr. José Ramón Corona Armenta
Director

Dr. José Luis Medina Marín
Miembro del comité



Dr. Oscar Montaña Arango
Codirector

Dr. Héctor Rivera Gómez
Miembro del comité



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40031, 40030
aai_icbi@uaeh.edu.mx, mendiola@uaeh.edu.mx

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
GLOSARIO DE TÉRMINOS	3
INDICE DE FIGURAS	4
INDICE DE TABLAS	5
CAPÍTULO 1	6
INTRODUCCIÓN	6
1.1 Planteamiento del problema	6
1.2 Justificación	8
1.3 Objetivos	8
1.4 Viabilidad	9
1.5 Delimitación	10
1.6 Variables	10
1.8 Impacto en la sociedad	14
CAPÍTULO 2	15
MARCO TEÓRICO	15
2.1 Modelado de un sistema integrado	15
2.2 Sistemas integrados a nivel internacional	16
2.3 Sistemas integrados en México	18
2.4 Bases teóricas de estudio	20
2.4.1 Lean manufacturing.	21
2.4.2 Seis Sigma	25
2.4.3 Ingeniería de calidad (Coretools)	34
2.4.4 Investigaciones previas	41
CAPÍTULO 3	48
METODOLOGÍA	48
3.1 Contexto de la investigación	48
3.2 Tipo de estudio	49
3.3 Ensamble de autobuses	50
3.3.1 Ensamble	50
3.3.2 Carrocerías	53
3.3.3 Chasis	56
3.3.4 Ensamble total	59
3.3.5 Proveedores en México.	60

<i>CAPÍTULO 4</i>	<i>64</i>
<i>PROPUESTA DE MODELO</i>	<i>64</i>
4.1 Descripción del modelo.	64
4.2 Metodología	69
4.2.1 Herramientas Lean Manufacturing.	72
4.2.2 Herramientas Seis Sigma.	78
4.2.1 Herramientas Coretools.	84
4.3 Población y muestra. Selección del caso de estudio	84
4.4 Técnicas de investigación utilizada: Estudio de caso.	85
<i>CAPÍTULO 5</i>	<i>87</i>
<i>CASO DE ESTUDIO</i>	<i>87</i>
5.1 Implementación del modelo.	87
5.2 Resultados	109
5.3 Análisis de Resultados	113
<i>CONCLUSIONES</i>	<i>114</i>
<i>INVESTIGACIONES FUTURAS</i>	<i>116</i>
<i>REFERENCIAS</i>	<i>117</i>
<i>ANEXOS</i>	<i>129</i>
Anexo 1 Figura 6 <i>Matriz de requisitos del Modelo LSQ.</i>	129
Anexo 2 Figura 7 Metodología LSQ.	132
Anexo 3 Figura 8 <i>Diagnostico LSQ.</i>	133
Anexo 4 Figura 9 <i>Matriz X de Hoshin kanri.</i>	136
Anexo 5 Figura 14 AMEF de proceso.	138
Anexo 6 Figura 20 <i>Plan de control.</i>	140
Anexo 7 Figura 22 <i>Matriz LSQ</i>	142
Anexo 8 Artículo publicado en el año 2022 Revista PADI	145
Anexo 9 Artículo publicado en el año 2023 Revista International Journal of Industrial Engineering and Management	146
Anexo 10 Artículo publicado en el año 2024 Revista PADI	147
Anexo 11 Artículo publicado en el año 2024 Revista PADI	148

RESUMEN

En este trabajo de investigación, se aborda la propuesta de la metodología LSQ para integrar las metodologías Lean Manufacturing, Seis Sigma y Coretools mediante la matriz de requisitos LSQ, en el sector automotriz, específicamente en una empresa dedicada a ensamblar autobuses urbanos en su área de carrocerías en Ciudad Sahagún, Hidalgo. El objetivo es mejorar la eficiencia y competitividad, resolviendo el problema de aplicar estas metodologías de forma aislada, lo que incrementa costos y duplica esfuerzos. La investigación enfatiza la relevancia de un enfoque de mejora continua para optimizar recursos, eliminar actividades redundantes y mejorar la comunicación interdepartamental.

El modelo LSQ de implementación incluye 5 fases denominadas: Fase 1 Definición del proyecto, Fase 2 Identificación de estrategias, Fase 3 Análisis y medición, Fase 4 Selección de herramientas, zonas de acción y Fase 5 Control seguimiento y mejora. Además de evaluar sus resultados en la productividad organizacional, mediante un estudio de caso promoviendo así prácticas de gestión eficientes que respondan a los requerimientos del cliente y fortifiquen el posicionamiento de la empresa en el mercado, se presentan beneficios económicos derivados de las mejoras implementadas, lo que significa un ahorro económico considerable.

ABSTRACT

This research paper addresses the proposal of the LSQ methodology to integrate the Lean Manufacturing, Six Sigma, and Coretools methodologies through the LSQ requirements matrix, in the automotive sector, specifically in a company dedicated to assembling urban buses in its bodywork area in Ciudad Sahagún, Hidalgo. The objective is to improve efficiency and competitiveness, solving the problem of applying these methodologies in isolation, which increases costs and duplicates efforts. The research emphasizes the relevance of a continuous improvement approach to optimize resources, eliminate redundant activities, and improve interdepartmental communication.

The LSQ implementation model includes 5 phases: Phase 1 Project definition, Phase 2 Identification of strategies, Phase 3 Analysis and measurement, Phase 4 Selection of tools, and action areas, and Phase 5 Control, monitoring, and improvement. In addition to evaluating the results in organizational productivity, through a case study promoting efficient management practices that respond to customer requirements and strengthen the company's position in the market, economic benefits derived from the implemented improvements are presented, which means considerable economic savings.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Termino	Significado
Lean Manufacturing	Estrategia de producción enfocada en elevar el valor para el cliente al eliminar el desperdicio sobre los procesos establecidos por manufactura. Originada en el TPS (Sistema de Producción Toyota), enfatiza la eficiencia y la mejora continua.
Seis Sigma	Metodología de gestión enfocados en la calidad centrada en reducir defectos y variabilidad sobre los procesos mediante un enfoque estructurado y basado en datos, alcanzando niveles de calidad cercanos a la perfección.
Coretools	Conjunto de herramientas de calidad, diseñadas principalmente para el sector automotriz, que apoyan en el diseño, desarrollo, control y validación de productos y procesos. Incluye APQP, FMEA, SPC, MSA y PPAP.
APQP	(Planificación Avanzada de la Calidad del Producto) Proceso de programación direccionados en la calidad para garantizar que un producto cumpla con los requisitos del cliente antes de su entrega.
PPAP	(Proceso de Aprobación de Partes de Producción) Procedimiento que verifica que las labores de fabricación de una pieza cumplan de manera consistente con los requisitos establecidos.
FMEA	(Análisis de Modos y Efectos de Fallo) Técnica que evalúa los riesgo que identifica posibles fallos en un producto o proceso y sus consecuencias.
SPC	(Control Estadístico del Proceso) Herramienta que monitorea y controla la variabilidad de un proceso mediante gráficos de control, asegurando que cumpla con las especificaciones.
MSA	(Análisis de Sistemas de Medición) Método estadístico que evalúa la precisión y confiabilidad de los sistemas de medición sobre el control enfocado en calidad.
DMAIC	Ciclo de mejora sobre los procesos utilizado por Seis Sigma, compuesto por las etapas de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.
Matriz de Requisitos LSQ	Herramienta utilizada para integrar metodologías de Lean Manufacturing, Seis Sigma y Coretools, adaptando sus componentes al contexto y necesidades específicas pertenecientes a la empresa.
SGI	(Sistema de Gestión Integrado) Modelo para gestionar que combina varias normas y procesos de calidad, seguridad y medioambiente en una única estructura.
Mejora Continua	Filosofía de gestión enfocada en optimizar los procesos y productos mediante cambios incrementales y sistemáticos.
Kaizen	Principio japonés enfocada en mejora continua direccionado a realizar pequeñas mejoras que se mantengan a largo plazo.

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Método de integración (Fuente: Guía para la integración de sistemas de gestión)	12
Figura 2. Porcentaje de los valores sigma (Fuente: Devore, 2016)	28
Figura 3. Carrocería de autobús (Fuente: Durán, 2017)	56
Figura 4. Chasis de autobús (Fuente: Durán, 2017)	58
Figura 5. Ensamble total de un autobús	60
Figura 6. Matriz de requisitos del Modelo LSQ (Fuente: Elaboración propia)	68
Figura 7. Metodología LSQ (Fuente: Elaboración propia)	71
Figura 8. Diagnóstico LSQ (Fuente: Elaboración propia)	88
Figura 9. Matriz X de Hoshin kanri (Fuente: Elaboración propia)	90
Figura 10. VSM Estado actual (Fuente: Elaboración propia)	92
Figura 11. VSM Estado futuro (Fuente: Elaboración propia)	95
Figura 12. Carta de proyecto (Fuente: Elaboración propia)	96
Figura 13. Diagrama de Gantt estado futuro (Fuente: Elaboración propia)	97
Figura 14. AMEF de proceso (Fuente: Elaboración propia)	98
Figura 15. Eficiencia establecida en planta (Fuente: Elaboración propia)	100
Figura 16. Matriz de herramientas estadísticas (Fuente: Devore, 2016)	102
Figura 17. Instrucción de trabajo (Fuente: Elaboración propia)	103
Figura 18. Tren Kanban y contenedores de material (Fuente: Empresa en estudio)	104
Figura 19: Etapas de APQP (Fuente: AIAG, 2024)	105
Figura 20: Plan de control (Fuente: Elaboración propia)	107
Figura 21. Retrabajos por día (Fuente: Elaboración propia)	108
Figura 22. <i>Matriz LSQ</i> (Fuente: Elaboración propia)	112

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1: Revisión de la literatura (Fuente: Elaboración propia)	46
Tabla 2: Capacidad y peso del chasis (Fuente: Durán, 2017)	57
Tabla 3: Oportunidades detectadas en carrocerías (Fuente: Elaboración propia)	94
Tabla 4: Análisis de los resultados de la implementación del modelo LSQ (Fuente: Elaboración propia con base en la información de la empresa en estudio)	110
Tabla 5: Beneficios de implementación del modelo LSQ (Fuente: Elaboración propia con base en la información de la empresa en estudio)	110
Tabla 6: Beneficios económicos de implementación del modelo LSQ (Fuente: Elaboración propia con base en la información de la empresa en estudio)	111

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La globalización en la manufactura automotriz se ha extendido por los principales países en el mundo, donde existe una competencia entre las diferentes marcas por la preferencia de los usuarios. Las empresas buscan operar con una productividad que las mantenga solventes, trabajando día a día en sus problemas internos y externos para ser competitivas.

En el sector automotriz de México, el primordial problema que enfrentan las organizaciones es trabajar de una manera conjunta, desarrollar procesos enfocados en mejora continua y cumplir las exigencias del cliente. Existen empresas que operan con Lean Manufacturing y Seis Sigma; metodologías que contribuyen a la mejora continua de sus operaciones; por otro lado, para cumplir con los requerimientos específicos del cliente, refiriendo el diseño y desarrollo de productos, en algunos casos se utiliza la metodología Coretools, dado que es de carácter obligatorio. Actualmente, las organizaciones que emplean estas metodologías reconocen claramente los beneficios que ofrece cada una por su enfoque sistemático. Sin embargo, en ocasiones se ven impactadas sobre los costos, ya que cada metodología se implementa de manera aislada.

Para este estudio, se ha seleccionado el caso sobre una empresa cuyo giro es el ensamble de autobuses urbanos, ubicada en Ciudad Sahagún, Hidalgo. Esta organización, ha logrado mantenerse en el mercado conforme avanza el tiempo, pero presenta debilidades al no trabajar de una manera integrada y metodológica las herramientas de lean manufacturing, seis sigma e ingeniería de calidad (Coretools), lo cual impactaría el progreso y estabilidad del negocio. La complejidad de sus operaciones, así como la falta de conocimiento y experiencia técnica en las metodologías mencionadas, permite observar una estructura organizacional separada y mala comunicación de las áreas, que es un componente fundamental para que se esté originando este problema. Los efectos generados y detectados principalmente son las acciones repetidas y la utilización de mano de obra excesiva. Al realizar la revisión del problema, se observa que las acciones repetidas tienen un mayor peso, lo que se ratifica al ejecutar las metodologías mencionadas en las etapas que les corresponden.

La presente investigación, tiene como objeto solucionar el problema encontrado con la ayuda de la integración de las 3 metodologías denominadas LSQ (Lean Manufacturing, Seis Sigma y Coretools) en una empresa del sector automotriz dedicada al ensamble de autobuses urbanos en Ciudad Sahagún, Hidalgo. Por conducto del LSQ, se podrá operar de una manera integrada y sistemática, generando valor y rendimiento a la organización, con ello, se busca que en un futuro sea utilizado como una herramienta de mejores prácticas de gestión, por los líderes de las diversas áreas en la organización.

De lo expuesto, se generan las siguientes interrogantes:

- ¿Es posible integrar las metodologías Lean Manufacturing, Seis Sigma e ingeniería de calidad (Coretools) en una sola metodología (LSQ)?
- ¿Cuál es la mejor forma de aplicar la metodología propuesta, que permita direccionar adecuadamente los esfuerzos en su implementación?
- ¿Cómo contribuye la metodología y su aplicación al modo de operación de la empresa?

1.2 Justificación

La búsqueda de herramientas enfocadas en mejorar e incrementar la presencia de las empresas en los mercados, permite generar diversas propuestas novedosas para resolver los problemas que se generan en las diversas partes de sus organizaciones. De forma permanente, en los diversos procesos de las empresas, se utilizan metodologías o herramientas que les permiten mejorar (Senge, 2005), y, con ello, abrirse camino en los mercados que compiten, para mantenerse y permanecer en ellos.

Es por esto, que se presenta una metodología para aplicarse sobre los procesos de manufactura de las empresas del sector automotriz. La propuesta, es utilizar una metodología denominada LSQ, que integre 3 metodologías: lean manufacturing, seis sigma e ingeniería de calidad (Coretools). Esta integración se realizará tomando en cuenta una matriz de requisitos, que, en función de su utilidad y funcionamiento, se desglosará e identificar cada componente y subcomponente de cada herramienta integrada para determinar el instante para ser utilizadas. Estas metodologías se han utilizado sobre la empresa en estudio, pero se ha realizado de forma separada, con objetivos y metas aislados, consumiendo tiempo y recursos. La empresa dispone de un procedimiento para estandarizar sus procesos de forma constante, con lo cual, si se demuestra la efectividad usada en la estrategia metodológica LSQ, se utilizará como una herramienta de mejores técnicas practicadas y se implementará en sus distintos procesos a lo largo del tiempo.

1.3 Objetivos

Objetivo general

Diseñar, aplicar y evaluar una propuesta metodológica denominada LSQ, integrada por Lean Manufacturing, Six Sigma y CoreTools, mediante una matriz de requisitos, con la finalidad de cumplir con los criterios técnicos y contribuir con la mejora continua de este sistema enfocados en la producción; para cumplir los requisitos del cliente.

Objetivos específicos

- Verificar la información bibliográfica existente en la literatura de las metodologías.
- Analizar y determinar cómo se integró Lean Manufacturing y Seis Sigma en la empresa.
- Desarrollar el modelo LSQ que integre las metodologías Lean Manufacturing, Seis Sigma y Coretools.
- Evaluar la integración de estas metodologías en el modelo LSQ.
- Valorar el trabajo del modelo LSQ en un caso de estudio
- Analizar los resultados arrojados del modelo LSQ en la productividad pertenecientes a la empresa.

1.4 Viabilidad

La finalidad de efectuar esta investigación es demostrar que las metodologías de Seis sigma y lean manufacturing pueden trabajarse de un modo conjunto con los procedimientos de ingeniería de calidad Coretools, lo anterior debido a resultados logrados por la integración sobre las metodologías lean manufacturing y seis sigma mediante DMAIC. La propuesta utiliza una matriz de requisitos, donde se conjuntan estas metodologías que se les denomina modelo LSQ.

Para esta investigación se dispone del acceso a información sobre una empresa que manufactura carrocerías para autobuses, la cual tiene las condiciones para desarrollar el estudio. Se dispone del área de ingeniería de calidad, que realiza la aplicación de los Coretools, y el departamento de mejora continua, que supervisa la realización de estrategias de operatividad de lean manufacturing y Seis sigma. Estos departamentos serán los medios de indagación de donde se compilarán los datos necesarios y se identificará la problemática a analizar. El costo requerido por

el estudio será absorbido por la empresa, además de que posee el entendimiento necesario para su despliegue y ejecución.

1.5 Delimitación

Este proyecto está concebido para implementarse sobre una empresa perteneciente al ámbito automotriz, dedicada al ensamble de autobuses urbanos, ubicada en Ciudad Sahagún, Hidalgo.

El registro de datos para la investigación estará delimitada al ciclo operativo del año 2022, considerando al departamento de ingeniería de calidad y mejora continua. Se utilizará la matriz LSQ para analizar la integración sobre estas estrategias de trabajo. En la delimitación académica, la investigación cumplirá con lo demandado por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en torno al nivel de investigación y el formato determinado para la exposición de proyectos de tesis; para esto, se sustentará en referencias bibliográficas de diferentes repositorios, estudios que proporcionen conceptos y teorías sobre las metodologías empleadas, y estudios de campo.

1.6 Variables

1.6.1 Integración

El cumulo de las contribuciones teóricas para integrar SG resaltan en las indagaciones de Harbour, Mihaela, Majstorovi y Marinkovi. Harbour (2009) planteó un enfoque para integrar SG, versado en su investigación “Integrated performance management: a conceptual, system-based model”, sobre el que trata un modelo para gestionar y optimizar el desempeño empresarial mediante la integración sobre elementos esenciales de manera integral en la compañía.

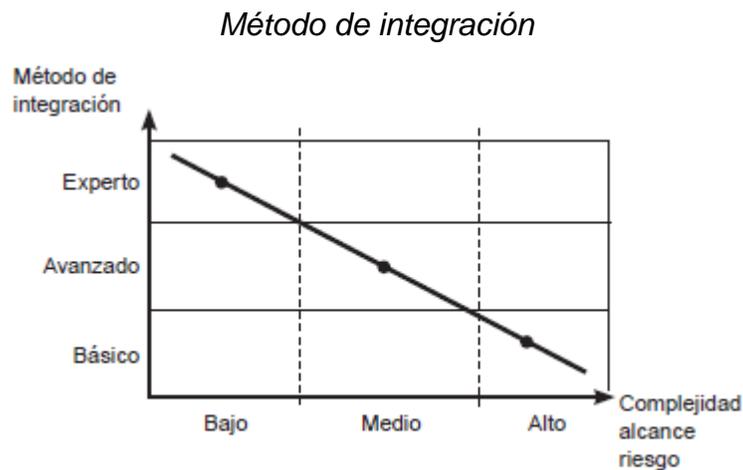
Pese a que, entidades internacionales como: ISO, British Standards Institution (BSI shop, 2021), la Asociación de Normalización Francesa (AFNOR) y la Asociación de Normalización y Certificación Española (AENOR), refieren “integración” a manera

de unificación sobre SG, principalmente de las instituciones certificadoras, que son manuales o guías de integración sobre SG. Estos organismos han tratado el tema destacando la gestión integrada de estos sistemas de calidad, seguridad y salud ocupacional y gestiones ambientales. Sin embargo, se encuentran contribuciones teóricas como las realizadas por Turof Mihaela, Vidosav D. Majstorovi y Valentina Marinkovi (2011) acerca de integración sobre SG. Dentro del enfoque del management, Henry Mitzberg (2003), los ha estudiado tomándolos como mecanismos de coordinación. En resumen, la integración sobre Modelos y Normas de Calidad, aplicados a diferentes departamentos del DO (desarrollo organizacional), se entiende como (SIG) Sistemas Integrados de Gestión.

Continuando con el sentido internacional, la avanzada relacionada a la integración de SG ha demostrado viabilidad en la divulgación de sucesos internacionales, un ejemplo de ello es España y Malasia. Adentrándonos en las publicaciones generadas en naciones como Malasia se ubica la indagación de Arifin, Awang, Aiyub y Jahi (2009), adscritos a la institución universitaria de malayaa Kebangsaan. Su investigación "Implementation of integrated management systems in Malaysia: the level of organization's understanding and awareness" exhibe los descubrimientos de un estudio en 51 empresas malayas que lograron implementar la integración sobre sus sistemas de gestión ambiental, calidad y seguridad y salud en las empresas. Esta investigación concluye que integrar modelos de gestión depende de 3 factores clave: sistemas de documentación unificado y sencillo, la responsabilidad directiva y la correspondencia del nivel de desarrollo de los sistemas y su nivel de integración. Además, la ISO y sus organizaciones equivalentes, como AFNOR y AENOR, sostienen que la secuencia de planear-hacer-verificar-actuar es el marco fundamental hacia la integración sobre los SG. Además, describen metodologías no solo para integrar los SGC con los relacionados a la salud laboral y gestión ambiental, además de combinar diferentes enfoques de gestión, como se detalla en las publicaciones de BSI Shop (2021). denominada: Specification of common management system requirements as a framework for integration y la estrategia orientada en integración sobre SG.

Agregado a lo preliminar, la AENOR presenta 3 métodos a fin de integrar sistemas: básico, avanzado y experto, dónde el enfoque básico está destinado a organizaciones con bajo nivel de madurez, donde es posible generar la integración los SG mediante de la unión de políticas, documentación, responsabilidades, funciones y procesos. Así mismo, el procedimiento avanzado está orientado a organizaciones con experiencia sobre la gestión fundada en procesos, permitiendo la integración mediante la unificación de un mapa de procesos y la consolidación de estos sistemas de revisión y mejora. (Cubero, 1997). Finalmente, el procedimiento experto se emplea en organizaciones con amplia experiencia sobre la gestión fundamentada en procesos, donde la integración sobre los SG se ejecutarán mediante la alineación sobre los procesos con el plan organizacional, lo expuesto anteriormente se visualiza en la Figura 1.

Figura 1



(extraído de "Guía para la integración de sistemas de gestión", AENOR Norma No. 66177, junio de 2005).

Retornando al punto anterior, el ciclo usado por Deming con la intención de la integración sobre SG sugiere 3 fases: 1) Elaboración de un plan para la integración, 2) Implementación del plan y revisión y 3) Mejora sobre el SIG (Deming, 1989). La primera fase determina los beneficios anticipados de la unificación de estos SG, el estudio del contexto, la elección de la magnitud de integración, la formación del

procedimiento de integración y el respaldo del alto mando directivo. (Majstorović y Marinković, 2011).

Otra importante aportación la realizó Mihaela (2011), donde su metodología muestra tres modalidades de integración: 1) La adición, 2) La fusión, finalmente 3) La integración. La incorporación ocurre cuando ya se dispone del SG (sistema de gestión) implementado (comúnmente el SGC), en cuyo caso se completan otros procesos precisos para el actual sistema a efectuar. La fusión, es cuando existen dos o más SG autónomos de estos sistemas operacionales pertenecientes a la corporación, que se agrupan en un modo único que incluye todas las obligaciones al conjunto de las normatividades pertinentes. Finalmente, la integración, que pertenece a cuando hay una implementación sobre el SG realizado en la compañía y se despliega un SGI (sistema de gestión integrado) que consuma varias normas. Además, advierte que no hay que confundir la alineación de SG (sistemas de gestión) con su integración, ya que la alineación se considera un método para implementar sistemas paralelos que comparten puntos de referencia comunes.

1.6.2 Eficiencia

Diversos especialistas en el tema han contribuido a esta idea, definiendo la eficiencia como el uso efectivo de recursos o personas para alcanzar un objetivo específico. Sumado a lo anterior, Fernández y Sánchez (1997) la denominan como: expresión que evalúa la capacidad o habilidad de un procedimiento o entidad económica para obtener un objetivo específico, utilizando la mínima cantidad posible de recursos. Samuelson y Nordhaus (2002) señalan que el término eficiencia hace referencia al uso óptimo sobre los recursos de la sociedad para satisfacer de la mejor manera posible las necesidades y deseos de los individuos. Profundizando en el concepto, Cegarra (2015) añade que la concepción de eficiencia requiere establecer de alguna manera, es la correspondencia entre los insumos empleados y los efectos obtenidos en un ciclo de tiempo específico. Kotler (1995) integra el factor coste. En opinión de Estrada y Arias, (2007), la eficiencia

describe la relación efectiva entre usar ciertos medios, evaluados concernientes a costos, y los efectos emanados por las organizaciones. Finalmente, Thompson. (2008) precisa la eficiencia como la disposición de la competencia o habilidad de un método o agente económico para obtener objetivos específicos, reduciendo al mínimo la manipulación de recursos.

1.8 Impacto en la sociedad

Los sistemas integrados se han convertido en una herramienta administrativa empleada por muchas organizaciones, para mejorar sus resultados a nivel interno y externo. Las metodologías lean manufacturing, Seis sigma y Coretools, han generado cambios organizacionales profundos, siendo guías en la mejora continua sobre los procesos para conseguir la satisfacción plena de los interesados respecto a lo esperado de ellas. Estas herramientas enfocadas en mejora continua han permitido que el recurso humano, tanto operativo como administrativo, obtengan un crecimiento en el conocimiento, que los impulsa a buscar nuevas posiciones en la jerarquía organizacional perteneciente a la compañía. Entre las ventajas de entender y usar la ideología de lean manufacturing es la depuración de aquello que no crea valor y permite la productividad en las tareas demandadas al personal; así mismo, la consecuencia de estrategias enfocadas en mejora continua utilizadas por las organizaciones dentro del proceso productivo, juegan un rol crucial en la comodidad y satisfacción de los operadores, quienes son la base fundamental para alcanzar metas así como objetivos estratégicos enfocados en el crecimiento y la expansión sobre la empresa, centrándose en el cuidado fomentando el bienestar y crecimiento de los operadores como socios clave del proceso. Asimismo, los procedimientos de mejora facilitan la instauración de conexiones entre personas de distintas áreas sobre la empresa, permitiendo comprender el funcionamiento y la complejidad de otros procesos. Los integrantes en equipos de mejora suelen establecer relaciones positivas con sus compañeros y amplían su visión global sobre la compañía en su totalidad.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Modelado de un sistema integrado

El establecimiento del sistema integrado deberá seguir una cadena de pasos previamente determinados y planificados. Partirá de una fase analítica que permita conseguir un conocimiento lo más profundo viable sobre la empresa que servirá, de su contexto tanto interno como externo, de manera similar que las maniobras de labores que sobre ella se efectúan. Como resultado, la integración implica realizar una combinación sobre la que el cumulo de las prácticas de gestión al interior se unifican dentro del sistema, debido a lo cual sus componentes no se encuentren separados, sino acoplados para constituir una porción integral de este modelo para gestionar enfocado sobre la empresa. Así, Beckmerhagen (2003), considera la integración tal como: el medio de fusionar distintos SG específicos en un único SGI y más efectivo. Así mismo, Karapetrovic y Willborn (1998) como Karapetrovic (2003), describen el SGI es una aglomeración de procesos interrelacionados que comparten recursos comunes (humanos, infraestructura, materiales, financieros y de información) con el pretexto de alcanzar objetivos orientados a satisfacer a diversas agrupaciones de interés. En consecuencia, un SGI queda, distinguido por el detrimento de los rasgos de los subsistemas. Para Pojasek (2006), un SGI, agrupa diferentes SG por conducto de un tratamiento orientado en los empleados,

una perspectiva basada sobre los procesos, al igual que una visión sistémica, lo que aprueba unificar el cumulo de las prácticas de gestión normalizadas en un único sistema. Algunos autores como Wilkinson y Dale (2002) y Bobrek y Sokovic (2005), afirman que se evidencia una clara tendencia hacia la práctica de una óptica sistémica para efectuar la integración, sobre los argumentos del sistema integrado se organizan con miras a alcanzar los efectos esperados. En esta perspectiva, los procesos son apreciados como las unidades que asisten la evolución de insumos sobre productos finales, permitiendo así obtener los efectos sobre sistema. De igual modo, los parámetros instaurados en la normatividad UNE 66177:2005 —Guía para la integración sobre los SG, Evidencia que la incorporación se encuentra establecida por la condición de madurez sobre la gestión mediante procesos, y adentrándonos en la sección 5.3.1, se estima la gestión mediante procesos refiriendo el procedimiento más efectivo para integrar los SG.

2.2 Sistemas integrados a nivel internacional

Refiriéndonos al contexto internacional, se han formulado diversas investigaciones enfocadas a la integración enfocada en las herramientas Lean manufacturing, Seis sigma e ingeniería de calidad (Coretools). Cherrafi et al. (2016), realizaron una investigación basada en un posible modelo de integración de tres SG: lean manufacturing, sostenibilidad y Six Sigma, identificando brechas en las fuentes existentes, sugiriendo oportunidades que deberían ser abordadas por estudios futuros. Así mismo, Kaswan y Rathi (2019) abordan que, las regulaciones ambientales han obligado a las empresas a diseñar formas que sigan siendo sostenibles y, simultáneamente, cumplan con las perspectivas de los clientes, proponiendo el modelo integrado Green Lean Six Sigma (GLS) con un enfoque inclusivo, que reduce las variaciones y desperdicios sobre el sistema y simultáneamente disminuye el impacto antrópico negativo, trata de la identificación y el modelado de habilitadores de GLS, además, utilizan una matriz de impacto, utilizada para clasificar los habilitadores para un mejor discernimiento y facilitando a las industrias su implementación. Sagnak y Kazancoglu (2016) desarrollaron una

investigación relacionada con integrar el enfoque ecológico con Six Sigma y lean manufacturing, direccionada hacia la irradiación de gases de combustión, utilizando el análisis MSA (Sistema de medición) y controlar al mismo como metodología para mensurar las variaciones del proceso, cuyo objetivo fue disminuir los impactos ecológicos desfavorables sobre productos o servicios elaborados en las empresas, paralelamente a que se mejora la eficiencia ambiental. Talapatra y Gaine (2019) formularon un estudio de caso sustentado en Lean Six Sigma, que presto atención en consideraciones ambientales para eliminar el desperdicio y mejorar el desempeño de la industria, sin producir mucho impacto antrópico, manejando programas de mejora paso a paso, análisis de insumos y usos de los recursos energéticos de cara a disminuir la variación del proceso, la manipulación energía y la emisión que incluye dióxido de carbono. Por otro lado, la integración sobre la sostenibilidad con Lean Six Sigma genero interés entre los investigadores y profesionales para eficientar el rendimiento sostenible, Parmar y Desai (2020) proponen, identificar y evaluar los facilitadores de sostenibilidad de Lean Six Sigma, distinguiendo mediante el enfoque combinado de revisar la literatura y opiniones de expertos, que el compromiso y el involucramiento que ejecuta la dirección son los más reveladores, seguido de la formación sobre la corporación para implementar el SGI, los hallazgos son correlacionados sobre las industrias de manufactura para comprender las relaciones mutuas entre los habilitadores.

Refiriéndonos al sector concerniente con la salud, Hultman et al. (2016) desarrollaron una indagación en microcirugía de cara a mejorar la productividad quirúrgica, utilizando la planificación de rutas críticas, estudiar el flujo de operaciones, la fabricación ajustada, la mejora continua enfocado en la calidad al igual que la disminución de defectos a la reconstrucción microquirúrgica, con miras a reducir el tiempo preoperatorio hasta el corte y el tiempo total de la cirugía, por medio del descenso de la variabilidad y la mejora direccionada sobre la efectividad, de cara a acortar el tiempo de operación.

Así mismo, en la división afín con la construcción, Lee et al. (2019) utilizando la herramienta de AMEF mediante la ingeniera de calidad (Coretools) y la ponderación

de Seis sigma, identificaron los componentes que pueden causar retrasos en el entorno de proyectos direccionados a edificios altos y analizaron las prioridades para administrar dichos retrasos, para planificar la elaboración de las estructuras de estos edificios.

En último término, los servicios, se han analizado en la integración sobre las técnicas de estas metodologías, por ejemplo, Altuntas y Kansu (2019) diseñaron un modelo con una orientación innovadora e integrada sustentada en SERVQUAL, QFD y FMEA, en vista de mejorar la calidad orientada al servicio. Para lo previo, se manejó la escala SERVQUAL para cuantificar la calidad orientada al servicio, QFD para el diseño del servicio y FMEA para prevenir posibles anomalías durante la asistencia del servicio proporcionado.

2.3 Sistemas integrados en México

A primera vista, hablar de sistemas nos hace recordar un mal enfoque que ha permanecido en el ambiente empresarial, lo anterior porque en el auge de las certificaciones de ISO, se ve muy relacionada la palabra con los SC, cuando un sistema puede abarcar mucho más. Por ejemplo, la integración sobre los sistemas ambientales o analógicamente los sistemas relacionados con la seguridad en el ambiente laboral. Así mismo, Chacón y Rugel (2018) realizan estudios de las teorías relacionadas con la calidad, destacando su evolución dirigida a modelos centrados en la mejora continua y su convergencia en SGC. En este contexto, abordan el efecto de la certificación de calidad en diversas compañías e instituciones fabricantes de productos, así como servicios, destacando su papel como un factor que añade valor y contribuye a elevar el grado de satisfacción de los clientes o usuarios finales. Con relación a la integración de SGC y Ambiental, Alzate, Ramírez y Bedoya (2019) proponen un modelo dirigido a las empresas del ámbito metalmecánico, específicamente en una siderúrgica, adoptando una óptica basada en procesos. El modelo comienza con un diagnóstico que les permite desarrollar una estructura integrada en dos etapas para su implementación. Este enfoque

incluye tanto los procesos como las actividades necesarias para cumplir con las especificaciones normativas y asegurar la eficacia y eficiencia del sistema.

Ramos et al. (2020) sugieren conocer los conceptos aplicados por las corporaciones en México, es fundamental definir los niveles de integración de una empresa para poder implementar acciones y aprovechar los beneficios que esto brinda a las empresas. Además, se evaluó el impacto de la gestión integral en el desarrollo económico direccionado a las pequeñas y medianas empresas en México. Usaron una metodología orientada sobre la investigación, utilizando un enfoque mixto de nivel correlacional y considerando variables como la gestión integral y el desarrollo económico, se analizó la información proporcionada por medio del Instituto Nacional de Estadística y Geografía entre 2009 y 2015. Se evidenció que las corporaciones que implementan una gestión integral obtienen ventajas competitivas y mejoran su desempeño en diversos aspectos. En este punto de la integración, se analiza la percepción sobre la magnitud de riesgo al que están expuestos los miembros de los laboratorios de investigación relacionados con la salud, implementando un SGC conforme a las Normas ISO 9001:2015, ISO 9001:2008 e ISO 15189:2012. En este sentido, se identificó la exigencia de establecer un Sistema Integrado de Calidad (SIC), incorporando la norma ISO 45001:2018, enfocada en la Seguridad y Salud sobre los centros Trabajo, junto con las normas de calidad previamente implementadas, ISO 9001:2015 e ISO 15189:2012. El objetivo es reducir, gestionar y mantener los riesgos en niveles aceptables, protegiendo tanto a los pacientes como al personal de la empresa. Al confirmar que la integración es un componente importante en el desarrollo de sistemas en la rama de manufactura, tal como la siderúrgica, automotriz, ferroviaria, farmacéutica, etc.

El sector de los servicios igualmente tiene participación. Navarro y Delgado (2020) desarrollaron una investigación en la dirección financiera municipal, destacando que, como esencia, la investigación se llevó a cabo con un diseño descriptivo y una revisión sistemática, centrandó su análisis en estudios originales primarios para sintetizar la información científica disponible. En este contexto, se observó que el 70% de los estudios indican que los sistemas relacionados con las finanzas tienen

una repercusión en la sostenibilidad, especialmente durante la crisis económica, ya que requieren políticas, condiciones y consecuencias que afectan al público. Asimismo, se insta a que el sistema de finanzas ejerza un impacto social que varía según el país. El 70% de los estudios concluye que un sistema individual no es suficiente, ya que depende de la responsabilidad, las aptitudes y el comportamiento que presentan las personas para su correcto funcionamiento, y debe estar integrado con todos los elementos del Estado. Se puede atribuir al control administrativo y financiero la responsabilidad de garantizar competencias integrales en la utilización y disposición de los caudales públicos, asegurando su uso eficiente y eficaz.

Felizzola y Luna (2014) señalaron que la integración es un componente crucial, basándose en estudios realizados en pequeñas y medianas empresas. Propusieron una metodología para adoptar una perspectiva integrada, utilizando Lean Six Sigma (LSS) y adaptándola a las necesidades y peculiaridades de las PYMES. El diseño enfocado en esta metodología se constituye de cuatro etapas: la primera establece los factores clave que deben prepararse para implementar LSS; la segunda se enfoca en identificar oportunidades de mejora y definir un portafolio de proyectos; la tercera aborda la ejecución de los proyectos priorizados; y, finalmente, la cuarta fase radica en evaluar los resultados obtenidos.

2.4 Bases teóricas de estudio

De las principales premisas que se manejan en el contexto de la investigación es la integración de 3 metodologías que ya se manejan en algunas organizaciones, presentando resultados probados, pero con la característica de trabajar por separado. Por lo expuesto previamente se definen y explican dentro de este apartado cada elemento de ellas.

2.4.1 Lean manufacturing.

Lean, también distinguido como Lean Production o Lean Manufacturing, se originó en el entorno de la elaboración de bienes. Sus raíces provienen de las enseñanzas y principios del TQM (Total Quality Management) así como JIT (Just in Time) (Shah y Ward, 2007). Toyota, inicialmente, estudió a profundidad la filosofía de Ford y desarrolló la concepción y las herramientas pertenecientes al Toyota Production System (TPS). Estos principios fueron clave al final de la Segunda Guerra Mundial, donde surgió la exigencia de fabricar mínimos lotes de una amplia gama de productos, lo que dio lugar al TPS (Liker, 2004). El término "Lean" fue acuñado en Occidente por James Womack, quien, junto con Daniel Jones, lo introdujo en sus libros, siendo mencionado por primera vez en *The Machine That Changed The World* (Womack, Jones y Roos, 1990) y en su continuación *Lean Thinking* de 1996. Lo previo se realizó porque la empresa Toyota no permitía que sus métodos fueran expuestos al exterior, y entonces nace el término lean, representando al TPS. Este sistema de producción de Toyota es el punto de referencia mundial en organización de fabricación y se copia en el mundo entero bajo la etiqueta Lean Manufacturing (Roser, 2017).

Lean Manufacturing, reconocido en Occidente como el sistema Just in Time, también se conoce como Manufactura de Clase Mundial y Sistema de Producción Toyota. Se define como un enfoque continuo y sistemático orientado a identificar y eliminar desperdicios o actividades innecesarias. Es considerado como desperdicio cualquier acción que no agregue valor al proceso, pero que incrementa los costos y el esfuerzo. Esta eliminación metódica se logra mediante el trabajo de equipos operativos bien organizados y capacitados. (Socconini, 2008). Para Womack y Jones (2016), en su obra *Lean Thinking*, describen Lean como "un enfoque para identificar el valor, generar dicho valor por toda la línea de fabricación mediante actividades realizadas en el orden óptimo, ejecutar estas acciones de forma continua cuando sean requeridas y llevarlas a cabo con una eficiencia creciente". Analógicamente, lean brinda la posibilidad de la búsqueda constante de acrecentamiento de valor al cliente y disminuir del costo, por ende, solo considerarlo

posibilita crear los argumentos para facilitar el cambio organizacional y la mejor manera de operar lo desconocido (Bortolotti, Boscari y Danese, 2014), (Sanjay, 2012). Simultáneamente, no siempre es innegable que la tecnología consiga o deba solucionar todos los problemas humanos. La exigencia de no transformarse en un tecnosolucionista, por defecto es importante. Igualmente, que se cuestiona el status quo y se buscan mejoras de 10 veces en lugar del 10%, las mejoras incrementales pueden dar como resultado que se examinen los problemas existentes desde hace ya mucho tiempo de formas muy diferentes (Chang, 2018). Con todo y lo anterior, desde el año 2000, Lean ha evolucionado a un componente estratégico clave para las empresas, extendiéndose más allá de la manufactura e incorporándose al sector de los servicios. En tiempos recientes, Lean ha sido adoptado por una amplia gama de empresas de servicios, siendo la industria de salubridad participe de las pioneras en la ejecución de estas estrategias, con resultados exitosos (Macinnes, 2009). James Womack y Daniel Jones son los principales referentes en la conceptualización de Lean, y en sus libros presentan cinco principios fundamentales: 1) Definir el valor e identificar el flujo de valor de cada producto, 2) Eliminar los pasos innecesarios (desperdicio o muda) en cada flujo de valor, 3) Asegurar que el valor fluya, lo que implica rediseñar el trabajo en toda la empresa, 4) Asegurar que todas las actividades estén orientadas por el cliente, y 5) Buscar la perfección. En Lean Thinking (Womack y Jones, 2005) y otros trabajos (Womack y Jones, 2003), los autores explican detalladamente estos cinco principios:

1. Especificar el valor. El valor únicamente puede ser determinado por el consumidor final y adquiere relevancia únicamente cuando se relaciona con un producto específico, ya sea un bien, un servicio o una combinación de ambos, que cubra las necesidades del cliente a un precio específico en un momento determinado. Aunque es el productor quien genera dicho valor, a menudo le resulta desafiante definirlo con exactitud.

Según los literatos, la razón de lo expuesto es que "el pensamiento Lean debe iniciarse con un esfuerzo consciente para definir el valor de carácter preciso, con respecto a los productos específicos que cuenten con características concretas,

y que se oferten a precios establecidos por conducto de un diálogo con consumidores particulares". En Lean, el valor se percibe como toda acción o proceso por el cual el cliente esté dispuesto a pagar, siendo este concepto evaluado siempre desde la perspectiva del cliente.

2. Identificar el flujo de valor. El flujo de valor se describe como el cúmulo de las acciones solicitadas para entregar un producto particular (ya sea un bien, un servicio o ambos) mediante tres tareas clave de gestión en cualquier empresa: la solución de problemas incluye todo el proceso, desde la creación del producto hasta su diseño, ingeniería y puesta en producción. La gestión de la información cubre desde la recepción del pedido hasta su entrega, a través de una planificación detallada. La transformación física va desde la manipulación de la materia prima hasta la entrega del producto final al cliente. El segundo paso en el enfoque Lean implica mapear el flujo completo de valor para cada producto o, en algunos casos, para cada familia de productos, una práctica que pocas organizaciones han adoptado. Sin embargo, este proceso casi siempre expone la existencia de múltiples cantidades de desperdicio (MUDA) sorprendentes.

3. Flujo. Conseguir que las etapas que generan valor fluyan es un avance significativo, pero exige una reestructuración total de la comprensión. La propuesta Lean implica rediseñar las operaciones de funciones, áreas y empresas para que contribuyan de manera efectiva a la generación de valor, enfocándose en las necesidades reales de los empleados en cada etapa del flujo deben sentirse incentivados para contribuir al mantenimiento y mejora del flujo de valor.

4. Pull (Atracción). Al establecer un flujo de valor idóneo, es posible diseñar, programar y producir exactamente lo que el consumidor desea en el momento preciso. Esto simboliza que "podemos dejar de depender de las previsiones de ventas y fabricar únicamente lo que los clientes realmente indican que necesitan". En otras palabras, el cliente puede "atraer" (pull) el producto según sus necesidades, en vez de que las corporaciones "empujen" (push) productos no deseados hacia el consumidor.

5. Perfección. Cuando las organizaciones comienzan a definir el valor de carácter preciso, identificar todo el flujo de valor, asegurar que las etapas generadoras de valor para productos específicos fluyan de forma constante y permiten que los consumidores "atraigan" (pull) el valor hacia la compañía, se presenta un fenómeno interesante: el quinto y último principio de Lean, la perfección, deja de parecer un objetivo.

En general, existe un amplio consenso en el ámbito industrial que la manufactura esbelta es el camino correcto seguido para optimizar la fabricación, sin embargo, muchas empresas tienen problemas para andar por ese camino, a menudo exigen demasiado en muy poco tiempo. La manufactura esbelta no es fácil, pero si se hace con éxito, realmente puede marcar la diferencia. Funcionó muy bien para Toyota, funcionó bien para Honda, le dio la vuelta a Trumpf y salvó a Porsche de la bancarrota. La manufactura esbelta también funciona para empresas fuera de la industria automotriz (Pérez, Flores y Luján 2015). Si bien, en muchas empresas, Lean es simplemente una selección de herramientas y palabras de moda, sin la mentalidad subyacente y la atención a los detalles necesarios para que realmente funcione (Roser, 2017).

Se puede señalar en forma concisa la degradación en la manipulación de "lean", el término, y también "lean", el concepto. Cada vez más, los ejecutivos de las industrias —también la prensa general y empresarial— se refieren a Lean en términos de la disminución de personal. Eso es una herejía para los concedores del Lean y para la mayoría de las organizaciones que optan por implementar el enfoque Lean, que se esfuerzan por hacer entender que presentar Lean de esa manera seguramente generará resistencia en las fuerzas laborales, cuya participación activa es crucial (Sarria, Fonseca y Bocanegra, 2017). Con relación a los conceptos Lean, se han corrompido severamente, dejando lo esencial, en algunas empresas, difícil de encontrar entre todos los complementos. Otro rasgo a considerar es, cuando se ha estado gravitando hacia el "flow" como un digno sustituto de "Lean". Tiene sentido: fluir es un verbo, una palabra de acción; es la agenda, lo que las industrias quieren que suceda: queremos que los bienes, los

materiales y la información fluyan sin obstáculos, de proceso a proceso a proceso. Los productores japoneses estaban separando a sus competidores occidentales mediante la ejecución de iniciativas de mejora notablemente eficaces. Inicialmente, estos se conocían comúnmente como producción justo a tiempo con control de calidad total (JIT / TQC) o como el sistema de producción de Toyota (TPS) (Schonberger, 2018). De manera similar, Kindler (2007) sostiene que la implementación de Lean es un proceso constante, orientado por una visión y un objetivo a largo plazo, donde algunas organizaciones aprenden mientras lo aplican. Asimismo, se utilizan herramientas Lean en las diferentes etapas, implementando métodos tanto a nivel interno de los departamentos como entre ellos, para identificar de manera más efectiva las oportunidades de mejora (Carrillo, Alvis, Mendoza y Cohen, 2019). En términos generales, puede afirmarse que en la industria existe un consenso respecto a que el TPS (Sistema de Producción de Toyota), conocido también como Lean, representa un enfoque eficaz para optimizar el desempeño. Desafortunadamente, muchos intentaron implementar en seis meses lo que Toyota necesitó 50 años para lograr, y la mayoría todavía están luchando con el concepto hoy, 20 años después.

2.4.2 Seis Sigma

A mediados de los años 80, la empresa norteamericana de telecomunicaciones Motorola, creada en 1928, fue amenazada por competidores japoneses que compraron una empresa de fabricación de televisiones que pertenecía a Motorola. Meses después, la gerencia japonesa incorporó cambios con los que producían televisiones con un número de defectos 20 veces menos que los que dicha empresa tuvo bajo la administración de Motorola. Por lo tanto, debido a esta amenaza, en 1986, un ingeniero de Motorola, Mikel Harry, influenciado por Deming, inventó un nuevo esquema para trabajar la calidad, que recibió el nombre de Seis Sigma. Mikel Harry empezó a estudiar la reducción en la variación de los procesos para mejorarlos, a esta variabilidad se le identifica como desviación estándar (en torno a de la media), la cual se denota por la letra griega llamada sigma (σ). Con el apoyo

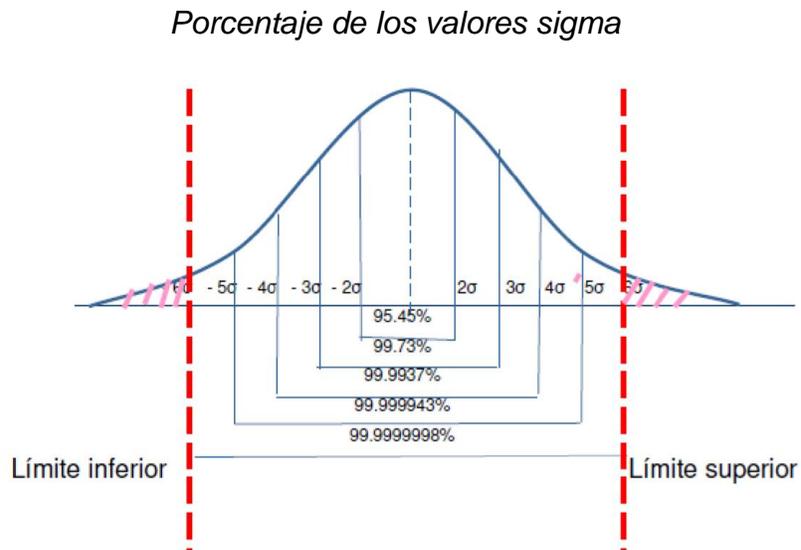
del presidente de Motorola Bob Galvin, se hizo hincapié en el análisis de la variación, pero también en la mejora continua; así, esta herramienta tenía una fuerte base estadística y aspiraba a alcanzar niveles de calidad en los procesos y en los productos de la organización próximos a los cero defectos. Seis Sigma es una metodología sistemática para reducir errores, con el mínimo número posible de defectos, bajos costes y la máxima satisfacción del cliente, concentrándose en la mejora de los procesos, el trabajo en equipo y con una gran implicación por parte de la dirección (Deshmukh y Chavan 2012). Así mismo, la metodología Seis Sigma está basada en la recolección de datos para su posterior análisis, donde las decisiones se toman siempre en base a datos. Su objetivo es reducir los defectos en los procesos, reduciendo los costes y la variabilidad (George, 2004). Al mismo tiempo, Yilmaz y Chatterjee (2000) aseguran que estos retos incluyen lo virtualmente instantáneo, la disponibilidad de información de clientes, la eficiencia de los mercados, la presión a la baja en los precios y el incremento de los márgenes de beneficio.

Seis Sigma es una herramienta diseñada para medir y mejorar la calidad. Se describe como una metodología basada en datos que busca alcanzar una calidad casi perfecta, lograda mediante un análisis exhaustivo de los procesos productivos. Seis Sigma abarca diseño, comunicación, formación, producción, gestión, entre otros aspectos. Para implementar esta metodología, se requieren principalmente dos cosas: tiempo y compromiso. También conlleva una inversión económica que, en poco tiempo, se traduce en ahorros de costos para la compañía y mejoras sobre los procesos internos (Navarro, Gisbert y Pérez, 2017). La implementación de este enfoque permitió que, en 1988, la empresa obtuviera el prestigioso premio Malcolm Baldrige a la excelencia en calidad, tan solo dos años después de iniciar este esfuerzo, posicionándose como líder en calidad. Un componente clave de su estrategia fue el "Programa Seis Sigma", desarrollado y liderado por Bill Smith con el respaldo de Bob Galvin. Este programa tenía como meta reducir la variabilidad sobre los procesos, logrando un promedio de 3.4 defectos por millón de oportunidades, acercándose a la perfección. La iniciativa llegó a Lawrence Bossidy, quien en 1991 asumió el liderazgo de Allied Signal, transformándola de una

empresa con dificultades a una historia de éxito, con un incremento exponencial en sus ventas y ganancias. Este modelo fue adoptado por Texas Instruments con resultados igualmente exitosos. En 1995, Jack Welch, CEO de General Electric (GE), conoció esta estrategia por conducto de Lawrence Bossidy, lo que desencadenó la mayor transformación en la historia de la organización. El término Seis Sigma se utiliza para describir un proceso industrial de alta calidad, caracterizado por una variabilidad extremadamente baja en comparación con los límites de tolerancia específicos para cada producto o servicio (Yilmaz y Chatterjee, 2000). Gutiérrez y de la Vara (2009) señalan que Seis Sigma es una estrategia enfocada en la mejora continua, cuyo propósito principal es identificar las causas raíz de errores, defectos y retrasos sobre los procesos empresariales, alineándolos con los parámetros críticos para el cliente. Esta estrategia se fundamenta en métodos estadísticos rigurosos y utiliza herramientas de calidad y análisis matemático, tanto para el diseño como para la mejora de productos y procesos existentes. De igual forma, Seis Sigma se considera un enfoque operativo y una táctica empresarial centrada en el cliente, respaldada por el manejo adecuado de datos, diseños sólidos y metodologías que eliminan la inestabilidad de los procesos, alcanzando un nivel de calidad con 3.4 defectos por millón o menos. Según Rojas y Pérez (2019), la variación es uno de los principales aspectos abordados por esta metodología. Además, Seis Sigma busca optimizar los procesos reduciendo la variabilidad, lo que permite minimizar o eliminar defectos y errores. Entre sus principios destaca el uso de herramientas estadísticas y el análisis de datos, facilitando la identificación de áreas de mejora. Otro punto es, la orientación hacia la alta precisión que está permitido utilizar para mejorar los procesos clave de una empresa. Con una probabilidad del 99,99%, una meta establecida tiene un promedio de 3,4 defectos por millón de oportunidades de defectos (50Minuten, 2016). Por lo general, los procesos estándar operan dentro del rango de tres Sigma, lo que equivale a alrededor de 67,000 defectos por millón de oportunidades (DPMO) si hay un desplazamiento de 1.5 Sigma. Esto resulta en un nivel de calidad del 93.32 %, en comparación con el 99.9997 % de un proceso Seis Sigma. En términos comparativos, un proceso de 3 Sigma es 19.645 veces menos eficiente (produce

más defectos) que uno de Seis Sigma. (Gutiérrez, 2004). La figura 2 muestra el porcentaje de valores dentro de los límites a una distancia de $n\sigma$ (Sigma).

Figura 2



Desde su creación, la metodología Seis Sigma ha sido ampliamente adoptada para disminuir la variabilidad y mejorar tanto la calidad como la productividad de corporaciones que la implementan. Diferentes autores la han definido como una filosofía, metodología, objetivo, herramienta y métrica, que utiliza datos y herramientas estadísticas para evaluar y mejorar los procesos, con el fin de satisfacer al cliente y, como consecuencia, aumentar las ganancias de la empresa. El éxito de Seis Sigma radica en la mejora del rendimiento de los procesos y en el aumento de la satisfacción del cliente (Grima, 2014). Además, los expertos en control de calidad y mejora de procesos afirman que el mayor desafío para los directivos es comprender y aprender sobre la variabilidad, para luego incorporarla en la implementación de Seis Sigma. Señalan que interpretar la variabilidad es complicado incluso en países desarrollados, y aún más difícil es poder gestionarla y controlarla (Deming, 1986). Por lo anterior, la estrategia solicita que se mejoren las salidas del proceso mediante una orientación en las entradas, así como sobre los procesos implicados. Esto se puede formular matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

$$Y = f(x)$$

El primer aspecto innovador se relaciona con el denominado “cambio cultural” que conlleva la implementación de Seis Sigma. Este enfoque exige que todas las decisiones se fundamenten en hechos comprobables y verificables, dejando de lado las suposiciones o creencias. Seis Sigma aplica el método científico de manera estricta, aunque no siempre se mencione de manera explícita, lo cual requiere un sólido entendimiento de la psicología industrial. El segundo aspecto innovador se relaciona con el liderazgo efectivo esperado de los responsables de la organización. Seis Sigma requiere que los directivos posean un conocimiento profundo de los métodos y herramientas de mejora, pues solo de esta manera estarán completamente convencidos de su relevancia y podrán resolver problemas de calidad de manera eficiente. En tercer lugar, dado que las técnicas de mejora son relativamente complejas, Seis Sigma implementa una estructura basada en especialistas en estas herramientas, conocidos como Black Belt, quienes lideran los proyectos de mejora (Prieto, 2012). Además, Seis Sigma representa una filosofía de calidad que combina una estrategia empresarial y una forma de trabajo centrada en el cliente. Su enfoque principal es la mejora continua de los procesos y la disminución de su variabilidad, con el objetivo de lograr cero defectos. Para alcanzar esto, promueve el uso de herramientas y métodos estadísticos, permitiendo a las organizaciones obtener ahorros significativos y elevar la satisfacción de sus clientes en un tiempo reducido. En este sentido, como señaló Deming, "la variación incontrolable es el principal obstáculo para la satisfacción del cliente". Otro aspecto importante a considerar es que la continuidad en la implementación de metodologías es un componente esencial que se requiere. Por ello, Howard, Foster y Shannon (2005) destacan que la práctica de técnicas de mejora a menudo se restringe a programas que solo se enfocan en la mejora inicial, sin considerar la necesidad de mantener esos avances de manera continua. Para lograrlo, es esencial establecer un sistema de seguimiento que transforme estos cambios en una mejora continua. Con Seis Sigma, se logra esta sostenibilidad. La clave debido a la estrategia radica en el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, por sus abreviaturas en inglés), el cual se utiliza para rediseñar procesos y alcanzar

mejoras sostenibles. En la primera etapa, se define el problema a resolver considerando las necesidades del cliente y los objetivos de la empresa. En la segunda, se calcula el nivel de desempeño Sigma del proceso. En la tercera, se emplean herramientas para identificar las causas raíz del problema. En la cuarta etapa, se implementan las soluciones, y en la última, se monitorean y controlan los resultados obtenidos. En los proyectos Seis Sigma se utilizan dos tipos principales de herramientas: las generales, como las 7 herramientas de calidad, que se emplean para la recolección y análisis de datos, y las específicas de estos proyectos, que incluyen herramientas estadísticas como estudios de capacidad del proceso, análisis ANOVA, contrastes de hipótesis, diseño de experimentos y otras orientadas al diseño de productos o servicios, como el despliegue de la función de calidad (QFD) y el análisis modal de fallos y efectos (AMFE). Además, como se ha mencionado, el ciclo DMAIC es esencial en el desarrollo de los proyectos Seis Sigma, representando las etapas de definir, medir, analizar, mejorar (del inglés "improve") y controlar. Es esencial poder describir cada una de estas etapas para tener un mayor entendimiento de cómo trabaja esta metodología y de igual modo obtener una visión más amplia de cómo se opera dentro del campo sobre el que interactúa, por ese motivo (Pyzdek, 2001) las desglosa como:

Definir. La implementación de la técnica Seis Sigma comienza con la delimitación del alcance del proyecto. Una vez establecido, se recoge la "voz del cliente", que refleja lo que desea, cómo lo desea y en qué momento lo necesita. Este enfoque permite mejorar la calidad del servicio al comprender de manera precisa las exigencias del cliente. A diferencia de otras estrategias y técnicas de mejora enfocadas en la calidad, como la norma ISO, Seis Sigma prioriza la satisfacción del cliente. En este contexto, la calidad es definida por el cliente y se evalúa desde su perspectiva, considerando siempre aquello por lo que está dispuesto a pagar. Por ello, se analiza cuidadosamente la retroalimentación de los clientes para entender sus requerimientos y ajustar las operaciones empresariales en consecuencia. Esta etapa resulta crucial, ya que una definición clara y precisa del proyecto garantiza una dirección adecuada, facilitando así el

cumplimiento de los objetivos y metas establecidos. Para definir el proyecto se pueden seguir los siguientes pasos:

- Reconocer las oportunidades de mejora.
- Elegir un proyecto.
- Establecer las metas y objetivos del proyecto.
- Formar un grupo de trabajo.
- Identificar los recursos esenciales.
- Comprender la voz del cliente.
- Comenzar a documentar.
- Evaluar esta etapa con el equipo de trabajo, el Champion, etc.

Una vez comprendida la situación actual del proceso, se identifican y priorizan las oportunidades de mejora, tomando en cuenta su impacto y el costo de implementación. A partir de esta priorización, se seleccionan las propuestas más viables y se implementan. De esta forma, se logran mejoras en los procesos que permiten responder de manera ágil y confiable a las demandas de los clientes (Hayler y Nichols, 2006).

Medir. Lo que distingue a Seis Sigma de otras metodologías es su énfasis en las mediciones. Este enfoque considera las mediciones esenciales por varias razones clave:

- La percepción y la intuición no siempre reflejan la realidad de las situaciones.
- Es necesario comprender los procesos para identificarlos correctamente y localizar áreas de mejora; además, esto ayuda a evaluar si el proceso es estable o predecible y a analizar su variación, lo cual también permite medir el rendimiento.
- Es fundamental conocer y entender al cliente para determinar si está satisfecho con el producto o no.
- Es importante documentar y verificar los avances en la mejora.

Analizar. Con base en los datos obtenidos durante la fase de medición, se lleva a cabo una interpretación que facilitará la implementación de mejoras. El propósito del análisis es encontrar la causa raíz del problema, considerando tanto factores internos como externos. El análisis interno se centra en las causas dentro de la organización, mientras que el análisis externo aborda la visión del cliente, ya sea interno o externo, para identificar los aspectos que considera importantes y, así, mejorar la calidad del producto o proceso.

Mejorar. En esta etapa, con el análisis completo de la información y un conocimiento más profundo del proceso, los clientes y las causas del problema, se generan ideas concretas para realizar mejoras. No obstante, es fundamental evitar decisiones basadas únicamente en la intuición o percepción; las propuestas deben ser validadas mediante experimentación para asegurar que efectivamente resuelvan el problema. Durante esta fase, el equipo busca establecer la relación causa-efecto, identificando la dependencia matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta de interés. Esto permite predecir, optimizar y optimizar el desempeño del proceso, además de definir los rangos operativos de las variables o parámetros de entrada.

Controlar. Para garantizar que el proyecto proporcione los beneficios previstos a lo largo del tiempo, es fundamental llevar a cabo un proceso de control. En esta fase, se analiza y evalúa el proceso en relación con su estado inicial. Además, se cuantifican las ganancias obtenidas. Este paso final también se enfoca en cómo asegurar que las mejoras implementadas puedan mantenerse a lo largo del tiempo. Se busca que la organización aprenda tanto de los errores como de los aciertos durante el proyecto, compartiendo estos aprendizajes con otros equipos. El control es un proceso continuo durante todo el proyecto, con el objetivo de asegurar los resultados deseados. Al finalizar el proyecto, se mide nuevamente el proceso para verificar que los efectos esperados se han alcanzado y que las mejoras implementadas son sostenibles. Posteriormente, se puede realizar una evaluación adicional semanas o meses después para confirmar que las mejoras siguen siendo efectivas.

Dado lo preliminar, se han determinado los Roles en Seis Sigma para su intervención en los proyectos enfocados en mejora continua, con la intención de conocer el alcance de su formación y actuación en los proyectos, desplegándose de la siguiente forma:

Champion. Es el líder al interior de la empresa que mantiene la dirección estratégica del equipo en los proyectos Seis Sigma. Actúa como un intermediario entre la alta gerencia y el equipo del proyecto, facilitando la obtención de recursos y apoyo necesario. Se encarga de proporcionar recursos, definir un plan, y establecer indicadores, entre otras funciones.

Master Black Belt. Es el líder especializado en calidad, encargado de la técnica, formación, monitoreo y aplicación de Seis Sigma. Tiene un profundo conocimiento de herramientas estadísticas y es competente para aplicar su experiencia y habilidades en el desarrollo de proyectos.

Black Belt. Experto en Seis Sigma que se encarga de gestionar proyectos a lo largo de toda la compañía. Cuenta con experiencia en la aplicación de técnicas estadísticas de nivel medio y avanzado, y tiene la capacidad de transformar los datos en información valiosa. Participa en proyectos de gran impacto para la empresa, dedicando la mayor parte de su tiempo, hasta un máximo de dos años consecutivos, a la ejecución de estos proyectos.

Green Belt. Individuos capacitados que gestionan proyectos dentro de su área. Tienen conocimientos en herramientas estadísticas y son capaces de extraer información en función de los datos. Dedicados a desarrollar proyectos de Seis Sigma, dedican aproximadamente un 25% de su tiempo a estos proyectos.

Zhang, Wang, Goh y He (2014) examinan en su investigación el uso de Seis Sigma como un marco para erradicar defectos a nivel de proyecto, así como para mejorar el desempeño y la satisfacción del cliente a nivel corporativo. El estudio revela que Seis Sigma se ha transformado en un impulsor clave para que las organizaciones aumenten su competitividad a nivel global. Lo anterior hace énfasis en la práctica de esta estrategia en diversos tipos de empresas no solo centrándose en un sector,

en diversos giros de empresas ha demostrado beneficios (Havez, Santiesteban, Carmona y Múñiz, 2018). El estudio demuestra que las herramientas estadísticas empleadas en Seis Sigma brindan oportunidades únicas para combinar herramientas de análisis con la resolución de problemas técnicos, incluso para personas sin experiencia en estadística. Por ello, la metodología Seis Sigma pone énfasis en medir continuamente el desempeño del proceso (Hayes, 2001). Tras realizar las mediciones, Seis Sigma alinea los objetivos delineados por la empresa dentro del esfuerzo de mejora general. Para lograrlo, es crucial contar con el respaldo y apoyo de la dirección, asegurando que todos los intereses de la compañía sean considerados, lo que garantiza el éxito de su implementación.

2.4.3 Ingeniería de calidad (Coretools)

Los esfuerzos por garantizar la calidad del producto durante su fase de diseño, ya sea del producto mismo o del proceso de fabricación, son los más efectivos y rentables. Mediante la implementación de métodos de producción adecuados, es posible asegurar que el producto sea correcto, incluso cuando se utilicen materiales o condiciones desfavorables. De manera similar, es posible diseñar productos que mantengan un alto nivel de calidad, aunque se utilicen en escenarios no ideales o fuera de lo normal (Taguchi, 1986). La Ingeniería de calidad es un enfoque que aplica técnicas cuantitativas para mejorar tanto los productos como los procesos establecidos por manufactura. Este conjunto de métodos incorpora calidad en todo el proceso de producción, que incluye el diseño, la fabricación y el control de productos y procesos. Fue desarrollado por Genichi Taguchi, con el objetivo de combinar ingeniería y estadística para mejorar la relación entre costo y calidad. Según su proceso de aplicación, se pueden identificar:

- Ingeniería de calidad en línea: Control y corrección de procesos, mantenimiento preventivo. Se utilizan métodos auxiliares como las gráficas de control.

- Ingeniería de calidad fuera de línea: Optimización del diseño de productos y procesos, por medio del diseño de experimentos.

La ingeniería de calidad es valiosa porque facilita la toma de decisiones efectivas a partir del análisis de datos e información, permitiendo también examinar la variabilidad presente en estos (BSG Institute, 2020). En este contexto, Deming resalta la importancia de estudiar la variabilidad y el comportamiento de los procesos, sugiriendo estructuras organizacionales que incorporen personal capacitado en estadística en todos los niveles jerárquicos. Así, la ingeniería de calidad engloba una serie de actividades enfocadas en diseñar, mejorar y optimizar procesos, productos y servicios, reduciendo el tiempo de ciclo, la variabilidad y los costos, con el propósito de ofrecer lo mejor al mercado. Más aun, la ingeniería de calidad fue participe de las disciplinas que impulsó a la Sociedad Americana de Calidad (ASQ, anteriormente conocida como ASQC), fundada la Segunda Guerra Mundial. ASQ fue fundada para preservar y expandir la experiencia adquirida en la guerra. Muchas mejoras en la producción, aplicación estadística, inspección y gestión, se convirtieron en una práctica estándar gracias a los pioneros de ASQ. Desde su inicio, ASQ enfatizó los aspectos técnicos y educativos de la profesión de calidad (Burke y Silvestrini, 2017). Dado lo anterior, se han observado varias tendencias en estos estudios: algunos son inquietantes y otros sirven como guía para advertirnos que tomemos medidas correctivas para navegar nuestro rumbo hacia el futuro. Una implicación importante ya observada en muchas empresas, es la transferencia de herramientas avanzadas de calidad, desde su uso casi exclusivo por profesionales de calidad a la aplicación por parte de gerentes de primera línea y sus solucionadores de problemas especialmente capacitados. Esta tendencia presentará dos principales desafíos para los profesionales de ingeniería de calidad. Además, la ingeniería de calidad se concentra en el análisis y la reestructuración de cada fase de la fabricación para optimizar tanto la producción como la calidad del proceso y del producto. De igual manera, también incluye el análisis de los sistemas relacionados con la fabricación en todas sus etapas para garantizar la calidad tanto del proceso como de los productos resultantes. En cuanto al trabajo de la ingeniería de calidad (ya sea de fabricación o basado en servicios), es ayudar a la compañía

a ver que los clientes son su razón de ser, en lugar de lo contrario (Delgado y Busutil 2007). Esto va más allá de la simple recopilación de una muestra de información (encuestas, reuniones de grupos focales, visitas a plantas, etc.). Algunas organizaciones optan por establecer sistemas de calidad no solo por cubrir los requerimientos de una norma internacional, como tradicionalmente se elige ISO 9000, sino que, basado en el establecimiento y cumplimiento de estándares, se pueda visualizar un control absoluto de los costos de calidad y no presentar desviaciones en lo presupuestado. Lo anterior mediante mecanismos como auditorías al proceso y producto, así como capacitaciones al personal donde se identifiquen las áreas de oportunidad.

La mejora continua sobre la calidad en los productos y procesos es siempre una tarea desafiante y creativa en la era actual de globalización. Varias herramientas de calidad están disponibles y se utilizan para lo mismo, algunas con éxito y otras sin él. Teniendo en cuenta la complejidad de los pasos de mejora continua sobre la calidad, las industrias están introduciendo varias técnicas nuevas, así como propuestas por investigadores y academias, Lean Manufacturing, Six Sigma, Lean Six Sigma son algunas de las técnicas (Sillero, Roaro, Villalón y Vázquez, 2019). En los últimos años, la industria ha optado por nuevas herramientas, especialmente la automotriz, denominadas Automotive Core Tools (ACT).

De acuerdo con las investigaciones de Carbajal, Almonte y Mejía (2016), en México, el sector automotriz se ha concentrado en cuatro regiones, cada una con una lógica económica distinta. En un inicio, la región Centro del país fue prioritaria para abastecer al mercado interno en un contexto de economía cerrada y altamente protegida. No obstante, con la apertura económica y la implementación del TLCAN, el sector se trasladó hacia otras regiones para satisfacer la creciente demanda del mercado externo y adaptarse a un modelo más flexible, con lazos internacionales más sólidos. La adopción de herramientas y técnicas de calidad ha sido significativa, ya que permitió obtener ventajas en la industria. Aunque algunos consideran que no se han logrado los resultados esperados, las contribuciones de estas herramientas y técnicas en el crecimiento de la industria, especialmente en la mejora direccionada

sobre la calidad de productos y procesos, son altamente valoradas. También se observa que, a menos que los clientes exijan algo, los proveedores no lo hacen. El crecimiento de la industria automotriz depende en gran medida del enfoque hacia la calidad y confiabilidad del producto que realiza. Para garantizar que el producto alcance la más alta calidad, es fundamental mantener estándares de calidad excepcionales por toda la cadena de suministro. En tal sentido, los fabricantes de equipos originales de automóviles (OEM) exigen a sus proveedores que mejoren la calidad del producto mediante la práctica de las herramientas fundamentales de la industria automotriz (Zapata-Gómez, 2013). Rodríguez (2019) refiere que las Coretools son un cumulo de herramientas diseñadas inicialmente para la industria automotriz, manejadas para diseñar, desarrollar, medir, registrar, analizar y dar aprobación del producto y servicios sobre calidad que desempeñen los requerimientos y perspectivas del cliente. Estas herramientas forman parte de los requisitos establecidos en la especificación técnica IATF 16949:2016, que se refiere a los SGC en la industria automotriz. Entre este conjunto de herramientas se incluyen: la planificación avanzada de la calidad del producto (APQP), el análisis de modos y efectos de falla (FMEA) y el control estadístico de procesos. (SPC), análisis de sistemas de medición (MSA) y proceso de aprobación de piezas de producción (PPAP) o lograr la certificación ISO / TS 16949 y, en diversos casos, es un requisito de nivel de entrada. Todo esto tiene sus inicios, en 1982 cuando Chrysler, Ford y General Motors instauran la AIAG (Automotive Industry Action Group) con el fin de promover la colaboración en la creación de soluciones beneficiosas para la industria automotriz, entre 1990 y 1994, la AIAG publicó los manuales de herramientas para este sector, los cuales han sido actualizados de manera constante y son conocidos en general como "CoreTools". Cabe destacar que cada una de estas herramientas tiene un valor significativo, por lo que se definen de la siguiente manera:

APQP. (Planeación Avanzada de la Calidad del Producto) es un proceso clave dentro del SGC que facilita la comunicación tanto entre los departamentos internos de la empresa como con los clientes y proveedores. Su objetivo es garantizar que, antes de entregar un producto por primera vez al cliente, se

hayan cumplido todos los pasos requeridos y se hayan implementado los controles necesarios para ofrecer un producto de calidad, de manera oportuna y a un costo mínimo.

PPAP. (Proceso de Aprobación de Partes de Producción) establece 18 requisitos que deben ser documentados para garantizar al cliente que las operaciones de manufactura producen productos consistentes que cumplen con las especificaciones durante la producción real, así como con los volúmenes solicitados.

FMEA (AMEF). (Análisis del Modo y Efecto de Falla) es una técnica aplicada durante el desarrollo del producto y el proceso para identificar y considerar posibles problemas que puedan afectar el desempeño del producto. Existen dos tipos de AMEF: el AMEF de diseño (DFMEA) y el AMEF de proceso (PFMEA).

SPC. (Control Estadístico del Proceso) se refiere a la variabilidad de las piezas, que sigue un patrón. Si es estable, forma una distribución caracterizada por su localización (valor central), dispersión (amplitud) y forma (simétrica, asimétrica, sesgada, etc.). Esta herramienta facilita la comprensión de la variabilidad del proceso de producción mediante gráficos de control, ayudando a identificar cuándo se deben realizar ajustes y evaluar la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones.

MSA. (Análisis de Sistemas de Medición) es una herramienta que, mediante métodos estadísticos, permite determinar si el sistema de medición utilizado es apropiado con el propósito de analizar la característica que se está evaluando, lo cual minimiza los riesgos al realizar mediciones en cualquier parte del proceso. Mediante métodos estadísticos, se determina si este sistema de medición es adecuado para valorar la característica que se está midiendo. El análisis contiene los estudios de discriminación, bias, estabilidad, linealidad y RyR.

CP (Plan de control). Esta metodología facilita la elaboración de productos de calidad que cumplen con las especificaciones del cliente, por conducto del diseño, la selección y la implementación de métodos de control. Su objetivo es

reducir las variaciones tanto en el producto como en el proceso mediante inspecciones en las etapas de recepción, en proceso y finales.

Dentro de los parámetros que deben seguir y cumplir las corporaciones que pretenden entrar como proveedores directos de la industria automotriz, Jigar y Darshak (2016) establecieron lo siguiente:

1. La norma de este SG enfocados en calidad automotriz, ISO / TS 16949, implica el manejo de herramientas básicas APQP, FMEA, MSA, PPAP y SPC.
2. Es importante cumplir con las demandas específicas de cada cliente.
3. La productividad, por sí sola, no refleja el desempeño total de los sistemas relacionados con la fabricación. Los constantes cambios en el diseño y la exigencia de mejorar de manera continua la calidad del producto demandan un nivel elevado de automatización y flexibilidad en el sistema de producción. Así, la productividad, la calidad y la flexibilidad se han convertido en parámetros críticos del rendimiento total de fabricación de sistemas de producción para justificar la inversión.
4. Las empresas actuales deben adaptar sus productos de manera precisa a las exigencias del cliente, por tal razón los parámetros de los bienes fabricados se ajustan a las exigencias específicas de cada uno. Los clientes definen sus demandas particulares según su estrategia de mercado para satisfacer las perspectivas de los consumidores.
5. Las herramientas centrales automotrices empoderan a cada miembro de la cadena de suministro en la industria del automóvil, para establecer un lenguaje comercial común y mejorar los procesos comerciales clave, mediante el establecimiento de este SC. La mejora continua en la calidad, es una secuencia de iniciativas de calidad relativa, lo cual se puede apreciar en los efectos de los métodos sobre calidad que ayudan a producir productos de elevada calidad y mejoran el desempeño comercial general; APQP es una de ellas.

6. El FMEA es un análisis estructurado y cualitativo de un sistema, subsistema o función, diseñado para identificar posibles modos de falla, sus causas y los efectos que estas fallas podrían tener en el funcionamiento del sistema.
7. Las técnicas de SPC, en particular el gráfico de control, se han utilizado ampliamente en la industria manufacturera. Por lo general, los gráficos de control se implementan con el fin de monitorear el proceso.
8. SPC garantiza que se opera en todo su potencial para producir un producto conforme. Un MSA es un experimento especialmente diseñado que busca identificar los componentes en la variación en la medición.
9. El PPAP establece requisitos generales para la aprobación de piezas de producción, asegurando que se entiendan todos los requisitos de ingeniería del cliente y que los procesos establecidos para fabricación sean capaces de producir el producto de manera consistente, cumpliendo con los requisitos a la tasa de fabricación acordada.
10. El ACT puede emplearse para impulsar una mejora centrada en la calidad. La mejora continua en calidad (CQI) se logra a lo largo del tiempo, mediante pequeñas mejoras planificadas dentro de un enfoque de ciclo cerrado que facilita este proceso.

El uso de estas herramientas se da principalmente en las fases de diseño y desarrollo de productos y procesos, donde es esencial identificar las características clave de calidad para poder hacer un seguimiento adecuado. De las herramientas más adecuadas para este propósito es el APQP. Una vez identificadas estas características es crucial mantener un control sobre ellas en todas sus etapas (recibo, proceso y final). Para lo anterior, existen herramientas que son fundamentales para realizarlo, entre ellas los muestreos de aceptación, la recopilación de datos y saber qué tipo de pruebas realizar, todas esto genera información para la toma de decisiones. El control estadístico de procesos (SPC), permite conocer el proceder de estas características en todas las etapas del proceso, determinando la capacidad con la que en este momento se cuenta. Para poder validar la información que proyectan las mediciones de estas características

y no generar una incertidumbre, de los mecanismos más usuales es el análisis al sistema de medición (MSA). En términos generales, las coretools son herramientas que apoyan los SG orientados a la calidad, y aunque su origen está en la industria automotriz, en la actualidad se aplican en diversos sectores.

2.4.4 Investigaciones previas

Una manera de identificar y situar el modelo integrado propuesto es por conducto de los componentes clave relacionados con el tema, comenzando por seis áreas de investigación relevantes que destacan los principales campos abordados en los últimos años. Se ha observado un crecimiento en el enfoque de metodologías centradas en la mejora continua y las Coretools. En esta revisión, se analizaron artículos que se han enfocado en: (1) Lean Manufacturing, (2) Seis Sigma, (3) Ingeniería de calidad (Coretools), (4) Lean-SixSigma, (5) SixSigma-Coretools y (6) Lean Manufacturing- Coretools. A continuación, se discuten estos temas:

1. El término Lean Manufacturing tiene su principal origen histórico en el TPS (Sistema de Producción de Toyota) (Roser, 2017). James Womack (2003), en su obra *Lean Thinking*, define Lean como la metodología para identificar el valor, generar valor en la producción mediante acciones realizadas en la secuencia más eficiente, llevar a cabo estas tareas de manera continua cuando sea necesario y ejecutar las actividades con una mayor eficiencia a lo largo del tiempo. En la exploración de las investigaciones realizadas hubo hallazgos en publicaciones donde indican que, para una ejecución exitosa de LM (Lean Manufacturing) el apoyo de la gerencia desempeña un papel crucial al brindar impulso, así como al mejorar la comunicación sobre la empresa, (Worley y Doolen, 2006). En este sentido, un aspecto clave es reconocer y clasificar los criterios más relevantes para su desarrollo en la industria manufacturera (Sharma, Dixit y Qadri, 2016). En la indagación de Ruiz, Fortuni y Cuatrecasas (2013), demuestran los probables desaciertos de la contabilidad de costos, además de evidenciar la necesidad y validez en un sistema acorde a la producción Lean. Marodin et al. (2018) sugieren que las corporaciones

pueden lograr mayores ventajas de sus implementaciones Lean si eligen una implementación sistemática tanto de Lean Production Development como de Lean Manufacturing, en lugar de seguir el enfoque aislado que es más comúnmente utilizado. El alcance de la metodología se ve desarrollado en varios campos, como en contextos ambientales (Garza et al., 2018) ofrece datos relevantes sobre el efecto de Lean Manufacturing en el ámbito ambiental, destacando sus efectos en la adopción de materiales y en la reducción de la liberación de contaminantes. Maasouman y Demirli (2016) desarrollan un modelo que nos muestre la madurez Lean a nivel piso, visual y basado en datos. La práctica de esta metodología en la manufactura de bobinas de aire acondicionado se ha presentado con resultados exitosos (Das, Venkatadri y Pankajkumar, 2013), así como en determinados sistemas de producción de redes de pesca, manejando un DOE (diseño experimental) y un instrumento de optimización de simulación (Yang, Kuo, Su y Hou, 2014). Por último, Barbosa, Carvalho y Filho (2014) presentan un uso particular en proyectos relacionados con procesos de manufactura aeroespacial, centrados en la automatización de la producción.

2. Seis Sigma es una filosofía empresarial y de gestión centrada en el cliente, que promueve una administración eficaz de los datos y una estrategia de trabajo con diseños robustos. Su objetivo es eliminar la variabilidad sobre los procesos y alcanzar un nivel de defectos igual o inferior a 3.4 defectos por millón. La variación es parte de las orientaciones que se abordan en Seis Sigma (Rojas y Pérez, 2019). El alcance de Seis Sigma no se restringe solo a la industria manufacturera, sino que ha incursionado en el ambiente de la medicina, por ejemplo, Shah et al. (2019) implementaron un proceso relacionado con el traspaso estandarizado que incluye una lista empleando la verificación y una nota de traspaso electrónica dentro de una sala de cuidados postanestesia. Niñerola, Sánchez y Hernández (2020) en una revisión de la literatura, expusieron la implementación de Seis Sigma en el sector de salubridad, que tuvo como objetivo lograr reducciones de tiempo, costos y errores para la mejora enfocado en la calidad y la satisfacción de los pacientes,

esta revisión busca que los profesionales de la medicina conozcan los beneficios que Seis Sigma puede generar sobre los procesos que se desarrollan en un centro de salud, hospital u otras organizaciones del sector. En el ámbito de análisis clínicos, Randell et al. (2018) presentaron un estudio en la división de química clínica e inmunoensayo, con la intención de mejorar su sistema de verificación automática, encontrando mejor tiempo de respuesta, tiempo reducido para la verificación manual y sin un compromiso evidente enfocado en la calidad o detección de errores. En la división de radiología se entrenó al personal en un cumulo de herramientas para liderar proyectos de mejora del rendimiento (Rawson, Kannan y Furman, (2015). Tradicionalmente, esta metodología se ha utilizado en el sector manufactura, como en la industria del vidrio automotriz, con la intención de encontrar causas raíz y resolver problemas, (Yadav, Mathiyazhagan y Kumar, 2019). En el sector relacionado con la construcción, Noriega et al. (2016) enfocaron sus esfuerzos para mejorar las operaciones de los materiales de construcción, esto con el objeto de incrementar su eficiencia en una planta de bloques de hormigón. En el tema ambiental, Sagnak y Kazancoglu (2016) analizaron la integración del enfoque Green Lean y luego se identifican las limitaciones, posteriormente, mediante el enfoque Seis Sigma superaron estas limitaciones y evaluaron su desempeño. Se pueden generar aplicaciones muy específicas sobre la empresa como el desarrollar un índice de calidad difusa para medir procesos (Chen et al. 2019). Por último, Kanda, Murata y Nakajima, (2010) hicieron un acercamiento hacia los sistemas integrados, en una investigación sobre un entorno de varios sistemas enfocados a tratar problemas en la división de informática.

3. Coretools son un cumulo de herramientas que se utilizaron originalmente en la industria automotriz para diseñar, documentar, desarrollar, analizar, medir y aprobar productos y servicios de calidad que satisfagan los requerimientos y expectativas del cliente (Rodríguez, 2019). Al interior de las herramientas especializadas orientadas al diseño y desarrollo de productos en la industria automotriz se encuentra el APQP (Planificación Avanzada de la Calidad del

- Producto), que, según Trappey y Hsiao (2008), fue utilizado en el diseño colaborativo y el ensamblaje en células para integrar la cadena de suministro. Parte del conjunto de herramientas de esta técnica, el AMEF (análisis de modo y efecto de falla) es crucial (Guerrero, y Bradley, 2013).
4. Lean-Seis Sigma es la combinación mejorada de las metodologías denominadas Lean y Seis Sigma que, de forma aislada, buscan la maximización de la productividad. Sin embargo, en conjunto bajo una misma metodología, no sólo se enfocan a comprimir costes, sino también a optimizar la eficiencia de los procesos, lo que permitirá que las organizaciones que la adopten sean más efectivas en sus respectivos mercados (García, 2015). Estas integraciones de las metodologías se han utilizado en diversos campos (Kanda, Murata y Nakajima, 2010), como el sector de la salud, en donde Hultman et al. (2016) la enfocaron para disminuir el tiempo preoperatorio hasta el término y el tiempo de operación total, mediante la reducción de la variabilidad y la mejora de la eficiencia. Esta metodología no es indiferente a los problemas actuales, Sodhi (2020) en su investigación propone que las industrias manufactureras deben adoptar herramientas y técnicas Lean Six Sigma, para librar de las secuelas del coronavirus, tomando en cuenta que el efecto del coronavirus se ha convertido en una problemática, no solo para la salud física de las personas, sino también para la estabilidad económica de la mayoría de las naciones a nivel mundial. En el ámbito ambiental, algunas investigaciones se han centrado en reducir residuos y mejorar el rendimiento de las organizaciones, minimizando los impactos negativos en el entorno, como lo indican Talapatra y Gaine (2019), Singh, Kaswan y Rathi (2019). De igual forma, se encontró información que involucra integraciones adicionales con temas de sustentabilidad de Cherrafi et al. (2016) y Parmar y Desai, (2020).
 5. En la integración de Seis Sigma-Coretools, las aplicaciones en la industria se han desarrollado de forma aislada. Xu et al. (2019) encontraron que la herramienta de AMEF permitió identificar los factores que causaron el retraso en el proceso de pretratamiento de la radioterapia. Esta misma herramienta

también se ha utilizado en el sector de la construcción, donde se identificaron los factores de retraso que pueden ocurrir en la estructura de proyectos de edificios altos de forma libre y prioridades analizadas para la gestión de retrasos, de acuerdo con Lee et al., (2019). Por último, con la integración de estas metodologías, Altuntas y Kansu (2019) en su investigación buscaron un enfoque innovador e integrado basado en SERVQUAL, QFD (Despliegue de la función de calidad) y AMEF, para la mejora de la calidad del servicio.

6. En esta investigación realizada no se encontraron publicaciones enfocadas a integrar Lean Manufacturing con Coretools.

Con lo relacionado a la integración de Lean Manufacturing, Seis Sigma y Coretools, que es el objeto principal de esta investigación doctoral, no se hallaron evidencias de su desarrollo en la revisión de la literatura.

En resumen, la revisión de la bibliografía, se presenta la Tabla 1, donde se visualizan las investigaciones analizadas en esta sección. Se puede visualizar que existe poca información de la integración sobre las herramientas, sólo se evidencian en Lean Seis Sigma, Seis Sigma-Coretools y algunas integrando tópicos de sustentabilidad. En contraste con artículos anteriores, la integración más estrecha es la que involucra Lean Manufacturing, TOC (teoría de restricciones) y Seis Sigma. El modelo que planteamos está enfocado a contribuir en el marco de la bibliografía disponible, con el contraste que nos enfocamos a la integración de Lean Manufacturing, Seis Sigma e ingeniería de calidad (Coretools). Esta investigación se fundamenta en la exigencia de la industria automotriz como un requerimiento de sus clientes y la continuación sobre el mercado, debido al continuo incremento de los precios de los insumos y componentes de sus productos, para complacer las exigencias económicas de las industrias. Centrándonos en el enfoque de la mejora continua, crear iniciativas, permitirán obtener ahorros substanciales en la empresa, con lo que puede contribuir a sus requerimientos económicos.

Tabla 1
Revisión de la literatura

	Diagnostico	Planeación	Sistemáticos	Enfoque de procesos	Integración
<i>1.- Lean Manufacturing</i>					
Worley, J.M. & Doolen, T.L. (2006).	✓		✓		
Ruiz-de-Arbulo-Lopez, P. (2013).	✓		✓	✓	
Marodin, G., Germán, A., Luz G., Netland T. (2018).	✓		✓	✓	
Garza-Reyes, J., Kumar, V. Chaikittisilp, s. & Hua, K. (2018).	✓		✓	✓	
Sharma, V., Dixit Mohd, A. and Qadri, A. (2016)		✓	✓	✓	
Maasouman, M. and Demirli, K. (2015)			✓	✓	
Das, B., Venkatadri, U. and Pankajkumar P. (2013)			✓	✓	
Yang, T., Kuo, Y., Su, C. and Hou, C. (2015)			✓	✓	
Barbosa, G., Carvalho, J. and Filho, E. (2014)			✓	✓	
<i>2.- Seis Sigma</i>					
Shah, Herstein, Flynn-O'Brien, Oh, Xue, & Flanagan (2018)	✓	✓	✓	✓	
Narottam, Y., Mathiyazhagan, K. & Kumar, K. (2019)	✓			✓	
Chen, K., Wang, C., Hua, K., & Chiu, S. (2019)			✓	✓	
Niñerola, A., Sánchez-Rebull, M. & Hernández-Lara A. (2020)		✓		✓	
Sagnak M, Kazancoglu Y. (2016)				✓	✓
Yadav, Mathiyazhagan & Kumar (2019)		✓	✓	✓	
Wataru, K. Murata, Y. and Nakajima, T. (2010)			✓	✓	
Randell, E. Garry, S., Lee, N., Beresford, A., Spencer, M., Kennell, M., Moores, Z. and Parry, P. (2018)			✓	✓	
Rawson, J., Kannan, A. and Furman, F. (2016)			✓	✓	
Noriega, S., Valles A., Torres-Argüelles, V., Martínez, E. & Hernández A. (2016)			✓	✓	
<i>3.- Ingeniería de calidad (coretools)</i>					
Trappey, A. & Hsiao, D. (2008)		✓		✓	
Guerrero, H. and Bradley, J. (2013)				✓	
<i>4.- Lean-Sixsigma</i>					
Sodhi, H. (2020)		✓	✓	✓	✓
Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A. & Benhida, K. (2016)	✓	✓			✓
Singh M. & Kaswan, Rathi, R. (2019)			✓		✓
Parmar, P. & Desai, T. (2020)			✓	✓	✓
Talapatra, S. & Gaine, A. (2019)			✓	✓	✓
Hultman, C., Kim, S., Lee, C., Wu, C., Dodge, B., Hultman, C., Roach, S., and Halvorson, E. (2016)			✓	✓	
<i>5.- Sixsigma-CoreTools</i>					
Xu, Z., Lec, S., Albani, D., Dobbins, D., Ellis, R., Biswas, T., Machtay, M. & Podder, T. (2019)			✓	✓	✓
Lee, D., Lim, H., Lee, D., Cho, H. & Kang, K. (2019)			✓	✓	✓
Altuntas, S. & Kansu, S. (2019)		✓	✓	✓	✓
<i>6.- Lean Manufacturing- Coretools</i>					
7.- Lean Manufacturing- Six Sigma- CoreTools (LSQ Modelo propuesto)					
	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia

Estudios anteriores expuestos nos muestran la tendencia que ha tomado este, una de ellas es el trabajar por separado, la interacción entre Lean y Seis Sigma se realiza con la metodología DMAIC, por ende, estaría más centrada hacia Seis Sigma. Sobre herramientas aisladas utilizadas en algunas organizaciones, se visualiza que su intención fue más una necesidad de la herramienta en particular y que constituye un procedimiento preestablecido.

Finalmente, y basado en esta revisión crítica de la bibliografía, se puede argumentar que, no se cuenta con investigaciones previas donde se integren de un modo conjunto, Lean Manufacturing, Seis Sigma y Coretools, por lo expuesto previamente, se propone el modelo LSQ.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Contexto de la investigación

La presente investigación se desarrolla en una empresa de manufactura del sector privado del giro automotriz, la cual se sitúa en Ciudad Sahagún, Hidalgo. Su giro es producir autobuses urbanos, teniendo como zona de ventas el interior del país y en centro América en países como Colombia y Nicaragua. Actualmente cuenta con 300 trabajadores de operación organizados en seis secciones de ensamble: chasis, carrocerías, revestimiento interior, revestimiento exterior, pintura y liberación. Las principales operaciones que se usan son: soldadura, pintura, pegado, torque y crimpado; todas llevadas a cabo de forma manual. Estas prácticas son conocidas en la empresa como procesos especiales, porque son primordiales en el ensamble total de los autobuses. Actualmente la organización cuenta con la certificación ISO 9001:2015 con un alcance direccionado al ensamblado de autobuses, la cual es un requerimiento para sus procesos de ventas en las licitaciones dentro de sus procesos de comercialización. El departamento denominado mejora continua ha implementado varios proyectos de lean manufacturing, mientras que, sobre el área de operaciones, se han realizado algunos proyectos de Seis sigma en: pintura, chasis, carrocerías, entre otros.

La organización cuenta con un departamento denominado mejora continua, que lo conforman 4 integrantes y forma parte del área gerencial de calidad. Por lo tanto, es la encargada de identificar y efectuar las mejoras que se han señalado, su alcance no solamente se confina a la zona de operaciones, sino que también tiene influencia hacia los procesos transaccionales como ventas, recursos humanos y compras. Las actividades de la ingeniería de calidad lo ejecutan un área específica denominada SQA, que cuenta con 5 ingenieros, pertenecientes a la gerencia de calidad. Para llevar a cabo la propuesta de investigación sobre el modelo LSQ, el área denominado mejora continua es la que otorgará las facilidades para su implementación, basado en los estándares implementados y la búsqueda de la integración de los mismos.

3.2 Tipo de estudio

El estudio que se presenta tiene un enfoque de investigación cuantitativa, porque es objetiva y hay la valoración numérica de un suceso, basándose en la aplicación de métodos estadísticos. Se comienza con una investigación no experimental, describiendo el vínculo entre las variables sobre las condiciones que son tratadas. También se utiliza la investigación correlacional porque se permite explicar de un modo cuantitativo basado en la recopilación de información con la intención de sustentar o refutar lo contenido en la teoría planteada. La investigación correlacional es un enfoque no experimental que consiste en medir dos variables para analizar y determinar la relación estadística entre ellas, evitando la interferencia de factores externo. Este enfoque de investigación está direccionado a identificar variables que interactúan, de forma que, al cambiar una de ellas, la otra también experimenta una variación. Con lo anterior, se pretende realizar la integración mediante el modelo LSQ y verificar su funcionamiento contra las iniciativas aisladas con las que cuenta.

3.3 Ensamble de autobuses

3.3.1 Ensamble

La cadena de montaje inicialmente creadas para fabricar grandes volúmenes de un solo modelo, lo que resulta ideal para las organizaciones que contienden en mercados tradicionales de consumo masivo y necesitan producir altos volúmenes de productos estandarizados. Este enfoque permite lograr elevados niveles de productividad maximizando el uso de los medios utilizados (Roncancio, 2018), (Durango, Orejuela y Ortiz, 2014). La cadena de producción se considera un componente esencial en muchos sistemas productivos, donde forma parte un número limitado de estaciones de trabajo, así como tareas, cada una con un tiempo estándar determinado y un grupo de conexiones de precedencia que determinan el orden permitido para ejecutar las tareas. Es relevante señalar que el problema de equilibrio del flujo de la cadena implica distribuir las tareas a lo largo de la secuencia organizada de las estaciones para asegurar el cumplimiento de las relaciones de precedencia y optimizar una función objetivo, como podría ser, disminuir el número de estaciones (Capacho y Pastor, 2004).

Una estación de trabajo en una cadena de montaje manual es un espacio situado dentro del perímetro del proceso de producción, donde más de un trabajador realizan una o varias operaciones de trabajo. Estos elementos de trabajo corresponden a pequeñas fracciones del trabajo total que se debe completar para ensamblar el producto (Capacho y Pastor, 2004). Cuando se menciona el ensamble, se puede afirmar que la producción realizada con grupos de personas conlleva la colaboración de varios operarios asignados a efectuar una actividad en común, donde el ritmo de actividades es gestionado por los propios trabajadores en vez de un sistema de transporte. Una variante de este método consiste en que el equipo de operarios se desplace junto al producto mediante diversos puestos de manufactura hasta completar el ensamblaje. Volvo es quien inicialmente utilizó este método, permitiendo que se realicen actividades simultáneas con diferentes variantes en la línea de fabricación, (Domínguez, 2011). En este mismo contexto, la cadena de producción puede ser diseñada para lograr ritmos de producción (R_p)

para satisfacer la demanda. La producción requerida comúnmente se manifiesta en términos de producción anual, que puede transformarse en una tasa por hora. La dirección debe determinar cuántos turnos por semana debe funcionar la cadena de ensamble y cuántas horas empleara cada turno (Domínguez, 2011). En la cadena de ensamble el producto generalmente se transporta en forma automatizada, tal como una banda de transportación, mediante una cadena de estaciones de trabajo hasta que se finalice. Esta es la forma en que se fabrican vehículos, se fabrican televisores y hornos, así como también las hamburguesas en el sector alimenticio.

La cadena de producción es conocida como la más importante forma de producir grandes cantidades de piezas normalizados a costos menores (Capacho y Pastor, 2004). Dentro de la cadena de producción suele encontrarse diferentes tipos, las cuales se categorizan de la siguiente forma:

- De acuerdo al tipo de producto que procesan. Se encuentran las Simples, procesando un solo modelo con estaciones que realizan de manera repetitiva las mismas actividades asignadas. Otra de ellas es la producción mixta implica la elaboración de diferentes alternativas de un modelo básico sin que se requieran tiempos de configuración entre un producto y otro, debido a que se necesitan las equivalentes tareas fundamentales para crear todas las alternativas. En consecuencia, se fabrican unidades de diferentes modelos en una secuencia aleatoria combinada. Finalmente, las multi-modelos se emplean para producir distintos modelos en una misma línea. Sin embargo, en este caso, los procesos de manufactura de una variante de producción a otro difieren considerablemente, lo que resulta en series de lotes; asimismo, se consideran los tiempos de ajuste entre los lotes (Capacho y Pastor, 2004).
- Dependiendo de la tipología de productos a ensamblar. Dependiendo de la situación, puede ser más adecuado utilizar un ensamble en línea continua, uno flexible o incluso por celdas, entre otras opciones. Si los ensambles son manejables y no en gran cantidad, las celdas de trabajo pueden ser eficaces, pero si los elementos son pesados, las líneas flexibles serían la mejor opción (GIEICOM, 2015). Independientemente del enfoque, es esencial diseñar un

esquema fluido y coherente en la distribución de las tareas por operador, garantizando la inserción de componentes de calidad hasta obtener el producto o subproducto deseado. Una de las premisas que se manejan es que debe procurarse que las distancias por caminar sean mínimas, de tal forma que el producto vaya hacia el operario y no viceversa.

Los procesos de ensamble dependen del tipo de producto fabricado y de la función que este desempeña. A partir de ello se han dividido en tres clases: ensamble semipermanente, ensamble permanente y ensamble no permanente. En estos ensambles, es frecuente el uso de uniones semipermanentes en las que dos o más piezas se enlazan mediante partes como tornillos, pernos o sujetadores roscados, lo que admite un fácil desmontaje en el futuro para substituir componentes. No obstante, entre sus detrimentos suele haber tendencia al desprendimiento de las piezas. El ensamble permanente, a diferencia del semipermanente, emplea métodos de fijación duraderos tal es el caso de soldaduras o adhesivos aplicados mediante calor o presión. Estos procedimientos garantizan que las piezas permanezcan unidas de forma indefinida, con un mínimo riesgo de separación. Finalmente, el ensamble no permanente, similar al semipermanente, consiste en una unión temporal de dos piezas mecánicas que pueden desarmarse fácilmente cuando se requiera. Se realiza mediante soldaduras blandas, tornillos o cuñas. Sin embargo, su principal desventaja son los costos equiparado con otras técnicas. En el ambiente de la industria automotriz habitualmente se observan tres tipos de ensambles. La coalición de las piezas de la carrocería generalmente se realiza utilizando métodos de ensamble permanente que aplican altas temperaturas y presión. No obstante, ciertas unidades intercambiables, como las llantas, requieren un ensamble semipermanente. Las vestiduras también se usan mediante este tipo de unión, en tanto que para los acabados interiores son más cruciales los ensambles no permanentes. El ensamble suele ser la fase final en una línea de ensamble. En la producción industrial, los módulos y subconjuntos se manufacturan siguiendo un plan para generar productos terminados o conjuntos.

Una vez entendidos estos procesos de ensamble, para el sector automotriz, puntualizando en los autobuses urbanos, los principales usados son el chasis y la carrocería. Estos utilizan el tipo de ensamble permanente, lo anterior por el uso que tienen en campo.

3.3.2 Carrocerías

La carrocería es la capa exterior de un vehículo, que da forma y funcionalidad a un chasis o plataforma, siendo la estructura fundamental que conforma el espacio destinado para los pasajeros y la carga, y que además otorga una apariencia y funcionalidad específicas. Actualmente diversas configuraciones utilizan el mismo chasis o plataforma. Partiendo del siglo XVI se utilizaban carrocerías utilizadas en carruajes de materiales como madera para ser tirados por caballos, pero fue 2 siglos después cuando su desarrollo se aceleró marcadamente. Esto trajo consigo la incorporación de materiales como el acero y el aluminio, que posibilitaron diseños más estilizados y moldeables (Plaza, 2014).

A lo largo del tiempo, se han desarrollado diversos tipos de carrocería, que se describen a continuación:

- Carrocería con chasis independiente: El chasis sostiene la mecánica y puede moverse incluso sin carrocería. Esta última se fija al chasis mediante tornillos y puede retirarse para reparaciones. Es característica de vehículos todoterreno e industriales.
- Plataforma con carrocería separada: Es equivalente al tipo antes mencionado, pero se fundamenta en una plataforma sustituyendo al chasis. La carrocería de igual forma utilizando tornillos para sujetarse al mismo.
- Carrocería monocasco: Todos los elementos se manufacturan en una sola pieza, no obstante, es dependiente de componentes desmontables como la zona del motor, las puertas o los parachoques.
- Carrocería autoportante: Es la más utilizada actualmente y está integrada de variadas piezas soldadas entre sí, que integran la estructura del vehículo. La

carrocería se completa en el exterior con elementos desmontables, como puertas y capós, lo que reduce el costo de reparación o reemplazo de estos componentes.

Las carrocerías también se pueden categorizar según la proporción de volúmenes que presentan:

- Monovolumen: El espacio destinado al motor, el habitáculo y el maletero constituyen un único volumen integrado.
- Dos volúmenes: El espacio consignado al motor es autónomo, mientras que el espacio para los pasajeros y el espacio de carga se mezclan en uno solo.
- Tres volúmenes: Cada uno de los espacios está conformado como un volumen claramente diferenciado.

Dentro de los tipos de carrocería, se debe considerar la carrocería que va especialmente dirigida para los autobuses. En este contexto se caracteriza por proporcionar la capacidad de colocar más de 8 personas. Dependiendo de la longitud, hay cuerpos: un minibús, un autobús de capacidad media y un autobús de gran capacidad. La variación en el número de pasajeros, será variable, lo anterior depende de la longitud de la carrocería. Para el caso de los autobuses, se cuenta con modelos desde 8 metros hasta 12 metros para los que tienen la función denominada como urbanos (que sus recorridos son cortos y además tienen periodos de descanso continuos).

El diseño de cada uno de estos tipos de autobuses también está en función de la disposición del motor, el espacio de equipaje, la ubicación de las puertas, y las condiciones esenciales para asegurar el confort en el traslado de pasajeros. Por analogía con la cabina de un automóvil, una carrocería de autobús puede ser portante y no portante (marco), es decir, requiriendo al instalarlo en la central automática, la figura de un sistema de conductor separado en la forma del chasis.

La carrocería es lo esencial del vehículo, donde se ubican los pasajeros y la carga. Además, desempeña un papel esencial en la estética del vehículo, ya que el arquetipo de carrocería determina la clasificación del mismo.

A continuación, se exponen las diversas variantes de carrocerías existentes y sus principales especificaciones. Su evolución se remonta a las primeras carrocerías alrededor de 1770, cuando servían como estructura para los carruajes de madera. A inicios del siglo XIX, la composición de las carrocerías experimentó cambios significativos, adoptando formas curvas que distinguieron el diseño sobre los vehículos actuales. Ocasionalmente que la madera, que se usaba tradicionalmente para fabricar estas piezas, fuera sustituida por materiales más modernos tal es el caso del acero y el aluminio. Con el tiempo, ha mejorado en la producción del total de variantes de carrocerías, con el diseño de incrementar la seguridad, el confort y la eficiencia aerodinámica. Esto se traduce en lograr mayores velocidades con menos fuerza y gasto, gracias a investigaciones enfocadas en optimizar el coeficiente aerodinámico. En el caso de la seguridad, el enfoque está dirigido en desarrollar tipos de carrocerías ensambladas por diversas piezas unidas entre sí, elaboradas con diversos materiales y aleaciones metálicas (Nashipoezda 2022).

Uno de los adelantos logrados fue asignar funciones específicas a las diferentes partes de la carrocería, esto ha posibilitado el diseño de carrocerías más tenaces y seguras. Tal es el caso de los largueros frontales están actualmente diseñados para deformarse de manera controlada si ocurre un impacto frontal. Esta deformación programada permite absorber parte de la energía creada en el choque y disminuir las afectaciones a los ocupantes. Además, componentes como los pilares B pueden absorber parte de la energía tratándose de un impacto lateral, con una deformación mínima, lo que certifica la protección de los tripulantes durante estos eventos. Un esencial objetivo de mejora que se busca es, disminuir el peso total del vehículo, con la intención de reducir el tamaño de los motores y las emisiones contaminantes.

Para tener una idea y visualizar su estructura en su totalidad, en la representación de la figura 3 se muestra un ejemplo de una carrocería para autobuses urbanos.

Figura 3

Carrocería de autobús.



Fuente: Durán, (2017)

3.3.3 Chasis

Según Plaza (2014), los primeros chasis o bastidores se fabricaban con madera, pero luego se introdujeron materiales metálicos, comenzando con perfiles y tubos, y más tarde se añadieron las planchas unidas mediante remaches. Actualmente, esta variante se ha vuelto obsoleta y los chasis están fabricados con acero de alta calidad, que proporciona una combinación de rigidez y ligereza, además de facilitar el anclaje de los componentes secuenciales. La forma básica de un chasis contiene dos largueros longitudinales incorporados por travesaños, no obstante, la disposición de los componentes determina las características de cada viga. Este arquetipo de bastidor es característico de los vehículos industriales, mientras que la mayoría de los automóviles modernos han reemplazado en gran medida el chasis por la plataforma.

En general, un chasis o bastidor moderno no requiere mantenimiento y debe ser capaz de soportar las tensiones generadas durante su funcionamiento durante el

transcurso de toda su vida útil. Sin embargo, los accidentes o la corrosión pueden desalinearlo o dañarlo hasta que se realice una reparación.

Durán (2017) en su investigación describe el chasis, también conocido como bastidor, es una estructura interna que proporciona soporte, rigidez y forma a un vehículo u objeto durante su construcción y uso, similar al esqueleto de un ser vivo. En un vehículo, el chasis consiste en un marco que conecta y soporta los componentes mecánicos, como el motor, la suspensión de las ruedas, el sistema moto-propulsor y la carrocería. Su diseño está destinado a ensamblar una carrocería con elementos desmontables, incluyendo largueros, travesaños y diagonales. La Tabla 2 resume las capacidades y pesos que posee los chasis tomados del manual del carrocerero.

Tabla 2

Capacidad y peso del chasis

	Eje delantero	Eje trasero	Total
Capacidad técnica	7,500 kg	26,000 kg	33,500 kg
Límite legal	6,000 kg	18,000 kg	24,000 kg
Peso del chasis	4,987 kg	3,599 kg	8,586 kg

Fuente: Durán, (2017)

Cada vehículo necesita un núcleo estructural, un armazón que soporte todos sus componentes. El chasis o bastidor manobra como esa estructura metálica que sostiene otros elementos como las suspensiones, el motor, la carrocería y los demás componentes del automóvil.

Además de funcionar de soporte, el chasis o bastidor se desempeña con ciertos parámetros para certificar que todos los componentes se mantengan en su lugar, sin sufrir excesivas tensiones que los dañen, siendo el mencionado armazón el que

tiene el cargo de absorber todos esos esfuerzos mientras conserva cada elemento en su lugar.

La calidad y eficiencia del chasis dependen de sus características, por lo cual un buen bastidor debe satisfacer requisitos clave. Uno de estos requerimientos es una gran resistencia a la fatiga, lo que garantiza que no pierda sus propiedades en un determinado tiempo ni presente grietas o rupturas. Así mismo, se debe considerar gran rigidez para resistir los esfuerzos sin alterarse. Y finalmente, ligereza que posibilite que la unidad sea lo más ágil posible y que se aproveche al máximo la potencia del motor. Esta última característica del motor puede variar porque algunos modelos alojan el motor en la parte frontal y otros lo alojan en la parte posterior, lo cual depende de la forma de la carrocería. Para un mayor entendimiento, la figura 4 muestra cómo se conforma un chasis de autobús.

Figura 4

Chasis de autobús.



Fuente: Durán, (2017)

3.3.4 Ensamble total

Una línea de ensamblaje está compuesta por varias estaciones de ensamble y actividades que incluyen un tiempo de proceso o un tiempo destinado a realizar las tareas en cada estación, donde una agrupación de piezas se añade de manera predefinida mediante una secuencia (orden de proceso) para elaborar un producto específico.

La cadena de manufactura o de montaje se implantan teniendo en cuenta un movimiento fluido del material, por tal motivo las estaciones de trabajo se organizan en una sucesión de actividades que posibilita llevar a cabo la siguiente operación necesaria. Éstas tienden a ser pausadas por tareas de trabajo, y son encomendadas a individuos o estaciones de ensamble, tratando de que cada cantidad de tiempo de trabajo requerido sea igualada.

Dado que los productos complejos implican múltiples operaciones de ensamblaje (unión de componentes), es necesario identificarlas. Como parte documentada del proceso, las actividades de manufactura especifican las uniones y la manera en que los materiales se ensamblan para formar el producto final.

Por lo general, se emplean tornillos junto con adhesivos y remaches para las uniones. Para John A. Schey (2002), la unión reúne las piezas fabricadas mediante otros procesos unitarios y las conecta para formar una pieza más compleja, por lo que también podría considerarse un método de ensamble.

Una línea de producción consiste en una cadena de estaciones de ensamble constituidas de manera que los productos se desplacen de una estación a otra, y en cada puesto se lleve a cabo una parte del trabajo total. (Groover, 1997). Las líneas de manufactura están compuestas por diversas estaciones automatizadas o semi-automatizadas, donde se van incorporando componentes o subensambles, ya sea por una persona, una estación o un robot, según la inversión de cada empresa. Además, cada estación de trabajo dispone de sistemas de configuración programables controlados por un PLC, para garantizar la repetibilidad y fabricar

distintos productos de manera más eficaz. Para un mayor entendimiento, la figura 5 muestra el ensamble total de un autobús.

Figura 5

Ensamble total de un autobús.



3.3.5 Proveedores en México.

En la competencia global actual, destacan actores clave (empresas) como Autobús, Zhengzhou Yutong, Xiamen King Long Motor, Toyota, Tata Motors, Volkswagen, BYD, Marcopolo, Anhui Ankai Automobile, CNH Industrial Daimler, Ashok Leyland Blue Bird, Hyundai, Navistar; quienes operan en los siguientes conglomerados: América del Norte (Estados Unidos, Canadá y México), Europa (Alemania, Francia, Reino Unido, Rusia, Italia y Resto de Europa), Asia- Pacífico (China, Japón, Corea, India, Sudeste Asiático y Australia), Sudamérica (Brasil, Argentina, Colombia y el resto de Sudamérica), Oriente Medio y África (Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Egipto, Sudáfrica y el resto de Oriente Medio y África).

Desde el punto de vista de Bustos (2014), en México, la elaboración de autobuses tiene una extensa trayectoria, reflejada en la presencia de numerosas plantas de

ensamble y productores de carrocerías en toda la extensión del país. Algunas de estas empresas destinan el 100% de su producción a la división de transporte de pasajeros, mientras que otras mezclan procesos para elaborar tanto autobuses como camiones. A continuación, se detallan aspectos importantes de los principales fabricantes en México:

- Volvo Autobuses. El ensamble de las unidades se efectúa en 4 zonas denominadas: chasis, ensamble o carrocerías, pintura y pruebas, en dichas etapas, el proceso utiliza 2.5 horas. Dentro de sus modelos está el 7300 articulado y biarticulado, Access, 9700, por mencionar algunos. Establecida en Tultitlán, Estado de México, su superficie oscila los 220 mil m² utilizando 50 mil a las infraestructuras. Arriban a México en 1998 al obtener las acciones de Mexicana de Autobuses (MASA). Invirtiendo en 1999 23 millones de dólares en la innovación de las instalaciones.
- Dina Camiones. Ubicada geográficamente en Ciudad Sahagún, Hidalgo, su inversión inicial fue de 100 millones de dólares creando 1300 plazas de empleo en este período. Utiliza 36 mil m². Se expande con su línea 2 de operación en 2013, invirtiendo 180 millones de pesos con lo que produce 1500 autobuses al año. Actualmente maneja una plantilla de 1200 personas. Ensambla diversas unidades como el Brighter, Runer, Linner Padrón, Ridder G, entre otros.
- Mercedes-Benz Autobuses. Produciendo desde el 13 de enero de 1994, cuando fue inaugurada en García, Nuevo León. La primera unidad ensamblada fue un CAIO Vitoria articulado en un chasis OF1318. Desde hace 20 años se han manufacturado arriba de 68 mil autobuses, distribuyéndose en chasis y autobuses terminados. Posee 547,625 m² de superficie (42,709 m² construidos) y en alianza con Polomex, genera 1,000 empleos. Su gama actual son Boxer, Boxer OF, Torino OH, Aliado, Viaggio, etc.
- Planta de Navistar. Ubicada en el municipio de Escobedo, Nuevo León, inicia operaciones en 1998 invirtiendo 200 millones de dólares. Ensambla unidades de International de clase mediano y pesado para el transporte de pasaje y de carga; produce 62,500 unidades al año. Dispone de un área total de 110 hectáreas. Su

oferta para el mercado son el 3000 RE, 3000 CE, 4700 FE, 4700 SCD, entre otros.

- Planta Scania. Ensambla chasis para autobuses ubicada en Querétaro, trabaja con 250 trabajadores. En 1992 inician en México. Manufactura modelos destacando el K310 4x2, K440 4x2, K400 4x26x2, K360 4x2.
- MAN Latino América. Inicia en 2010, la manufactura de autobuses de Volkswagen en sus instalaciones en Querétaro. Esta fábrica tiene 17 mil m² construidos, tiene una línea de producción, un taller para apoyo técnico y áreas de soporte. Manufactura modelos destacando el Volksbus 17.230, Volksbus 8.150 y 9.150, Volksbus 15.190, Volksbus 18.330, Volksbus 17.280.
- Grupo Autofin. Entra en operación en 2011 en Mineral de la Reforma, Hidalgo, invirtiendo 60 millones de pesos. Manufactura 1,000 autobuses al año. Opera con 90 trabajadores en sus instalaciones de 14 mil m². Su oferta para el mercado son SCD 12.200 así como SCD 12.210.
- Isuzu Motors México. Se ubica en San Martín Obispo, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, lanzan la primera unidad de prueba en el 2009, un ELF-600. Para su operación trabaja con el sistema SKD (Semi Knocked Down) o semidesarmado. Sus instalaciones ocupan una extensión de 9 mil m². Su gama actual de pasaje, manufactura el chasis ELF 600 Bus y el chasis ELF 600 Bus WTC.
- Giant Motors Latinoamérica. Inicia operaciones en 2006 en Ciudad Sahagún, Hidalgo, con un capital de 180 millones de pesos en infraestructura con 100% de capital mexicano. Una de sus líneas ensambla transportes de carga, la planta tiene destinada un área de 65 mil m² de área de producción, cuenta con 2 líneas de producción para producir 21 mil autobuses. Su set de modelos son GF 6000 Chasis, GF 6000 Orion y GF 250 Chasis.
- Hino Motors Sales. Inicia operaciones en 2009 su planta de producción ubicada en Silao, Guanajuato, con un capital alrededor de los 13 millones de dólares. Maneja el TPS (Sistema de Producción Toyota) para la manufactura de sus productos como el Serie 500. En 2015 pronostico la producción de más de 2 mil 400 unidades anualmente. Su gama actual son 816 Bus, 1524 Bus y 1727 Bus.

- American Coach de México. Desde el 2003, Manufactura autobuses, plataformas y carrocerías con chasis de MAN en sus instalaciones ubicadas en Ciudad Sahagún, Hidalgo. En 2006 inicia la manufactura de autobuses. Esta fábrica tiene 45 mil m². Sus productos principales son HLL, HL II, HL, HL III, entre otros.
- Irizar México. Perteneciente a Irizar Group. Apertura operaciones con un capital de 12 millones de dólares, su infraestructura produce 500 unidades anualmente pronosticando incrementar a 1,000 unidades. Opera en 60 mil m² de superficie en Querétaro. manufactura carrocerías como i5, PB y Century.
- Beccar. Se origina en 1984 con la denominación de Carrocerías Hermanos Becerra, en 1992 su principal función es reacondicionamiento y producción integra de autobuses. Se ubica en Zapotlanejo, Jalisco, posee 50 mil m² de infraestructura y opera con 600 operadores. Sus modelos principales son Urbus G2, Urviabus G2 MT, Urviabus MD y B330.
- Autopartes y Componentes (AYCO). Su operación se administra bajo el concepto de maquila de carrocerías para chasis de diversos productores entre los que destacan, International, Mercedes-Benz y VW, se ubica en Huehuetoca, Estado de México, su capacidad de producción es de 22 carrozados al día utilizando 1,500 trabajadores. Su gama actual son Zafiro, Sigma OF, Sigma, Magno, etc.
- Planta RECO. Ubicada en Tultepec, Estado de México, apertura en el 2011 donde produce carrocerías de autobuses urbanos e interurbanos dirige su mercado al interior del país y América Latina. Su capital oscila en 350 millones de pesos, para incrementar su ritmo de producción en 1,000 unidades anuales y producir en total 2,500 carrocerías, destacando, Transporter Alu Metrobús Alu, City Bus Alu motor frontal.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE MODELO

4.1 Descripción del modelo.

La investigación se reúne en un modelo cuyo objetivo es generar la combinación de las metodologías Lean manufacturing, ingeniería de calidad Coretools Seis sigma denominado LSQ. Como parte inicial del sistema LSQ, se llevará a cabo un diagnóstico de la organización cuyo objetivo es comprender su situación actual e identificar la compatibilidad y el desempeño de la matriz de requisitos.

El modelo LSQ opera desde una matriz de requisitos, que asiste a visualizar las etapas que permitirán trabajar la integración, además de presentar 5 niveles para conservar un crecimiento y desarrollo continuo, donde se pretende trabajar desde una perspectiva global sobre la empresa. Este modelo contiene 5 etapas denominadas: 1) Definición del proyecto (planeación); 2) Identificación de estrategias; 3) Análisis y medición; 4) Selección de herramientas, zonas de acción; y 5) Control, seguimiento y mejora. Las cuales están integradas por un bloque de requisitos. Respecto a los niveles de madurez, tienen la encomienda de fomentar un desarrollo de cada requisito con la designación de madurar el modelo de una manera sistemática. Los 5 niveles se despliegan de la siguiente manera: N1 Entiende; N2 Utiliza; N3 Lineamientos determinados; N4 Afectación del desempeño y N5 Utilización cotidiana.

A continuación, se detalla estas fases de la matriz:

1) Definición del proyecto (planeación). Para esta etapa se alinea la planeación estratégica establecida por la empresa, además los objetivos definidos para este periodo, para poder establecerlo el modelo utiliza la herramienta de Hoshin Kanri. Esta herramienta tiene la encomienda de desplegar los objetivos trazados desde la organización hacia las fases de proceso, convirtiéndolos en indicadores a cumplir sobre cada etapa, donde la adición de estos resulta los que plantea la alta dirección. De idéntica forma, para esta etapa se aborda la herramienta de APQP y Plan de control, centrándose en los nuevos modelos que los clientes demandan y los ya implementados, con la idea que se alineen a los requisitos para estas herramientas.

2) Identificación de estrategias. En esta fase se ejecuta un mapeo del estatus actual sobre la empresa y hasta donde se pretende alcanzar. Para lograrlo, el modelo utiliza herramientas como VSM, QFD, SIPOC según las necesidades, las cuales están dirigidas a establecer el estado actual sobre la empresa y la generación de un estado futuro, considerando los requerimientos indispensables para lograr los objetivos establecidos. Una vez establecido el estado actual, se crea un gap para poder alcanzar el estado futuro, que se cubrirá con herramientas de Lean manufacturing y Seis sigma, conforme a lo necesario, plasmado en una carta de proyecto donde se especifican variables, cantidades y la expectativa de ahorros, para finalmente trazar un diagrama de Gantt del total de tareas que se efectuarán con tiempos y responsables de su ejecución.

3) Análisis y medición. Para esta etapa se establece el análisis para los riesgos de nuevos procesos preestablecidos en la etapa preliminar, además de monitorear los nuevos productos utilizando la herramienta de AMEF. También se genera el MSA (sistema de medición) para los procesos asegurando su reproducibilidad y repetibilidad, para finalizar definiendo los KPI (indicadores de evaluación) del nuevo proceso.

4) Selección de herramientas, zonas de acción. Para esta etapa el deseo es realizar la validación de las herramientas a utilizar mediante la práctica de estadísticos que aseguren sean las idóneos con el proceso y alcanzar los objetivos

establecidos en la primera etapa. Además, se establecerán las herramientas para validar el Producto y el Proceso para los nuevos productos que se producirán para esta etapa, teniendo como resultado una implementación exitosa.

5) Control, seguimiento y mejora. Para esta etapa, los procesos y herramientas establecidos en las etapas anteriores deben permanecer y estar en una mejora continua constante. Para poder alcanzarlo se usa control estadístico de proceso y la herramienta jidoka, complementándolo desarrollando herramientas como plan de control total del nuevo proceso. Además, se instaura el OEE para comparar la capacidad actual productiva de un equipo con la cantidad efectivamente producida. Finalmente, se realiza un benchmarking para investigar, rastrear o incluso copiar los principios que sustentan los mejores comportamientos de unos de los elementos contrastados con los demás para los productos nuevos, con la herramienta APQP se busca el monitoreo con clientes y la retroalimentación, para evaluar y aplicar acciones correctivas necesarias.

Para los 5 niveles que se presentan, se busca un crecimiento constante sobre la empresa en las herramientas y estrategias establecidas, desglosándose de la siguiente forma:

N1 Entiende. La organización comprende el requerimiento que se genera sobre cada etapa que se desarrollaron previamente. La intención es esté consiente a lo que desplegará.

N2 Utiliza. La organización emplea el requerimiento establecido. Una vez que se entiende, usarlos diariamente es fundamental para su correcto funcionamiento.

N3 lineamientos determinados. La organización define los lineamientos de trabajo del requerimiento. Su ejecución va más allá de ser empírica y debe poseer indicadores que sirvan de guía.

N4 afectación del desempeño. La organización identifica cómo afecta a la ejecución del trabajo el requerimiento. Teniendo noción del alcance en el funcionamiento, así como saber lo que sucederá si no se ejecuta.

N5. Utilización cotidiana. La empresa debe utilizar de forma habitual el requerimiento. Una vez que lo ha entendido, utilizado y conoce los requisitos para ejecución, realiza las tareas del requerimiento buscando que se mejore día a día.

Los niveles de madurez se presentan en la matriz de requisitos del modelo LSQ (figura 6).

Figura 6 Matriz de requisitos del Modelo LSQ

ELEMENTO	No	REQUERIMIENTO	Preguntas de evaluación del requerimiento.	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	
				La organización entiende el requerimiento.	La organización utiliza el requerimiento.	La organización tiene determinados los requerimientos de operación del requerimiento.	La organización identifica como afecta el desempeño el requerimiento.	La organización utiliza como un modo de vida cotidiano el requerimiento.	
Fase 1. Definición del proyecto (Planación)	Plan de control HOSHIN KANRI ANQP	1.1	Despliegue de planeación estratégica actual y nuevos productos del cliente	¿La organización ha creado el equipo de trabajo para realizar el despliegue de objetivos, indicadores, métricas, recursos y las iniciativas prioritales incluyendo los nuevos modelos?	La organización entiende el concepto de despliegue de la planeación estratégica .	La organización utiliza despliegue de la planeación estratégica.	La organización tiene determinados los requerimientos para el despliegue de la planeación estratégica.	La organización identifica cómo el desarrollo que se desarrolla impacta en el desempeño de despliegue de la planeación estratégica.	La organización utiliza las necesidades de planeación estratégica como un modo de vida cotidiano.
	VSM SPOC	1.2	Identificación de las necesidades del cliente, flujo de proceso, requerimientos, desperdicios, tiempo ciclo, mediante una representación gráfica.	¿La organización tiene identificadas las necesidades del cliente, flujo de proceso, requerimientos, desperdicio, tiempo ciclo, representando el estado actual?	La organización entiende el concepto de necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual .	La organización utiliza las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización tiene determinadas las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización utiliza las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual como un modo de vida cotidiano.
	VSM OFD	2.1	Expectativa para obtener la Demanda del cliente. (Datos establecidos en la fase 1). ¿Qué se espera?	¿La organización tiene entendidos e identificadas las necesidades de la fase 1 y que se espera de cada una de ellas?	La organización entiende el concepto de las necesidades de la fase 1 y que se espera de cada una de ellas .	La organización utiliza las necesidades de la fase 1, y establecer en el que se espera de cada una de ellas.	La organización tiene determinadas las necesidades de la fase 1 y que se espera de cada una de ellas.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de las necesidades de la fase 1 y que se espera de cada una de ellas.	La organización utiliza las necesidades de la fase 1 y que se espera de cada una de ellas como un modo de vida cotidiano.
	OFD	2.2	¿Cómo se pretende alcanzar los objetivos del proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros?	¿La organización tiene definido como alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuánto se requiere de cada uno de ellos?	La organización entiende el concepto de alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuánto se requiere de cada uno de ellos .	La organización utiliza estrategias para alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuánto se requiere de cada uno de ellos.	La organización tiene determinados como alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuánto se requiere de cada uno de ellos.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de los objetivos en variables de proceso y cuánto se requiere de cada uno de ellos.	La organización utiliza estrategias para alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuánto se requiere de cada uno de ellos como un modo de vida cotidiano.
	SPOC VSM	2.3	Identificación y determinación de procesos, su interacción y flujo. (Trazo de estado de desarrollo y determinación de Kambas y células de manufactura, identificación de ritas lean)	¿La organización tiene representado gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar?	La organización entiende el concepto de representación gráfica del flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar .	La organización utiliza estrategias para representar gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar.	La organización tiene determinado como alcanzar la representación gráfica del flujo de proceso para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar.	La organización utiliza las estrategias para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar como un modo de vida cotidiano.
Definir	2.4	Generar carta de proyecto. (Se especifica el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros)	¿La organización tiene documentados los alcances que se obtendrán con la nueva estructura?	La organización entiende el concepto de documentar los alcances que se obtendrán con la nueva estructura .	La organización utiliza programas para documentar los alcances que se obtendrán con la nueva estructura.	La organización tiene determinados como documentar los alcances que se obtendrán con la nueva estructura.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de los alcances que se obtendrán con la nueva estructura.	La organización utiliza las estrategias para documentar los alcances que se obtendrán con la nueva estructura como un modo de vida cotidiano.	
Diagrama de Gantt	2.5	Establecer las tareas y los tiempos en plan de proyecto	¿La organización ha establecido los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura?	La organización entiende el concepto de establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura .	La organización utiliza estrategias para establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización tiene determinados como establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización utiliza las estrategias para establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura como un modo de vida cotidiano.	
Fase 2. Identificación de estrategias.	AMIF	3.1	Identificar el modo y efecto de falla de los procesos identificados. Además de Establecer los controles actuales de prevención y detección	¿La organización ha identificado el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección?	La organización entiende el concepto de modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección .	La organización utiliza estrategias para establecer el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización tiene determinados el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización utiliza las estrategias para establecer el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección como un modo de vida cotidiano.
	MSA	3.2	Establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso. ¿Se ha establecido la manera de medir las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad?	¿La organización ha establecido las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad?	La organización entiende el concepto de establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad .	La organización utiliza estrategias para establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad.	La organización tiene determinados como establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad.	La organización utiliza las estrategias para establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad como un modo de vida cotidiano.
	INDICADORES	3.3	Establecer los indicadores de medición del nuevo proceso	¿La organización ha establecido los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso?	La organización entiende el concepto de establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso .	La organización utiliza estrategias para establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización tiene determinados como establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización utiliza las estrategias para establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso como un modo de vida cotidiano.
Fase 3. Análisis y medición.	Pruebas estadísticas	4.1	Determinar las herramientas estadísticas y de calidad además para el nuevo proceso. (Pruebas de Intendencia, Box plot, Análisis de Regresión y correlación, Prueba 2, t, chi cuadrada, normalitas, F, proporciones, Diagramas de dispersión, Histogramas, Pareto y gráfico P, Diagrama de Ishikawa, etc.)	¿La organización ha establecido las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad?	La organización entiende el concepto de las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad .	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad.	La organización tiene determinados como establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el uso de las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad.	La organización utiliza las estrategias para establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso como un modo de vida cotidiano.
	Herramientas de mejora	4.2	Determinar las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1. (Matriz Cause & Efecto, KANBAN, SMDP, TPM, 5S, 6S, KAIZEN, 7S, Design of Experiments (DOE), A3, tool de decisión, POKAYOKE, TAKT TIME)	¿La organización ha determinado las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1?	La organización entiende el concepto de determinar las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1 .	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1.	La organización tiene determinados como establecer las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1.	La organización utiliza las estrategias para establecer las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1 como un modo de vida cotidiano.
	ANQP	4.3	Determinar las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso.	¿La organización ha determinado las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso?	La organización entiende el concepto de establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso .	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso.	La organización tiene determinados como establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso.	La organización utiliza las estrategias para establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso como un modo de vida cotidiano.
	Plan de control	5.1	Establecer el plan de control para asegurar que las mejoras del proceso que se han identificado se institucionalicen. Eliminar la necesidad de controles manuales y la vigilancia detallada para mantener el rendimiento del proceso y Minimizar las alteraciones del proceso y el sobre-control.	¿La organización ha establecido el plan de control para asegurar que las mejoras del proceso que se han identificado se institucionalicen, eliminando la necesidad de controles manuales y la vigilancia detallada para mantener el rendimiento del proceso y Minimizando las alteraciones del proceso y el sobre-control?	La organización entiende el concepto de establecer el plan de control .	La organización utiliza estrategias para establecer el plan de control.	La organización tiene determinados como establecer el plan de control.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer el plan de control.	La organización utiliza las estrategias para establecer el plan de control como un modo de vida cotidiano.
Fase 4. Selección de herramientas, zonas de acción.	OEE	5.2	Establecer y comparar la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	¿La organización ha establecido y comparado la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida?	La organización entiende el concepto de la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida .	La organización utiliza estrategias para establecer la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	La organización tiene determinados como establecer la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer y comparado la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	La organización utiliza las estrategias para establecer y comparado la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida como un modo de vida cotidiano.
	Control estadístico de proceso (Iniciado)	5.3	Establecer y supervisar los procesos de fabricación a partir de mediciones de productos y lecturas de procesos para evaluar y monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas debido a paradas de líneas de producción justo en el momento en que un problema se produce por primera vez.	¿La organización ha establecido y supervisado los procesos de fabricación a partir de mediciones de productos y lecturas de procesos para evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas debido a paradas de líneas de producción justo en el momento en que un problema se produce por primera vez?	La organización entiende el concepto de evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas .	La organización utiliza estrategias para establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización tiene determinados como establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización utiliza las estrategias para establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas como un modo de vida cotidiano.
	Benchmarking	5.4	Investigar, rastrear o incluso copiar los principios que sustentan el mejor comportamiento de uno de los elementos comparados sobre el resto.	¿La organización ha investigado, rastreado o incluso copiado los principios que sustentan el mejor comportamiento de uno de los elementos comparados sobre el resto?	La organización entiende el concepto de Benchmarking .	La organización utiliza estrategias para establecer Benchmarking.	La organización tiene determinados como establecer Benchmarking.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer Benchmarking.	La organización utiliza las estrategias para establecer Benchmarking como un modo de vida cotidiano.
	ANQP	5.5	Retrospección, evaluación y acciones correctivas	¿La organización ha retrospectado, evaluado y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto?	La organización entiende el concepto de retrospección, evaluar y realizar las acciones correctivas pertinentes al producto .	La organización utiliza estrategias para establecer retrospectación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto.	La organización tiene determinados como establecer retrospectación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en retrospectación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto.	La organización utiliza las estrategias para establecer retrospectación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto como un modo de vida cotidiano.
	Plan de control	5.6	Establecer el plan de control para asegurar que las mejoras del proceso que se han identificado se institucionalicen. Eliminar la necesidad de controles manuales y la vigilancia detallada para mantener el rendimiento del proceso y Minimizar las alteraciones del proceso y el sobre-control.	¿La organización ha establecido el plan de control para asegurar que las mejoras del proceso que se han identificado se institucionalicen, eliminando la necesidad de controles manuales y la vigilancia detallada para mantener el rendimiento del proceso y Minimizando las alteraciones del proceso y el sobre-control?	La organización entiende el concepto de establecer el plan de control .	La organización utiliza estrategias para establecer el plan de control.	La organización tiene determinados como establecer el plan de control.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer el plan de control.	La organización utiliza las estrategias para establecer el plan de control como un modo de vida cotidiano.

Fuente: Elaboración propia

4.2 Metodología

El modelo LSQ desarrollado parte del análisis de estudios previos se centran en fijar el estado inicial del proyecto, para esto se realiza un diagnóstico sobre la empresa que ratifica cada requisito de la matriz en la totalidad de niveles. Esto tiene como objetivo analizar tanto el entorno interno como externo. Consecutivamente, se ratifican los objetivos determinados por la empresa para al análisis del entorno, se identifican los resultados del diagnóstico, situándolos en la matriz LSQ. (Lean-Sigma-Quality), como efecto de este paso es identificar el nivel sobre la empresa. Una vez que se tienen estos resultados, se inicia con las fases.

Fase 1 Definición del proyecto. Inicialmente se establecen los objetivos empleando la herramienta Hoshin Kanri para identificar los proyectos y necesidades sobre la empresa. Posteriormente, se examinan las exigencias de clientes internos y externos, estableciendo la diferencia entre lo disponible y lo requerido. Permitiendo crear un mapa del estado actual sobre la empresa basándose en los parámetros del VSM (Value Stream Map), normalmente utilizado para comparar las necesidades del cliente con el estado actual, con el designio de determinar la diferencia entre ambos.

Fase 2 Identificación de estrategias. Su objetivo es plasmar el estado idóneo, y establecer los proyectos adecuados utilizando la herramienta VSM (Value Stream Map) estado futuro. Se identifican las herramientas de la metodología necesarias para alcanzar el estado ideal, concluyendo con la carta de proyecto y plan de trabajo.

Fase 3 Análisis y medición. Se documentan los riesgos vinculados al nuevo proceso, se definen indicadores, se establecen los parámetros y se verifica el sistema para medición de cada uno de los procesos.

Fase 4 Selección de herramientas, zonas de acción. Se determinan las herramientas estadísticas y de calidad idóneas, y se diseña el programa afín de su aplicación en las mejoras necesarias; identificadas sobre la fase 2. Cuando existen

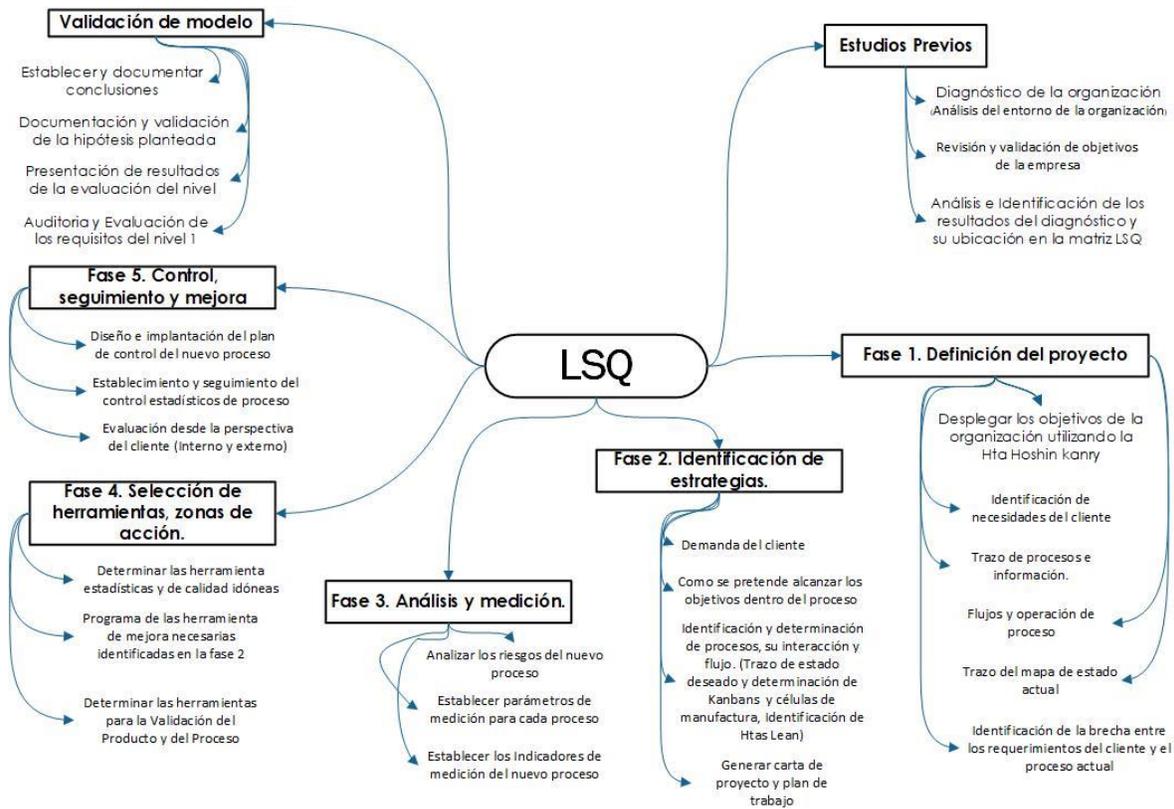
nuevos productos se establece las herramientas para la validación del producto y el proceso.

Fase 5 Control seguimiento y mejora. Se genera el plan de control para el nuevo proceso y se valoran las expectativas del cliente interno y externo, reconociendo si existen nuevos métodos que pueden replicarse en otros procesos, finalmente se instaura el seguimiento mediante el control estadístico de proceso, monitoreando las variables críticas y de interés para la organización.

Validación del modelo. En esta fase se establecen y documentan las conclusiones que se obtuvieron con la ejecución del modelo LSQ, se presentan los resultados para la valoración del nivel de madurez y se ejecuta una auditoria sobre los requisitos establecidos sobre la matriz encontrados sobre el nivel 1, en esta fase, exclusivamente se evaluarán requisitos de las herramientas utilizadas que logran el estado óptimo sobre la empresa. Posteriormente, se exponen los resultados al área directiva, formulando las conclusiones. Esta serie de actividades a seguir se puede contemplar en la representación de la Figura 7 que representa la Metodología LSQ.

Figura 7

Metodología LSQ.



Fuente: Elaboración propia

El modelo es secuencial, esto es, se aspira a una maduración del mismo dando continuidad a los niveles y requisitos de la matriz LSQ.

Si el presente modelo se quisiera implementar en otra organización, partirá de los objetivos encontrados sobre la fase 1 como consecuencia del Hoshin Kanri, donde se establecerán los nuevos objetivos a perseguir que demandaran herramientas diferentes para cada iteración. El proceso tomaría tiempo basados al resultado del diagnóstico, donde si no alcanzan el nivel 1 se tendría que lanzar una táctica de entrenamiento para poder operarlo.

4.2.1 Herramientas Lean Manufacturing.

Para este estudio, las herramientas de lean manufacturing demandadas por el sistema para la metodología sobre la fase 4 podrán utilizarse. Para tener una mejor comprensión de estas se detallan para entenderlas y comprender su aplicación.

VSM (Value Stream Map): En 1998, Mike Rother y John Shook desarrollaron una herramienta, el Value Stream Mapping (VSM), para progresar hacia la ejecución de producción ajustada o lean (Rother y Shook 2003). El VSM es una herramienta visual diseñada para representar el flujo sobre procesos que siguen una familia de productos, iniciando en los proveedores hasta los usuarios finales, de idéntica forma, el tráfico de información, que se origina con los clientes y finaliza con los proveedores de insumos, atravesando por la unidad de planificación de producción sobre la empresa, mediante un código previamente definido (Keyte, 2002).

Kanban: Raymond (2006), Gross & McInnis (2003). definen Kanban a modo de “una técnica de señales elaborado en Toyota para el flujo de materiales y subensambles dentro de un sistema de producción por demanda, usando tarjetas físicas. Su principal función es recortar el Trabajo en progreso (TEP), o el stock entre los procesos. Para conseguirlo, Kanban garantiza que procesos anteriores produzcan partes únicamente cuando sean forzados para procesos siguientes; como demanda, se concibe que los operarios del proceso inferior han utilizado las piezas que requieren de los procesos subsecuentes”

Takt time: Usualmente utilizado en producción para definir el ritmo de producción idóneo para dar cumplimiento a las exigencias de los clientes. Esta estrategia de fabricación es especialmente eficaz cuando se dispone de un lapso de producción limitado y una demanda constante por exigencia de los clientes. (Rother y Shook, 2003).

SMED (Single Minute Exchange of Die): Es una aglomeración de técnicas diseñadas para mejorar considerablemente la eficiencia operativa en la desinstalación y montaje de maquinarias en menos de diez minutos. Aunque este tiempo no siempre se alcanza en la totalidad los tipos de cambios de modelo o

preparación de maquinarias, se observan ahorros de tiempo. En consecuencia, esta técnica tiene un impacto significativo en la rápida disponibilidad, haciendo que las tareas del proceso sean más flexibles, aumentando la fabricación y mejorando notablemente la competitividad. (Cabrera, 2014).

Jidoka: Hamed y Soliman (2020) lo consideran como un léxico japonés manejado sobre la metodología de LM, cuyo significado es automatización con un toque humano. Este término hace énfasis en la calidad del producto; tradicionalmente, las piezas son inspeccionados al término del proceso y los defectuosos son descartados. JIDOKA plantea implementar un control de calidad sobre toda la cadena de producción, con la utilidad de identificar productos no conforme en proceso y, de ser preciso, detener la producción hasta erradicar todas las piezas defectuosas, ya sea de manera manual o automática, y corregir la causa del problema desde su origen. De manera, evitar que los productos defectuosos continúen dentro del proceso y se asegura la manufactura de productos 100% de alta calidad. Para conseguir este objetivo, se deben seguir cuatro pasos, considerando que los dos primeros pueden ser elaborados automáticamente, si bien, los últimos dos deben ser llevados a cabo por personal capaz de realizar las siguientes tareas:

1. Detectar la anomalía
2. Parar
3. Corregir la condición anormal
4. Investigar la causa e instalar contramedidas

5 S: Las cinco S es un concepto desarrollado por empresas japonesas, como Toyota, con el objeto de crear y mantener áreas de proceso limpias y ordenadas, facilitando las tareas de los trabajadores, proporcionando un ambiente laboral óptimo y promoviendo la calidad total en la totalidad de los aspectos sobre la empresa.

Las 5 S son 5 palabras en japonés cuyo significado es el siguiente:

- SEIRI: Organizar

- SEITON: Ordenar
- SEISO: Limpiar
- SEIKETSU: Estandarizar
- SHITSUKE: Disciplinar

El objetivo principal de este concepto es mejorar y preservar las condiciones laborales en toda la empresa, asegurando la seguridad de los trabajadores, el ambiente laboral, la motivación personal y la eficiencia, con el propósito elevar la calidad del producto, incrementar la fabricación de la compañía y fortalecer su competitividad para el mercado (Hiroyuki, 1996).

Mantenimiento Productivo Total (TPM): Su enfoque está en maximizar la operatividad de la maquinaria para toda su vida rentable. TPM involucra a totalidad los trabajadores del total sobre las áreas y niveles; se origina en los empleados para el mantenimiento sobre la infraestructura a través de actividades autónomas realizadas por grupos pequeños. Incluye elementos fundamentales como el diseño en un sistema de mantenimiento, entrenamiento en mantenimiento básico, habilidades para resolver problemas y tareas dirigidas a lograr un gemba sin interrupciones ni accidentes. El mantenimiento autónomo que realizan los trabajadores es parte de los ingredientes primordiales de TPM. Iniciando con la técnica 5 S (Imai, 1998).

Flujo continuo o one piece flow: Liker, y Meier (2005) abordan el tema en su libro “Toyota Way Fieldook”, lo describen como un método de producción donde todo lo necesario para fabricar está fácilmente disponible restringiendo el avance a la siguiente operación sin haber culminado la anterior. La utilidad de este proceso es elaborar la fabricación en el periodo considerado, sin interrupciones ni extensos tiempos de espera. Es una forma más eficaz de gestionar los recursos humanos y materiales, cuando se fabrican los productos en unidad por unidad. Al utilizar el flujo secuencial de piezas, cada actividad debe ajustarse según el tiempo takt determinado, y se observa que:

- El flujo de una pieza se utiliza para reducir el wip y el tiempo de ciclo.

- Mejora el SMED.
- Trabaja con FIFO.

Andon: Se considera una herramienta que consta en utilizar luces o señales brillantes en un panel para mostrar las circunstancias de trabajo al interior del área, asignando un color distinto para cada situación.

- **Rojo:** Máquina descompuesta
- **Azul:** Pieza defectuosa
- **Blanco:** Fin del lote de producción
- **Amarillo:** Esperando por cambio de modelo
- **Verde:** Falta de material

Aun cuando existen condiciones generales definidas por cada color, esta técnica se considera bastante flexible como para ser aplicada en cualquier industria, adaptándose a los requerimientos específicas de cada empresa (Rivadeneira y Ligña, 2018).

Heijunka: Es una expresión originada en Japón – empleada continuamente en empresas como Toyota, cuyo sistema de producción ha infundido a organizaciones a efectuar un avance lean – Significa «nivelar». Este concepto está fundamentado en equilibrar las operaciones de manufactura para disminuir costos y entregar lo que los clientes demandan en el instante idóneo. No es factible implementar el heijunka sin eliminar el desperdicio y la ineficiencia (Liker y Womack, 1998).

Gemba: Masaky Imai (1998), presenta un nuevo vocablo a la cultura de gestión occidental: Gemba, cuyo significado es lugar de trabajo. Vocabulario japonés que significa "lugar real", ahora utilizado en el ámbito gerencial para hacer referencia al sitio de trabajo o a la zona donde se genera valor. En manufactura, comúnmente hace referencia al área de producción.

Hoshin Kanri: Surgió en Japón en la década de los 50, dentro del contexto de la iniciación de la filosofía de Gestión de la Calidad Total, con la ejecución del premio Deming en Japón, los estudios preliminares realizados por la Unión Científica de Ingenieros Japoneses (JUSE), y las contribuciones de Deming, Juran, Ishikawa y

Yoji Akao. En esencia, Hoshin Kanri alude a la gestión dirigida por directrices o gestión basada en la dirección. Para USA se inicia en la década de los 80's, donde posee diversos nombres, siendo el más común "Policy Deployment". Lo significativo es que generar un sistema donde, desde el presidente hasta el eslabón más bajo de la jerarquía organizacional, todos cuentan con directrices y una alineación gerencial está dirigida a alcanzar los objetivos trazados por la compañía. Una directriz es una meta adyacente con el vínculo de medidas o planes de acción necesarios y suficientes para lograr el efecto establecido, según lo definido para el plan estratégico, así como el plan operativo anual.

Hoshin Kanri es una metodología que sincroniza y conecta de manera efectiva las operaciones de todos los operarios sobre la empresa con los objetivos organizacionales, con el propósito lograr metas fundamentales y adaptarse de manera flexible sobre los cambios del entorno.

Esta herramienta se fundamenta en la noción de que toda organización enfrenta fuerzas externas e internas que se encuentran en distintas trayectorias, lo que plantea el desafío de redirigirlas hacia un objetivo común, con una alineación gerencial orientada en una misma dirección. Para abordar esta situación, se destacan diversas peculiaridades de las fuerzas internas que afectan e influyen en el comportamiento de dispersión o colaboración en todo el organigrama perteneciente a la empresa (Akao, 1991).

Poka-Yoke: Hiroyuki (1991) menciona que complejidad de los métodos en las empresas contribuye significativamente a los errores humanos; a medida que los procesos se vuelven más complejos, los trabajadores tienen más probabilidades de cometer errores. Por esto, la filosofía POKA-YOKE promueve la simplicidad enfocada hacia los procesos para reducir los errores. POKA-YOKE es un mecanismo desarrollado por el ingeniero de Toyota Shigeo Shingo, cuyo objetivo es diseñar procesos donde cometer errores sea casi imposible. Un POKA-YOKE considerado como un sistema que previene los errores antes de que ocurran o los hace tan evidentes que los trabajadores pueden identificarlos y corregirlos a tiempo.

Existen 3 métodos de POKA-YOKE.

- Métodos de contacto: Las irregularidades en el acabado y las dimensiones del producto se identifican mediante sensores.
- Método de valor fijo: Las irregularidades en situaciones donde las actividades son repetitivas se identifican mediante inspecciones del número exacto de movimientos.
- Método de paso-movimiento: Las irregularidades se identifican al inspeccionar los errores en los movimientos estándar de las operaciones.

JIT (justo a tiempo): Hay (2003) lo define como filosofía que busca perfeccionar los sistemas de producción, elaborando la menor cantidad de unidades necesarias en el instante puntual. Esto se logra mediante el desarrollo de sistemas para distinguir problemas, eficientar la comunicación con proveedores, disminuir los lapsos de preparación y facilitar los procesos, entre otros aspectos.

Los más importantes fines considerados en la filosofía son:

- Aborda los problemas prioritarios.
- Erradicar desperdicios
- Buscar la simplicidad
- Establecer sistemas para identificar problemas.

Kaizen: Plantea que nuestra manera de vivir debe ser mejorada de forma continua. Implica enfoques y estrategias de desarrollo centrados hacia los procesos para garantizar la mejora constante, involucrando a personas en toda la organización independientemente del nivel jerárquico. Efectuar pequeños avances diarios puede trasladar a la empresa a competir eficazmente en un mercado global (Imai, 1998).

OEE (Overall Equipment Efficiency): Hansen (2001) lo define como un indicador que mide los puntos fundamentales de la manufactura industrial. Compara y calcula la desigualdad entre la proporción de partes que podrían haberse producido y las unidades sin defectos que efectivamente se han producido.

Visual Factory. La fábrica visual es una concepción de LM que destaca la importancia específica de situar información clave en el sitio idóneo donde se requiere. También conocida como gestión visual o zona de trabajo visual, esta

práctica se enfoca en colocar información relevante en las estaciones de trabajo mediante la aplicación de señales, etiquetas, carteles, vitrinas y otros recursos visuales. Estos elementos contribuyen a crear un ambiente de trabajo más seguro y eficiente, eliminando el requerimiento de capacitación continua y supervisión constante (Greif, 1991).

A3: Se considera una herramienta enfocada a la resolución de problemas que está fundamentado en el Ciclo Deming (PDCA) y que facilita el aprendizaje sobre la empresa, provoca la colaboración y promueve la generación de acciones de mejora. Se responsabiliza que el equipo asignado examine y resuma el problema utilizando una sola página de tamaño A3, llamado informe A3. El espacio reducido al presentar un problema permite que todos los involucrados lo vean desde la misma perspectiva, ayudando a enfocarse en los aspectos clave y evitando presentaciones extensas que consumen tiempo sin ofrecer soluciones. Además, la representación visual de los datos e información mejora la comunicación con todos los participantes (Sobek y Smalley, 2008).

Toyota KATA: El concepto de Toyota Kata fue creado por Mike Rother. Se considera una guía para liderar equipos, enseñándoles a adoptar y mejorar las metodologías de pensamiento utilizadas por Toyota.

En japonés, kata (型) hace énfasis a una serie de movimientos repetitivos y estructurados para los que un practicante de artes marciales se compromete intencionalmente para garantizar que dichos movimientos se conviertan en una acción automática (Rother, 2009).

4.2.2 Herramientas Seis Sigma.

Para este estudio, determinadas herramientas de Seis sigma requeridas por el sistema para esta metodología sobre la fase 4, podrán aplicarse dependiendo de su justificación. Seguidamente, se detallan para entenderlas y comprender su aplicación.

Control estadístico de procesos o Cartas de Control (SPC): El SPC es una técnica para medir y gestionar la calidad basada en el monitoreo de operaciones de fabricación. Se recopilan datos sobre el producto, mediciones de procesos y lecturas, con el propósito evaluar, supervisar y controlar el proceso.

En 1930, se introduce el concepto de Control Estadístico como un mecanismo para garantizar la calidad, manejando gráficos de control además considera que tanto el producto, así como el proceso generaban datos que necesitaban ser analizados. Esto llevó a un enfoque preventivo y no únicamente en la detección. Antes y durante la década que incluye el año 1920, la intención del aseguramiento de calidad se concentraba en la verificación individual en la fabricación en masa, valorando las habilidades de los operarios mediante auditorías e inspecciones (AIAG, 2005).

Diagrama de Ishikawa: Comúnmente identificado como esquema de Espina de Pescado por su diseño, este diagrama es un emblema gráfico que facilita la percepción de las causas raíces que inician un problema específico, distinguiéndose como una herramienta muy adoptada en la Gestión de Calidad. Su uso ayuda a orientar la toma eficiente de decisiones al abordar los componentes que determinan una práctica deficiente.

El Diagrama Ishikawa se complementa eficazmente con el Diagrama de Pareto, el cual ayuda a preferenciar las acciones correctivas centrándose en solo causas que representan el mayor porcentaje de problemas, las cuales suelen ser relativamente pocas en términos numéricos. (50minutos, 2016).

5 Why o 5 porqués: Comúnmente utilizado para identificar la causa raíz de un problema. Alude a un enfoque interrogativo, indagando sobre el motivo de cada evento que ocurrió antes del daño hasta llegar a la causa primordial. Generalmente, solo se requieren cinco preguntas para conseguir la respuesta deseada, de ahí el nombre "5 por qué".

La principal ventaja de este método radica en reconocer que existen una sucesión de eventos previos que conducen al fallo. Normalmente, los problemas no se deben a un solo evento, sino a un cumulo de causas y efectos, o un "efecto dominó". El

estudio de los 5 por qué se considera un proceso sencillo y rápido para identificar el origen real del problema, aplicable en una diversidad de situaciones (Oliveira, 2021).

QFD: El despliegue de la función de calidad (QFD, por sus siglas en inglés) es un método enfocada en el diseño servicios y productos que recopila las demandas y expectativas demandadas por los clientes y las convierte en etapas subsecuentes hacia particularidades técnicas y operativas que las satisfacen. El QFD nació en Japón en los años 60 y su método fue desarrollada y extendida para las décadas siguientes. En su núcleo se sitúa la matriz de calidad, una tabla que puede vincular la voz del cliente con los requisitos que la cumplen. Esta matriz de calidad suele desplegarse frecuentemente para crear adicionales matrices que facilitan la realización de la voz del cliente.

Indagaciones recientes sobre QFD van aparte de las industrias manufactureras y de servicios, comprendiendo la formulación de estrategias empresariales y el análisis empresarial en los sectores privado y público. Así mismo, el QFD ahora incorpora conjuntos difusos y otros métodos matemáticas avanzados (Revelle y Moran, 1998).

Análisis de Regresión: Se considera una técnica de análisis que establece la relación aproximada entre una o más variables independientes y una variable dependiente. Con esta técnica estadística, se puede estudiar cómo se vinculan las variables seleccionadas y predecir valores basados sobre el modelo. Este análisis utiliza una técnica de estimación específico, con una variable dependiente y una o varias variables explicativas, para formar una ecuación que predice los valores sobre la variable dependiente.

La prueba de regresión contiene resultados como R^2 y valores P, que proporcionan información acerca de la precisión con la que la prueba realiza estimaciones sobre la variable dependiente (Devore, 2016).

Diagrama de Kano: Es un enfoque de análisis que se centraliza en la correspondencia entre las características o funciones pertenecientes al producto y el grado de satisfacción que estas forman en los clientes. Estas medidas son útiles

para las organizaciones y marcas al instante de instituir la calidad del producto específico.

La práctica y teoría fueron elaboradas por el japonés Noriaki Kano en los años 80. Kano sustenta que la operatividad sobre un producto genera satisfacción en los consumidores, pero esta satisfacción cambia a lo largo del tiempo. Para estar al tanto de la opinión que generan los clientes, se manejan encuestas para determinar si un artículo tiene o necesita ciertas características. De esta manera, se investiga qué funciones los usuarios consideran más relevantes, cuáles creen que pueden mejorarse y cuáles perciben como obsoletas.

El modelo presentado por Kano está fundamentado en la manera en que los usuarios distinguen los atributos sobre los productos, congregándose en cinco categorías, estos nombres pueden variar dependiendo de la traducción.

Funciones del modelo presentado por Kano

1. Funciones esperadas o básicas. Se considera como las características mínimas que los clientes anticipan que un producto ostenta para satisfacer un requisito. Si estas características no están presentes, causan una enorme insatisfacción, si bien, si están, no necesariamente aumentan el grado de satisfacción.
2. Funciones deseadas o de rendimiento. Así mismo, conocidas como funciones de desempeño, están estrechamente conectadas sobre la satisfacción del cliente. Comúnmente valoradas de modo positivo y, mientras más se encuentren presentes estén sobre los productos, mayor será su aceptación. Incluso pueden influir en la predilección producida por los clientes por estos productos sobre los elaborados por la competencia.
3. Funciones de entusiasmo o motivación. Consideradas como características adicionales que los clientes no esperan encontrar en un producto, lo que ocasiona una agradable sorpresa al superarse sus perspectivas y eleva su satisfacción. No obstante, no contar con estas funciones no reduce la satisfacción del cliente.

4. Funciones neutras o indiferentes. Los clientes consideran estas características como insignificantes, al no brindar un valor tangible y su falta no es percibida. En consecuencia, no afectan ni positiva ni negativamente la satisfacción, siendo dispensables.
5. Funciones invertidas o de rechazo. Son las particularidades percibidas de forma en desaprobación por los clientes, las aprecian incómodas o importunas, de ahí que, a medida que se incrementan, disminuye su nivel de satisfacción.

El modelo planteado por Kano funciona como una herramienta para valorar la capacidad del producto o servicio actual para satisfacer las expectativas del cliente, como para desplegar un concepto de producto que certifique su satisfacción. Adicionalmente, el modelo Kano es una habilidad eficaz para identificar y catalogar las peculiaridades y propiedades del producto que aportan satisfacción hacia el cliente. Se considera un diagrama que clasifica minuciosamente los atributos del producto, estimando por un lado la satisfacción que generan y, así mismo, el rendimiento que producen (Bhattacharyya y Rahman, 2004).

Voz del Cliente (VOC): La Voz del Cliente (VoC, por sus siglas en inglés) es un término comúnmente utilizado en la investigación de mercado, que refleja las opiniones producida por los clientes acerca de su experiencia con productos, así como servicios.

La VoC representa las demandas y expectativas producida por los clientes, indicadas con sus propias palabras, y constituye el inicio fundamental para diseñar productos o servicios centrados en la calidad.

Los datos proporcionados por la VOC pueden ser de dos tipos: cualitativa y cuantitativa. La primera, también se le conoce como lingüística, se identifica por ser subjetiva y exploratoria y tiende a ser abierta, además, provee la estructura, las relaciones subyacentes y forma la base de información para futuras investigaciones. Por otro lado, la VOC cuantitativa o numérica, tiende a ser más objetiva y específica, está más enfocada a la investigación generada por mercados y provee las medidas

para la información cualitativa basado en su importancia y fuerza de relación (Mazur 2003).

Pruebas de hipótesis: Considerada como una norma que establece los criterios para aceptar o rechazar una afirmación sobre una población, basándose en la evidencia presentada por una proporción de datos.

Una prueba de hipótesis valora dos afirmaciones opuestas en una población: la hipótesis nula, así como la hipótesis alternativa. La hipótesis nula hace referencia a la afirmación que se someterá a prueba, generalmente indicando que "no hay efecto" o "no hay diferencia". La hipótesis alternativa es la afirmación que se desea probar como verdadera, basándose en la certidumbre proporcionada por los datos muestrales. (Devore, 2016).

SIPOC (Supplier Inputs Process Outputs Customers): Pande, Neuman y Cavanaugh (2002), consideran como una herramienta para identificar procesos, utilizada en la Gestión de Calidad Total y Six Sigma. Consiste en elaborar una tabla con columnas para cada uno de los componentes figurados por las siglas, donde se asignan los componentes en un proceso (actores y acciones) a cada columna. La matriz actúa como una guía visual que presenta las operaciones de manera precisa.

Elementos en las columnas:

- Suppliers. Hace énfasis en las personas o corporaciones que suministran información, materiales y otros recursos necesarios para efectuar el proceso.
- Inputs. Son los materiales o la información suministrados por los proveedores que son utilizados o modificados durante el proceso.
- Process. Cadena de pasos que transforman (y, esperamos, agreguen valor) las entradas.
- Outputs. Producto o servicio utilizado por el cliente.
- Customer. Hace énfasis en las personas, la empresa u otro proceso que recibe el resultado del proceso.

Cartas de Pareto: Considerado como un método que facilita la clasificación gráfica sobre la información según su relevancia, tiene la utilidad de identificar los problemas más notables a enfocarse y actuar. Esta técnica se fundamenta en el principio usado por Pareto o regla 80/20, que establece que el 80 % de los efectos provienen del 20 % generados por las causas.

El esquema de Pareto, así mismo, se identifica como curva de distribución ABC (Devore, 2016).

DOE (diseño de experimentos): Esta técnica estadística se conoce como un cúmulo de técnicas activas que actúan sobre un proceso para obtener los datos relevantes para mejorarlo, ajustando sus variables y la interacción o secuencia de su ejecución. Es un enfoque utilizado por organizaciones de diversos sectores para comprender la operatividad en un proceso, analizar las variables que lo afectan y, con el soporte de herramientas estadísticas, obtener los datos requeridos para su mejora (Montgomery, 2004).

4.2.1 Herramientas Coretools.

Estas herramientas fueron descritas en el apartado 2.4.3 Ingeniería de calidad (Coretools) del capítulo 2.

4.3 Población y muestra. Selección del caso de estudio

Para esta investigación fue elegida una organización con las características definidas dentro del contexto. Por lo cual, los resultados para la puesta en práctica solo reflejarán el funcionamiento del modelo para esta empresa, infiriendo que si otra empresa tiene similares características lo podrá ejecutar con la metodología descrita. Dado el supuesto de presentarse quiera aplicar en otra organización, la fase 1 es crucial para su despliegue, debido que, al identificar la brecha de lo actual a lo anhelado, es donde se seleccionarán y desplegarán las herramientas necesarias para ser desarrolladas.

4.4 Técnicas de investigación utilizada: Estudio de caso.

Existen diferentes tipos de técnicas de investigación cuando se trata de casos de estudio, adoptan en general, una visión más integrada. Al abordar un estudio de caso, existen diversas posturas, una de estas es la de Yin (1994), que la describe como: “una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo en su contexto real, característicamente cuando no es claro dónde terminan el fenómeno y su contexto. En este tipo de investigación de estudio de caso, se aborda una situación técnicamente única, con diversas variables de interés que datos observacionales. Como consecuencia, se apoya en diversas fuentes de evidencia, manejando datos que deben converger a través de un enfoque de triangulación. Además, se beneficia del desarrollo previo de propuestas teóricas que guían tanto la recopilación como el estudio de datos”. Esto permite sostener que el método de estudio de caso es un instrumento de investigación valiosa, cuya principal fortaleza radica en que permite medir y documentar el comportamiento de las personas implicadas en el fenómeno estudiado. En contraste, los métodos cuantitativos se enfocan únicamente en la información verbal emanada mediante encuestas o cuestionarios (Yin, 1989). De la misma manera, en el método de estudio de caso, los datos pueden ser coleccionados de diversas fuentes, tanto cualitativas como cuantitativas, como documentos, registros archivados, entrevistas directas, observación directa, participación en el desarrollo de investigación y el estudio de instalaciones u objetos físicos (Chetty, 1996). Los estudios de caso son una metodología aplicada en diversas disciplinas, que van desde la medicina y el derecho hasta la economía y la sociología. Además, es especialmente empleada en el campo de la comunicación social, según lo expuesto por Codina (2021), en ocasiones, aunque comúnmente se asocia con métodos cualitativos de manera correcta, también puede ser utilizado con datos tanto cualitativos como cuantitativos. De lo anterior, Remenyi (2012), se entiende que un estudio de caso en la investigación académica es un término que se emplea para referirse a una iniciativa investigativa que es/tiene:

1. Se utiliza para contestar preguntas de investigación complejas o desafiantes;
2. Un enfoque empírico para responder a la pregunta de investigación;
3. Involucrar muchas variables no todas las cuales pueden ser obvias;
4. Métodos cualitativos, cuantitativos o mixtos y pueden usarse tanto en el modo positivista como en el interpretativista;
5. Presentado como una narrativa, como una forma de facilitar la respuesta a la pregunta;
6. Un enfoque claro en una unidad de análisis.

Se puede resumir según Gerring (2017), que un estudio de caso es un análisis minucioso de un único caso o de un número reducido de casos, utilizando datos observacionales, y tiene como finalidad proporcionar información sobre un grupo más amplio de casos. Para esta investigación, el enfoque está orientado hacia este tipo de estudio, ya que se llevará a cabo en una sola empresa, donde interviene el comportamiento de varios sujetos en un ambiente cerrado (dentro de una empresa), como respuesta a una problemática con la ejecución de 3 metodologías que guían tanto la mejora continua como los requisitos de los clientes.

CAPÍTULO 5

CASO DE ESTUDIO

5.1 Implementación del modelo.

5.1.1 Diagnostico.

Como parte inicial de la metodología se utiliza la matriz LSQ, con la que se evalúa cada uno de los requerimientos sobre la empresa para hacer un diagnóstico, lo cual se puede ver en la Figura 8.

Figura 8 Diagnostico LSQ.

ELEMENTO	No	REQUERIMIENTO	Preguntas de evaluación del requerimiento.	NIVEL					
				NIVEL 1. La organización entiende el requerimiento.	NIVEL 2. La organización utiliza el requerimiento.	NIVEL 3. La organización tiene determinados los lineamientos de operación del requerimiento.	NIVEL 4. La organización identifica como afecta al desempeño el requerimiento.	NIVEL 5. La organización utiliza como un modo de vida cotidiano el requerimiento.	
Fase 1. Definición del proyecto (Planeación)	Plan de control	1.1	¿La organización ha creado el equipo de trabajo para realizar el despliegue de planeación estratégica actual y nuevos productos del cliente?	La organización entiende el concepto de despliegue de la planeación estratégica .	La organización utiliza despliegue de la planeación estratégica.	La organización tiene determinados los lineamientos para el despliegue de la planeación estratégica.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el despliegue del despliegue de la planeación estratégica.	La organización utiliza el despliegue de la planeación estratégica como un modo de vida cotidiano.	
	VSM SPOC	1.2	¿La organización tiene identificados las necesidades del cliente, flujo de proceso, requerimientos, desperdicios, tiempo ciclo, mediante una representación gráfica?	La organización entiende el concepto de necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual .	La organización utiliza las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización tiene determinados las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el despliegue de las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización utiliza las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual como un modo de vida cotidiano.	
	VSM QFD	2.1	¿Especifica para obtener la Demanda del cliente. (Datos establecidos en la fase 1). ¿Que se espera?	La organización tiene entendido el concepto de las necesidades de la fase 1 y que se espera de cada una de ellas?	La organización entiende el concepto de las necesidades de la fase 1 y que se espera de cada una de ellas.	La organización utiliza las necesidades de la fase 1 y que se espera de cada una de ellas.	La organización tiene determinados las necesidades de la fase 1 y que se espera de cada una de ellas.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el despliegue de las necesidades de la fase 1 y que se espera de cada una de ellas.	La organización utiliza las necesidades de la fase 1 y que se espera de cada una de ellas como un modo de vida cotidiano.
	QFD	2.2	¿Como se pretende alcanzar los objetivos dentro del proceso y cuanto se espera de cada uno de ellos. (con que cuenta la organización y que dificultad tiene para alcanzarlos)	La organización tiene definido como alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos?	La organización entiende el concepto de alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos.	La organización utiliza estrategias para alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos.	La organización tiene determinados como alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos.	La organización utiliza estrategias para alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos como un modo de vida cotidiano.
	SPOC VSM	2.3	Identificación y determinación de procesos, su interacción y flujo. Trazo de estado de control y determinación de Kanban y células de manufactura, identificación de Hiza Lean	¿La organización tiene representado gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar?	La organización entiende el concepto de representación gráfica del flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar .	La organización utiliza estrategias para representar gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar.	La organización tiene determinado como alcanzar los objetivos en el flujo de proceso para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en representar gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar como un modo de vida cotidiano.	La organización utiliza estrategias para alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos como un modo de vida cotidiano.
Definir	2.4	Generar carta de proyecto. (Se especifica el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorro)	¿La organización tiene documentado el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorro?	La organización entiende el concepto de documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorro .	La organización utiliza estrategias para documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorro.	La organización tiene determinado como documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorro.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en la documentación del proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorro.	La organización utiliza estrategias para alcanzar la documentación del proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorro como un modo de vida cotidiano.	
Fase 2. Identificación de estrategias.	Diagrama de Gantt	2.5	Establecer las tareas y los tiempos en plan de proyecto	¿La organización ha establecido los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura?	La organización entiende el concepto de establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura .	La organización utiliza estrategias para establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización tiene determinado como establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización utiliza estrategias para alcanzar los objetivos de la nueva estructura como un modo de vida cotidiano.
	ANIEF	3.1	Identificar el modo y efecto de falla de los procesos identificados. Además de Establecer los controles actuales de prevención y detección	¿La organización a identificado el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección?	La organización entiende el concepto de el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección .	La organización utiliza estrategias para establecer el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización tiene determinado el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización utiliza estrategias para establecer el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección como un modo de vida cotidiano.
	M&A	3.2	Establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso. (Se ha establecido la manera de medir las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad)	¿La organización a establecido las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad?	La organización entiende el concepto de las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad .	La organización utiliza estrategias para establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad.	La organización tiene determinado como establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad.	La organización utiliza estrategias para establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad como un modo de vida cotidiano.
	INDICADORES	3.3	Establecer los indicadores de medición del nuevo proceso	¿La organización ha establecido los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso?	La organización entiende el concepto de establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso .	La organización utiliza estrategias para establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización tiene determinado como establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización utiliza estrategias para establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso como un modo de vida cotidiano.
	Fase 3. Análisis y mejora de medición.	Pruebas estadísticas	4.1	Determinar la herramienta estadística y de calidad idónea para el nuevo proceso. (Pruebas de inferencia, Dos sales, Análisis de Regresión y correlación, Prueba t, chi cuadrada, normalidad, F, proporciones, Diagramas de dispersión, Histogramas, Puntos y grafica P, Diagrama de Ishikawa, etc.)	¿La organización ha establecido las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad?	La organización entiende el concepto de las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad .	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad.	La organización tiene determinado como establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad.
Herramientas de mejora		4.2	Determinar las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1. (Matriz Causa & Efecto, KANBAN, SMED, TPM, HEIJUNKA, KAIZEN, 5 S, Design of Experiments (DOE), Árbol de decisión, POKAYOKE, TAKI TIME)	¿La organización ha Determinado las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1?	La organización entiende el concepto de determinar las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1 .	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1.	La organización tiene determinado como establecer las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1 como un modo de vida cotidiano.	
APQP		4.3	Determinar las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	¿La organización ha determinado las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso?	La organización entiende el concepto de establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso .	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso.	La organización tiene determinado como establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso.	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso como un modo de vida cotidiano.
Plan de control		5.1	Establecer el plan de control para asegurar que las mejoras del proceso que se han identificado se institucionalicen. Eliminar la necesidad de controles manuales y la vigilancia dualada para mantener el rendimiento del proceso y el control.	¿La organización ha establecido el plan de control para asegurar que las mejoras del proceso que se han identificado se institucionalicen?	La organización entiende el concepto de establecer el plan de control .	La organización utiliza estrategias para establecer el plan de control.	La organización tiene determinado como establecer el plan de control.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer el plan de control.	La organización utiliza estrategias para establecer el plan de control como un modo de vida cotidiano.
OEE		5.2	Establecer y comparar la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	¿La organización ha establecido y comparado la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida?	La organización entiende el concepto de la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida .	La organización utiliza estrategias para establecer la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	La organización tiene determinado como establecer la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer y comparar la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	La organización utiliza estrategias para establecer y comparar la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida como un modo de vida cotidiano.
Fase 4. Selección de herramientas, zonas de acción.	Control estadístico de procesos	5.3	Establecer y supervisar los procesos de fabricación a partir de mediciones de productos y lecturas de procesos para evaluar y monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	¿La organización ha establecido y supervisado los procesos de fabricación a partir de mediciones de productos y lecturas de procesos para evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida?	La organización entiende el concepto de evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida .	La organización utiliza estrategias para establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización tiene determinado como establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización utiliza estrategias para establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas como un modo de vida cotidiano.
	Benchmarking	5.4	Investigar, rastrear o incluso copiar los principios que sustentan el mejor comportamiento de unos de los elementos comparados sobre el resto.	¿La organización ha investigado, rastreado o incluso copiado los principios que sustentan el mejor comportamiento de unos de los elementos comparados sobre el resto?	La organización entiende el concepto de Benchmarking .	La organización utiliza estrategias para establecer Benchmarking.	La organización tiene determinado como establecer Benchmarking.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer Benchmarking.	La organización utiliza estrategias para establecer Benchmarking como un modo de vida cotidiano.
	APQP	5.5	Retraimentación, evaluación y acciones correctivas	¿La organización ha retraimentado, evaluado y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto?	La organización entiende el concepto de evaluar y realizar las acciones correctivas pertinentes al producto .	La organización utiliza estrategias para establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización tiene determinado como establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización utiliza estrategias para establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas como un modo de vida cotidiano.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede contemplar, con el empleo de la matriz LSQ se identifica que la mayor parte de los requisitos (9) se encuentran nivel 3, seguida de 8 requisitos en nivel 2 por lo que la empresa actualmente utiliza y tiene determinados los lineamientos para operar algunas de las tácticas señaladas en el matriz LSQ.

5.1.2 Fase 1 Definición del proyecto

5.1.2.1 Hoshin kanri

Para esta sección como parte inicial del modelo LSQ, se desarrolló la matriz X de la herramienta Hoshin kanri, con la finalidad de alinear las expectativas de la dirección para el año en curso. Además, conocer la trayectoria hacia donde será dirigida la matriz LSQ, esto se tiene en la representación de la Figura 9.

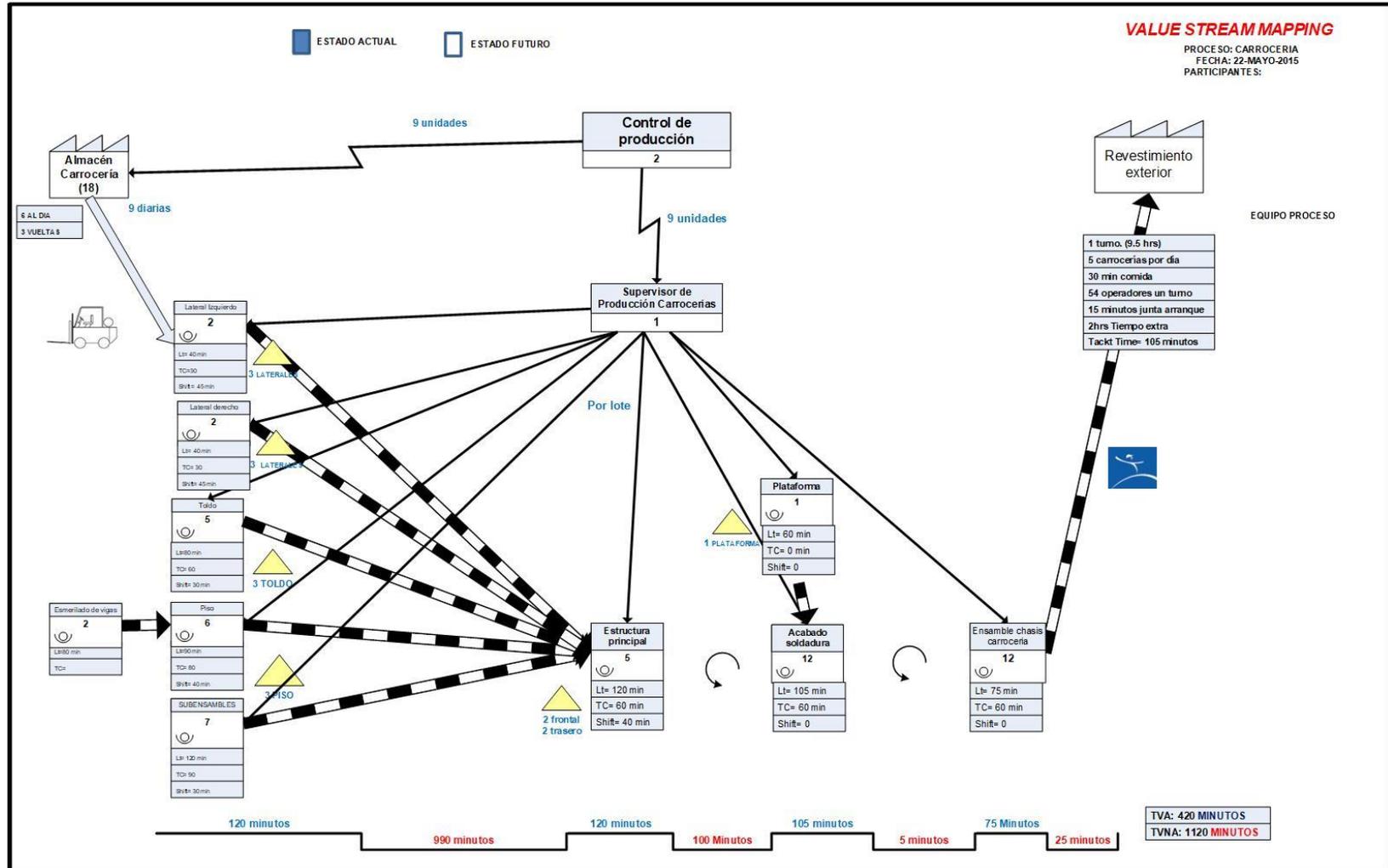
En la matriz Hoshin kanri de la compañía en estudio, se puede identificar que la empresa tiene la expectativa de poder realizar proyectos de lean manufacturing, seis sigma e ingeniería de calidad y es ahí donde se realizara la puesta en práctica de la matriz LSQ.

Para dar continuidad a las fases que marca LSQ, se identifica que los proyectos de mejora podrían presentarse en varias zonas en la empresa, para el caso de esta investigación se ha delineado que se maneje el área de carrocerías, por ser una zona con un alto índice de retrabajos y reprocesos. A continuación, se especifican las actividades realizadas.

5.1.2.2 VSM estado actual

Para esta etapa trazó el mapa del estado actual de la estación de carrocerías, contemplado como una zona a mejorar y cumplir con las expectativas del Hoshin Kanri, lo cual se visualiza en la representación de la figura 10, donde resaltan los desperdicios actuales en la empresa, contemplándolos como cotidianos en las áreas de operación.

Figura 10
VSM Estado actual.



Fuente: Elaboración propia

5.1.2.3 Identificación de la brecha

En esta etapa se identifica la brecha entre lo que la empresa tiene planeado alcanzar como metas para el presente año y las alternativas de solución que son consideradas a emplear. En este caso, utilizar la herramienta VSM para el área de carrocerías, ya que aporta un porcentaje significativo de desperdicios, dado esto, se establece la estrategia a utilizar estableciendo proyectos de mejora continua.

5.1.3 Fase 2 Identificación de estrategias

En esta fase pretende establecer las estrategias idóneas, para culminar los objetivos que tiene la empresa y cómo se lograrán, desarrollando el VSM estado futuro, que parte de conocer el estado actual.

Los desperdicios observados en el VSM estado actual de carrocerías, representan un alto porcentaje de los retrabajos e inventarios en la cadena de producción. Dado lo anterior, es como esta herramienta en su etapa de estado futuro traza un escenario libre de estos desperdicios, aplicando herramientas específicas de lean manufacturing y Seis sigma.

5.1.3.1 VSM estado futuro

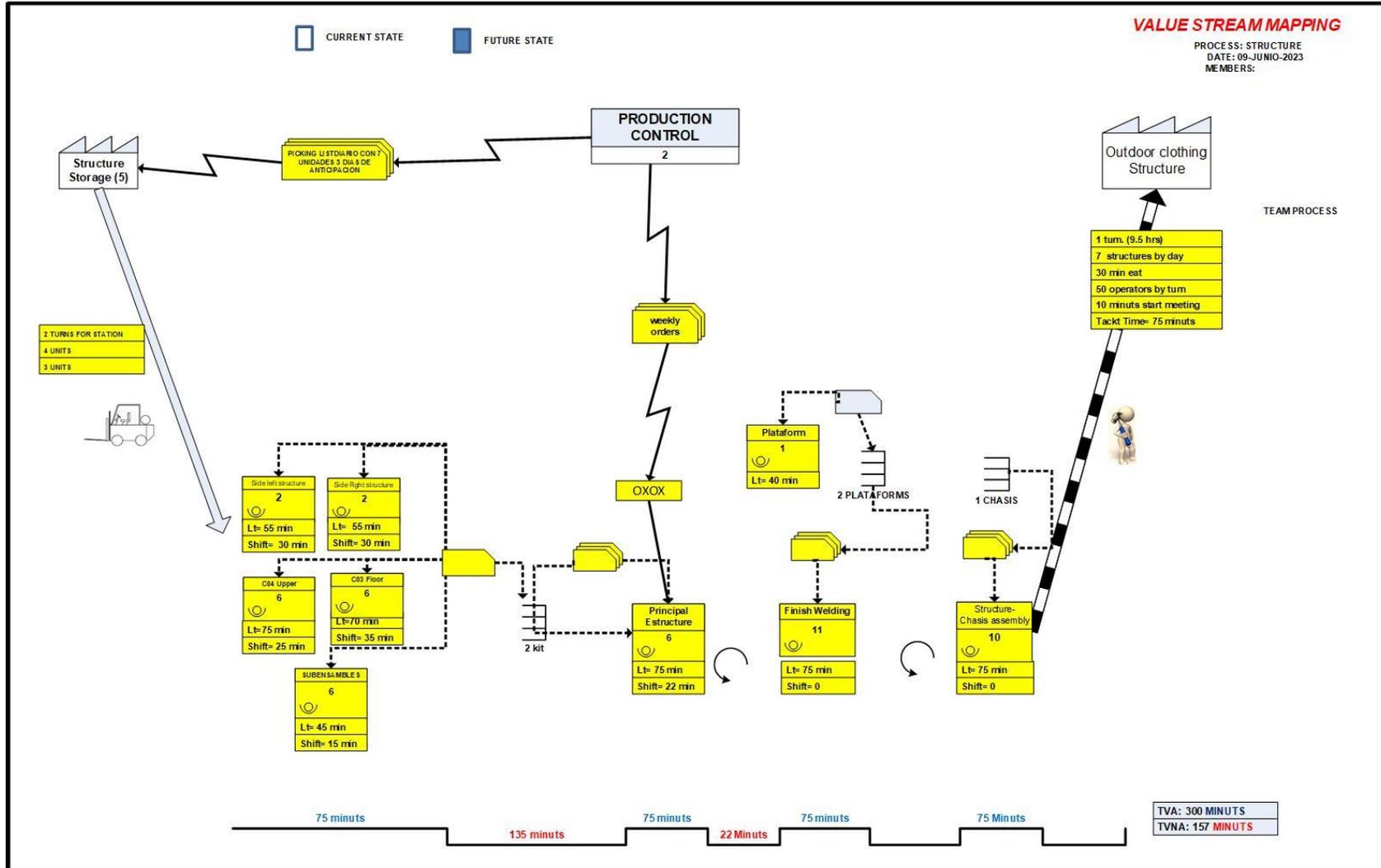
Una vez identificados los desperdicios generados en las operaciones del área de carrocerías y visualizando como puntos focales los retrabajos, el surtimiento de materiales, los paros por mantenimiento, los cambios de herramental, así como el personal que opera en esta; se identificaron las herramientas a utilizar para poder mitigarlos. Entre las herramientas a implementar destacan: Kaisen, TPM, Matriz de multihabilidades, Kanban, SMED, balanceo de líneas por el método Jalar, instrucciones de trabajo y un layout rediseñado (Tabla 3). Delineado lo anterior, se puede visualizar en la representación de la Figura 11, que plasma el VSM estado futuro.

Tabla 3*Oportunidades detectadas en carrocerías*

Desperdicios detectados	Herramientas a implementar
Se recibe materia prima que no cuenta con las especificaciones, lo que provoca una cantidad importante de adaptaciones que implican horas hombre de trabajo adicional.	Kaizen
Paro constante de máquinas que fallan y el personal se queda sin actividades.	TPM
Los operadores trabajan solo un área por no contar con las competencias para estar en otras áreas.	Matriz de multihabilidades
El surtimiento de las líneas de fabricación se realizan por lote, lo que ocasiona tener material en exceso y que como consecuencia los operadores desperdicien materia prima por tenerla en abundancia y no cumplir con estándares de calidad en las operaciones que realizan la primera vez.	Kanban
Los cambios en los herramientas se realizan hasta terminar el lote de producción de carrocerías.	SMED
Esta estrategia se enfoca en el técnica de empujar la producción, lo que ocasiona cuellos de botella y cuando se presenta demanda adicional se altera la planeación de la producción.	Balanceo de línea método jalar
El personal en la línea sólo puede operar en estaciones determinadas, por no contar con las competencias y habilidades necesarias en las otras áreas, además del consentimiento de calidad y manufactura para poder identificar si su operación se desarrolla correctamente.	Instrucciones de trabajo
La mala distribución de los contenedores de materiales en las primeras estaciones, ocasionan que los operadores y el proceso ocupen mayor tiempo del registrado en sus hojas de operación.	Layout

Fuente: Elaboración propia

Figura 11
VSM Estado futuro.



Fuente: Elaboración propia

5.1.3.2 Carta de proyecto

Este documento tiene el propósito de registrar el proyecto, el cual se expone al área de finanzas con la intención de validar los beneficios en la empresa una vez concluido el proyecto. En la representación de la Figura 12 se definen los parámetros que se pretenden cumplir.

Figura 12

Carta de proyecto.

CARTA DE PROYECTO					
Título de proyecto	Aumento de la eficiencia en el área de carrocería línea 3.			Administrador de proyecto	Asel Juárez Vite
Fecha de inicio de proyecto	JULIO	Fecha de termino de proyecto	NOVIEMBRE	Patrcinador de proyecto	DIRECCION
Necesidades de la empresa					
Actualmente la organización opera con 54 operadores en la línea de carrocerías manejando un tiempo de proceso de 810 minutos, además de un tiempo de cambio de herramental de 230 minutos produciendo 4 unidades con 2 horas extras diarias. Para poder cumplir con el programa de producción se pretende operar produciendo 7 unidades por turno.					
Alcance de proyecto			Entregables		
Asegurar el flujo en el proceso de carrocería línea 3 mediante la implementación de herramientas lean six sigma con el fin de alcanzar el 90% de la eficiencia.			Personas operando 50 Tiempo de proceso (minutos) 570 Tiempo de cambio Herramental (minutos) 157 Unidades producidas 7		
Riesgos y problemas			Suposiciones/Dependencias		
Incremento de producción. Colaboración de áreas.			Produccion, anual de 1200 unidades		
Alcances financieros					
Se pretende que con este proyecto la organización ahorre \$2,556,288 pesos y deje de gastar \$6,521,040 pesos, que sumado le estaria dejando un beneficio economico a la organización de \$9,077,328 pesos					
Cronograma de trabajo					
Tarea	Responsable	Tiempo (dias)	Inicio	Termino	
Eliminación de retrabajos	MANUFACTURA- CALIDAD	60	JULIO	AGOSTO	
Implementación del TPM	MANTENIMIENTO	60	JULIO	AGOSTO	
Matriz de multihabilidades	MANUFACTURA- CTRL PRODUCCION -PRODUCCION	60	AGOSTO	SEPTIEMBRE	
Implementación de kanban	CTRL PRODUCCION	60	AGOSTO	SEPTIEMBRE	
Implementación de SMED	HERRAMENTAL	90	AGOSTO	OCTUBRE	
Balanceo de líneas por el método Jalar	MANUFACTURA	90	JULIO	SEPTIEMBRE	
Instrucciones de trabajo	MANUFACTURA	60	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	
Layout rediseñado	MANUFACTURA	60	JULIO	AGOSTO	
Equipo de proyecto					
CALIDAD CTRL PRODUCCION MANUFACTURA MANTENIMIENTO PRODUCCION HERRAMENTAL					

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3.3 Diagrama de Gantt

Para poder dar seguimiento de las tareas que se realizarán, se utiliza el siguiente diagrama de Gantt, donde se visualizan las tareas que se realizaran para alcanzar la finalidad del proyecto, esto se visualiza en la representación de la Figura 13.

Figura 13

Diagrama de Gantt estado futuro.

ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	ÁREA	TIEMPO (DIAS)	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	Eliminar retrabajos	Marco Flores- Octavio Luqueño	Manufactura - Calidad	60	[Barra de Gantt: Julio y Agosto]					
2	Implementación TPM	Pedro Sánchez	Mantenimiento	60	[Barra de Gantt: Julio y Agosto]					
3	Matriz de Multihabilidades	Marco Flores- Isrrael Estrada	Manufactura- Producción	60		[Barra de Gantt: Agosto y Septiembre]				
4	Implementación KANBAN	Giovany Muños- Berenice Perez	Control de producción	60		[Barra de Gantt: Agosto y Septiembre]				
5	Implementación SMED	Eduardo Moterrubio	Herramental	90		[Barra de Gantt: Agosto, Septiembre y Octubre]				
6	Balanceo de línea Metodo Jalar	Marco Flores	Manufactura	90		[Barra de Gantt: Agosto, Septiembre y Octubre]				
7	Instrucciones de trabajo	Marco Flores	Manufactura	60		[Barra de Gantt: Septiembre y Octubre]				
8	Layout	Marco Flores	Manufactura	60		[Barra de Gantt: Septiembre y Octubre]				

Fuente: Elaboración propia

Con las acciones ejecutadas en esta fase, se tiene un panorama de lo implicado en el éxito del proyecto, así como los beneficios para la organización.

5.1.4 Fase 3 Análisis y medición

Una vez determinadas la nueva secuencia del proceso con el VSM estado futuro, se examinan los riesgos que esta pudiese tener, para realizarlo se utiliza la Herramienta AMEF de proceso, los parámetros de medición y los indicadores que deben estar en constante monitoreo.

5.1.4.1 AMEF

Esta herramienta pertenece a los Coretools, muestra los riesgos y fallas que pueden tener los proceso en el nuevo layout resultado del VSM estado futuro, además de ponderarlos y poder monitorearlos en tiempo para poder ejecutar las acciones y no detener el flujo en las operaciones. Para esta investigación el AMEF se visualiza en la representación de la Figura 14.

Figura 14

AMEF de proceso.

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA POTENCIAL														
No. Parte del producto: VIN 41786-22				Coordinador de la elaboración de AMEF: ASEL JUÁREZ VITE										
Modelo del producto: Urbano				No. De AMEF: 36				Participantes en la elaboración de AMEF: Calidad CTRL Producción Manufactura Mantenimiento Producción Herramental						
Cliente:				Revisión: 1										
Rangos de clasificación para severidad, ocurrencia y detección:				Fecha de emisión: 29/08/2020										
Hoja 1 de 1														
No. OP	Propósito Descripción	Modo de Falla Potencial	Efecto de Falla Potencial	SEVERIDAD	CAUSA POTENCIAL Mecanismo de Falla	OCURRENCIA	Controles Actuales de Prevención de Proceso	Controles Actuales de Detección de Proceso	DETECCIÓN	Acciones Recomendadas	Responsable	Resultado de Acciones Tomadas	OCURRENCIA	DETECCIÓN
HP-001	Lateral Izquierdo	Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de piezas	8	Maquina de soldar descabrada	3	Laboratorio de pruebas de soldadura	Pruebas de líquidos penetrantes y RX	2	48				
		Colocación incorrecta de elementos	No ensambla estructura principal	8	El operador no sigue el plano	1	Colocación de referencias de acuerdo al modelo	Insp de calidad contra plano	1	8				
		Dimensión incorrecta	No ensambla estructura principal	8	No se coloca la referencia adecuada	1	Herramental configura la montadura	Validación de calidad al inicio de producción.	1	8				
		Material incorrecto	No ensambla con la estructura	8	Almacen no surte el no. Pte correcto	1	Listado de materiales de acuerdo a modelo	Validación de calidad aleatoria	3	24				
HP-002	Lateral Derecho	Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de piezas	8	Maquina de soldar descabrada	3	Laboratorio de pruebas de soldadura	Pruebas de líquidos penetrantes y RX	2	48				
		Colocación incorrecta de elementos	No ensambla estructura principal	8	El operador no sigue el plano	1	Colocación de referencias de acuerdo al modelo	Insp de calidad contra plano	1	8				
		Dimensión incorrecta	No ensambla estructura principal	8	No se coloca la referencia adecuada	1	Herramental configura la montadura	Validación de calidad al inicio de producción.	1	8				
		Material incorrecto	No ensambla con la estructura	8	Almacen no surte el no. Pte correcto	1	Listado de materiales de acuerdo a modelo	Validación de calidad aleatoria	3	24				
HP-003	Toldo	Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de piezas	8	Maquina de soldar descabrada	3	Laboratorio de pruebas de soldadura	Pruebas de líquidos penetrantes y RX	2	48				
		Colocación incorrecta de elementos	No ensambla estructura principal	8	El operador no sigue el plano	1	Colocación de referencias de acuerdo al modelo	Insp de calidad contra plano	1	8				
		Dimensión incorrecta	No ensambla estructura principal	8	No se coloca la referencia adecuada	1	Herramental configura la montadura	Validación de calidad al inicio de producción.	1	8				
		Material incorrecto	No ensambla con la estructura	8	Almacen no surte el no. Pte correcto	1	Listado de materiales de acuerdo a modelo	Validación de calidad aleatoria	3	24				
HP-004	Piso	Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de piezas	8	Maquina de soldar descabrada	3	Laboratorio de pruebas de soldadura	Pruebas de líquidos penetrantes y RX	2	48				
		Colocación incorrecta de elementos	No ensambla estructura principal	8	El operador no sigue el plano	1	Colocación de referencias de acuerdo al modelo	Insp de calidad contra plano	1	8				
		Dimensión incorrecta	No ensambla estructura principal	8	No se coloca la referencia adecuada	1	Herramental configura la montadura	Validación de calidad al inicio de producción.	1	8				
		Material incorrecto	No ensambla con la estructura	8	Almacen no surte el no. Pte correcto	1	Listado de materiales de acuerdo a modelo	Validación de calidad aleatoria	3	24				
HP-005	Sub ensamblés	Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de piezas	8	Maquina de soldar descabrada	3	Laboratorio de pruebas de soldadura	Pruebas de líquidos penetrantes y RX	2	48				
		Colocación incorrecta de elementos	No ensambla estructura principal	8	El operador no sigue el plano	1	Colocación de referencias de acuerdo al modelo	Insp de calidad contra plano	1	8				
		Dimensión incorrecta	No ensambla estructura principal	8	No se coloca la referencia adecuada	1	Herramental configura la montadura	Validación de calidad al inicio de producción.	1	8				
		Material incorrecto	No ensambla con la estructura	8	Almacen no surte el no. Pte correcto	1	Listado de materiales de acuerdo a modelo	Validación de calidad aleatoria	3	24				
HP-006	Estructura principal	Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de piezas	8	Maquina de soldar descabrada	3	Laboratorio de pruebas de soldadura	Pruebas de líquidos penetrantes y RX	2	48				
		Colocación incorrecta de elementos	No ensambla estructura principal	8	El operador no sigue el plano	1	Colocación de referencias de acuerdo al modelo	Insp de calidad contra plano	1	8				
		Dimensión incorrecta	No ensambla estructura principal	8	No se coloca la referencia adecuada	1	Herramental configura la montadura	Validación de calidad al inicio de producción.	1	8				
		Material incorrecto	No ensambla con la estructura	8	Almacen no surte el no. Pte correcto	1	Listado de materiales de acuerdo a modelo	Validación de calidad aleatoria	3	24				
HP-007	Plataforma	Mal ensamble de pedal	No acciona la función que tiene	7	El operador no sigue el plano	2	Instrucción de operación IO-021	Validación de calidad con IO-021	3	42				
		Mal torque en ensamble	Desprendimiento de piezas	8	Mayor fuerza en apriete	3	Torquimetro TR. 021	Inspección de calidad con Torquimetro	3	72				
HP-008	Acabado de soldadura	Mal ruteado de cables y mangueras	Problemas en pegado de laminación	7	El operador no sigue el plano	2	Instrucción de operación IO-022	Validación de calidad con IO-022	3	42				
		Mal esmerilado	Problemas en pegado de laminación	4	Error del operario	2	Instrucción de operación IO-023	Validación de calidad con IO-023	3	24				
HP-009	Ensamble chasis carrocería	Unidad descuadrada	No ensambla con chasis	9	Error del operario	2	Instrucción de operación IO-025	Validación de calidad con IO-025	5	90				
		Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de estructura	8	Maquina de soldar descabrada	3	Laboratorio de pruebas de soldadura	Pruebas de líquidos penetrantes y RX	2	48				

MAYOR CRITICA CLAVE



FPE-CAL-VII-21-01-A

Fuente: Elaboración propia

5.1.4.2 MSA

El análisis al sistema de medición proporciona el diagnóstico de los sistemas de medición que se utilizan en la línea de producción. Entre los considerados visualizar en el AMEF son el torquímetro y la soldadura. Para el tema del torquímetro se tiene un laboratorio de metrología, que se encarga de verificar todos los instrumentos de medición que se utilizan en el curso proceso, validándolos contra piezas patrón. En cambio, la soldadura se valida con pruebas de líquidos penetrantes y RX, que las realizan personal especializado que cuenta con una certificación CQI.

5.1.4.3 Indicadores

Para este nuevo escenario que se diseñó como resultado del VSM estado futuro, se identifican nuevas operaciones para poder alcanzar el objetivo que se estableció. Para dar seguimiento a estos, se establecieron los siguientes indicadores:

- Tack time de 75 minutos
- Surtimiento en línea para 5 unidades en contenedores especiales
- 50 operadores en línea que operan en todas las estaciones
- Cambio de herramental en 157 minutos
- Fabricación de 7 unidades por turno
- 0 retrabajos en línea

5.1.5 Fase 4. Selección de herramientas, zonas de acción

Esta fase está centrada en la determinación de las herramientas que se utilizaran para mitigar los problemas identificados que no permiten a la organización alcanzar las metas pre establecidas desde la dirección. Para esto, en la fase 2 se han propuesto 8 herramientas enfocadas a cada desperdicio específico identificados en la línea de manufactura, como resultado del desarrollo del VSM estado futuro. La intención de esta fase es validar si existe una adecuada correlación entre la herramienta y el desperdicio que está presente, mediante pruebas estadísticas

específicas, tomando como elemento de selección el tipo de datos que esta genera, dentro de los clasificados como datos continuos y datos discretos.

Otro punto fundamental en esta fase es la integración de herramientas de la ingeniería de calidad coretools, partiendo del desarrollo del APQP para los nuevos diseños considerados en este periodo de evaluación.

5.1.5.1 Pruebas estadísticas

Las pruebas estadísticas estarán centradas en la correlación entre lo que pretende el proyecto, que para esta investigación es el incrementar la eficiencia, contra cada una de las herramientas seleccionadas en la fase 2, para lo cual, la Figura 15 muestra el cálculo de la eficiencia establecida en planta, donde se observa lo que actualmente se tiene, lo ideal según la empresa y el objetivo planteado en este proyecto.

Figura 15

Eficiencia establecida en planta.

Eficiencia en línea de producción.				
Unidades	Tiempo (hrs)	Operadores	Tiempo extra (hrs)	
4	8	54	2	Actual
5	8	54		Ideal
7	8	50		Objetivo

Unidades	% eficiencia
4	80
5	100
7	140

Por lo anterior el proyecto busca aumentar el 50% en la eficiencia en línea.

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinada la efectividad de la línea de ensamble, estableciendo los parámetros actuales y cuáles son los que requiere alcanzar, se determinó que la Y objetivo de esta investigación queda de la siguiente manera:

Y= Aumentar el 50 % de la eficiencia en la línea de producción de carrocerías

Dado lo anterior, se establecieron las pruebas estadísticas considerando la determinación de pruebas de hipótesis para las siguientes variables:

X1 Eliminación de retrabajos por medio de eventos kaizen.

X2 Implementación del TPM (mantenimiento productivo total)

X3 Matriz de multihabilidades.

X4 Implementación de Kanban.

X5 Implementación de SMED.

X6 Balanceo de líneas por el método Jalar.

X7 Instrucciones de trabajo.

X8 Layout rediseñado.

Para esta investigación no se ejecutaron las pruebas estadísticas en esta fase, avalados porque las herramientas implementadas al ser ejecutadas mostraron resultados satisfactorios que permitieron alcanzar la Y establecida en el proyecto. Estas herramientas se estarían utilizando si al implementar las herramientas se desconoce si podrán mitigar o contribuir a alcanzar los resultados que se buscan.

Sin embargo, se ejemplifica el procedimiento a seguir dado el caso de ser requeridas.

1. Establecer la X a validar.
2. Establecer la y del proyecto.
3. Plantear las hipótesis.

Ho: No existe relación entre X y

Ha: Si existe relación entre X y

4. Obtener datos. Datos históricos o experimentales.
5. Aplicar herramienta estadística (ver Figura 16 matriz de herramientas)
El tipo de herramienta a utilizar dependerá del tipo de datos. Los datos pueden ser de acuerdo a su naturaleza continuos o discretos.
6. Decisión.
La decisión dependerá del valor de p-value proporcionado por el software Minitab, Si $p\text{-value} < \alpha$, se debe rechazar la H_0 y por tanto si existe relación entre X e Y. Esta regla siempre es la misma, sin importar la herramienta utilizada. Además, que el valor de α puede ser 0.05 o 0.01.

Figura 16

Matriz de herramientas estadísticas.

		Variable independiente (X)	
		CONTINUA	DISCRETA
Variable dependiente (Y)	CONTINUA	ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y DE CORRELACIÓN	ANOVA, PRUEBAS DE Z Y T, PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS
	DISCRETA	REGRESIÓN LOGÍSTICA	PRUEBA DE JI-CUADRADA, PRUEBA DE PROPORCIONES

Fuente: Devore (2016)

5.1.5.2 Herramientas de Mejora

Una vez validada la relación de las herramientas con la Y del proyecto sobre la fase previa, se implementan en línea. Para lo anterior, la puesta en práctica la realizan las áreas correspondientes en los tiempos valorados en el diagrama Gantt descrito. Entre las evidencias obtenidas, se exponen las figuras 17 y 18.

Figura 17
Instrucción de trabajo.

CENTRO DE TRABAJO: C03		MODELOS APLICABLES: 10		FECHA DE ELABORACIÓN: 26/11/2015	
DESCRIPCIÓN			ENSAMBLE DE ESTRUCTURA PISO		
EQUIPO DE SEGURIDAD OBLIGATORIO		HERRAMIENTAS Y EQUIPO A EMPLEAR		ÁREA DE PROCEDENCIA:	
		Se realiza mención en la descripción de las operaciones		ÁREA QUE EMITE: MANUFACTURA	
				DIAGRAMA DE INSTALACIÓN DC35000135	
				NIVEL DE INGENIERIA:	

<p>05 Identificar material de estructura piso con apoyo de imagen referencial para su posterior colocación para poder tomarlo del rack y llevarlo hacia montadura</p> <p>Colocar material</p>	<p>10 Tomar material de rack y colocar material en montadura siguiendo la secuencia mostrada en la parte inferior (colocar 1 viga y posterior una columna de tubos y canales). Revisar que las vigas asienten correctamente en las referencias.</p> <p>Cerrar clamps</p>
<p>30 Puntear estructura en alojamiento de puerta trasera lado derecho con apoyo de máquina de soldar microalambre 0.035" y pizas de punta.</p> <p>Puntear</p>	<p>40 Cerrar clamps de herramental accionando el interruptor anexo a herramental. Verificando que no</p> <p>Activar clamps</p>
<p>50 Aplicar soldadura a sub ensamble con secuencia mostrada en parte inferior y al mismo tiempo ensamblando placas espaciadoras entre canales y vigas. Utilizando máquina de soldar microalambre 0.035". Utilizar andamio cuando se requiera alcanzar espacios elevados.</p> <p>Aplicar soldadura</p>	<p>60 Aplicar soldadura a sub ensamble por el lado contrario y al mismo tiempo colocar placas espaciadoras respectivamente para unir tubos y vigas. Utilizando máquina de soldar microalambre 0.035" y pinzas de punta.</p> <p>Aplicar soldadura</p>

CRITERIOS DE ACEPTACION DE CALIDAD:		TRAZABILIDAD:	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DUDA O ENSAMBLE:	
Vease Procedimientos			a) Reviso mi Operación, Materiales, Herramientas, Características de Unidad b) Doy aviso a mi Supervisor e Ingeniero de Manufactura	
EQUIPO DE MEDICIÓN:		Verifica que tu equipo de medición esté siempre en condiciones y dentro de Vigencia de Calibración, reportalo si no es el caso.		MANEJO DE RESIDUOS: Si tu operación genera residuos, asegura disponerlos en los contenedores especiales para cada tipo.
ELABORADO POR:	MARCO FLORES ING. DE MANUFACTURA	REVISADO POR:	COOR. DE	APROBADO POR: GERENTE DE MANUFACTURA

Fuente: Elaboración propia

Figura 18

Tren Kanban y contenedores de material.



Fuente: Empresa en estudio

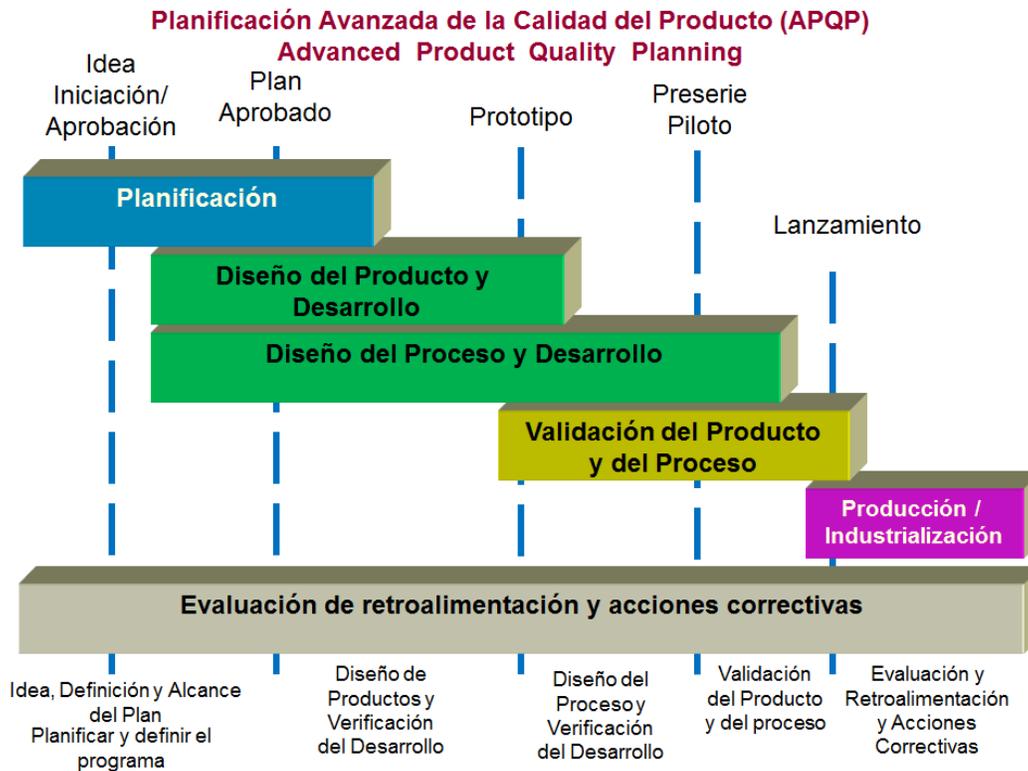
5.1.5.2 APQP

La industria automotriz es extremadamente competitiva. El diseño deficiente, los procesos ineficientes y la falta de cumplimiento con los compromisos establecidos en el programa de actividades de un proyecto tienen un alto costo.

Esta etapa solo se ejecuta cuando existen nuevos desarrollos en la empresa, es decir que los clientes nos soliciten productos que no se han manufacturado antes en las instalaciones. Esta metodología cuenta con etapas que se deberán ir cumpliendo, con la intención de demostrarle al cliente que la organización es apta para realizar ese nuevo producto. Las etapas que deben seguir para su ejecución se muestran en la Figura 19.

Figura 19

Etapas de APQP.



Fuente: AIAG (2024)

La APQP está estructurado en etapas, con la intención de saber en qué paso se encuentra, esto delinea los requisitos que debe cumplir la organización. Los principales entregables de esta etapa son:

Etapa 1. Planear y definir, entender los requerimientos del cliente, preliminares.

Etapa 2. Diseño y desarrollo del producto, todas las especificaciones técnicas, BOM (Bill of materials), listado de materiales, AMEF de diseño, evaluación de la factibilidad de fabricación, prototipos, planos, especificaciones y partes técnicas.

Etapa 3. Diseño y desarrollo del proceso, como se elaborará que abarca 5 puntos principales: diagrama de flujo, layout, AMEF de proceso, instrucciones de operación e instrucciones de empaque.

Etapa 4. Validación de producto y proceso, en esta se manejan dos elementos principales, el run and rate es cuando el cliente asiste al sitio a verificar que se trabaja a la velocidad que se solicitó y la carpeta PPAP (Proceso de aprobación de partes para producción).

Etapa 5. Retroalimentación, evaluación y acción correctiva, los principales son planes de mejora, reducción de variación y acciones correctivas y preventivas.

Algunos como: AMEF, Plan de control, MSA y SPC de los entregables correspondientes a las etapas antes mencionadas, ya se encuentran desarrolladas en fases previas del modelo LSQ.

5.1.6 Fase 5. Control, seguimiento y mejora

Se propone emplear un mecanismo destinado a asegurar las mejoras establecidas sobre la fase de mejora. Este enfoque se centra en una estrategia de control, que incluye instrucciones de control, destinación de responsabilidad en las propuestas de control, así como gráficos de control.

Los riesgos que perturban al proceso, como la resistencia al cambio, la escases de comunicación, las reglas comerciales y la cultura empresa, deben ser identificados en las tácticas de control del proceso mejoradas.

5.1.6.1 Plan de control

El plan de control como se refirió con antelación, es un documento vital que describe las tareas necesarias para garantizar que los efectos en el proceso cumplan con los parámetros establecidos. Adicional a esto, es menester destacar que se considera un documento vivo, en otras palabras, que se mantiene en constante actualización que ha pasado de detectar fallas en la operación o producto a prevenir que se presenten. En la representación de la Figura 20 se muestra cómo se estableció para este proyecto.

Figura 20

Plan de control.

<input type="checkbox"/> PROTOTIPO <input type="checkbox"/> PRELANZAMIENTO <input checked="" type="checkbox"/> PRODUCCION			EQUIPO QUE ELABORA:		ORGANIZADOR:	FECHA DE ELABORACION:							
PLAN DE CONTROL No. 108			NOMBRE	GERENCIA	ASEL JUAREZ VITE	29/08/2020							
CLIENTE	No. DE PARTE	MODELO	Calidad		APROBACION PLANTA:	FECHA DE EMISION:							
	VIN 41786-22	Urbano	CTRL Producción		ASEL JUAREZ VITE	29/08/2020							
			Mantenimiento		APROBACION DE CALIDAD:	REVISION:							
			Producción		ASEL JUAREZ VITE	A							
			Herramental										
No. De	Nombre de Proceso	Maquina/Depositive	CARACTERISTICAS		Clasificación de	METODOS				Plan			
Función	descripcion de la operación	Planilla, herramienta	No.	Producto	Proceso	Especificación/Tolerancia del producto/proceso	Técnica de la Evaluación de Medición	Responsabilidad de la operación	Tamaño	Frecuencia	MUESTRA	Metodo de control	Reacción
		Para manufactura				Características							
HP-001	Lateral Izquierdo	Grúa viajera Montadura lateral izquierdo	1	Mal acabado de soldadura		●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	lote	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
			2	Colocacion incorrecta de elementos		●	Ver Instrucción de trabajo	Colocacion en referencia	Operador	3	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
		Maquina de soldar	3	Dimención incorrecta		●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	SUPERVISOR DE CALIDAD	1	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
			4	Material incorrecto		●	Visual	VISUAL	OPERADOR	1	c/30pzas	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
HP-002	Lateral Derecho	Grúa viajera Montadura lateral Derecho	5	Mal acabado de soldadura		●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	lote	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
			6	Colocacion incorrecta de elementos		●	Ver Instrucción de trabajo	Colocacion en referencia	Operador	3	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
		Maquina de soldar	7	Dimención incorrecta		●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	SUPERVISOR DE CALIDAD	1	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
			8	Material incorrecto		●	Visual	VISUAL	OPERADOR	1	c/30pzas	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
HP-003	Toldo	Grúa viajera Montadura Toldo	9	Mal acabado de soldadura		●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	lote	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
			10	Colocacion incorrecta de elementos		●	Ver Instrucción de trabajo	Colocacion en referencia	Operador	3	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
		Maquina de soldar	11	Dimención incorrecta		●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	SUPERVISOR DE CALIDAD	1	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
			12	Material incorrecto		●	Visual	VISUAL	OPERADOR	1	c/30pzas	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
HP-004	Piso	Grúa viajera Montadura Piso	13	Mal acabado de soldadura		●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	lote	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
			14	Colocacion incorrecta de elementos		●	Ver Instrucción de trabajo	Colocacion en referencia	Operador	3	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
		Maquina de soldar	15	Dimención incorrecta		●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	SUPERVISOR DE CALIDAD	1	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
			16	Material incorrecto		●	Visual	VISUAL	OPERADOR	1	c/30pzas	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
HP-005	Sub ensamblajes	Mesas de trabajo con HTAL	17	Mal acabado de soldadura		●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	lote	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
			18	Colocacion incorrecta de elementos		●	Ver Instrucción de trabajo	Colocacion en referencia	Operador	3	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
		Maquina de soldar	19	Dimención incorrecta		●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	SUPERVISOR DE CALIDAD	1	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
			20	Material incorrecto		●	Visual	VISUAL	OPERADOR	1	c/30pzas	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
HP-006	Estructura principal	Grúa viajera Montadura estructural principal	21	Mal acabado de soldadura		●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	lote	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
			22	Colocacion incorrecta de elementos		●	Ver Instrucción de trabajo	Colocacion en referencia	Operador	3	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
		Maquina de soldar	23	Dimención incorrecta		●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	SUPERVISOR DE CALIDAD	1	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
			24	Material incorrecto		●	Visual	VISUAL	OPERADOR	1	c/30pzas	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
HP-007	Plataforma	Mesa de trabajo Herramientas de torque	25	Mal ensamble de pedal		●	Ver Instrucción de trabajo	VISUAL	OPERADOR	1	c/30pzas	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
			26	Mal torque en ensambla		●	Ver Instrucción de trabajo	Torquímetro	SUPERVISOR DE CALIDAD	1	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
			27	Mal ruteado de cables y mangueras		●	Ver Instrucción de trabajo	Ayuda visual	SUPERVISOR DE CALIDAD	1	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
HP-008	Acabado de soldadura	Grúa viajera Esmeril	28	Mal esmerilado		●	Visual	VISUAL	OPERADOR	1	c/30pzas	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
			29	No esmerilado		●	Visual	VISUAL	OPERADOR	1	c/30pzas	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION
HP-009	Ensamble chasis carrocería	Grúa viajera Maquina de soldar, Esmeril	30	Unidad descuadrada		●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	SUPERVISOR DE CALIDAD	1	INICIO DE PRODUCCION Y 1 CADA 30 PIEZAS	REGISTRO DE INSPECCION PROCESO FFE-CAL-V-01-02-A	DETENER PROCESO
			31	Mal acabado de soldadura		●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	lote	Hoja Viajera	AVISO A PRODUCCION

● MAYOR CRITICA
 ● CRITICA
 ◆ CLAVE

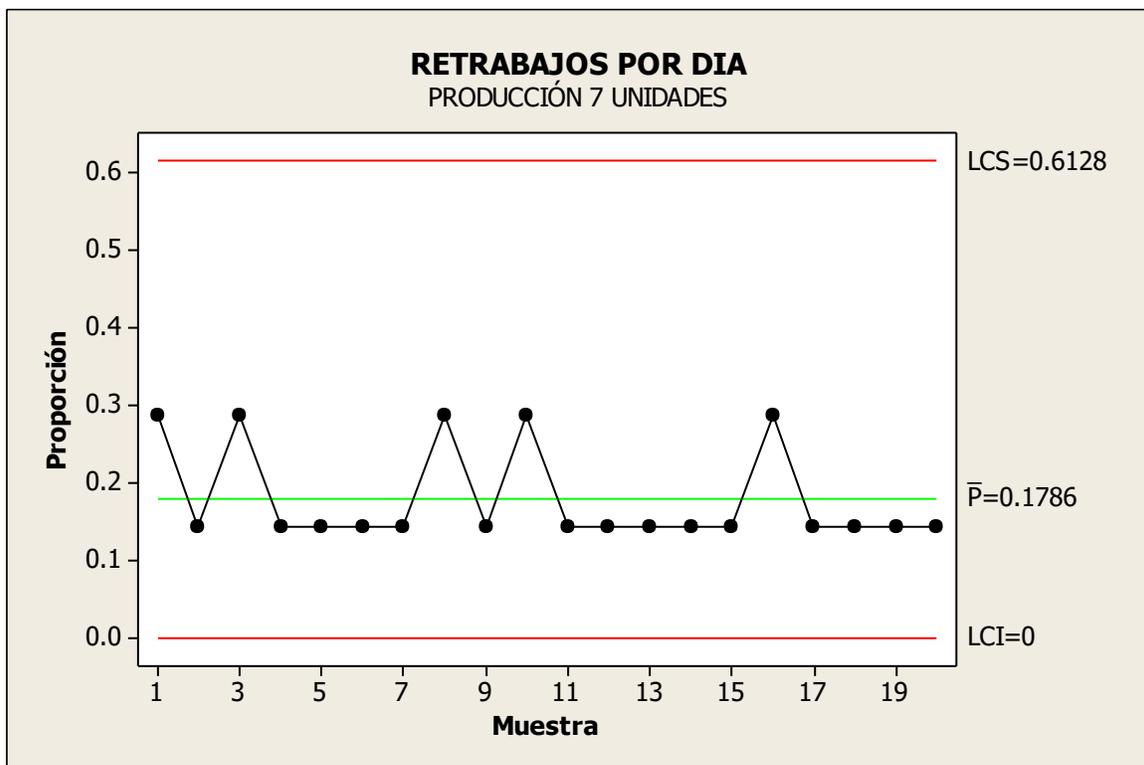
Fuente: Elaboración propia

5.1.6.2 Control estadístico de proceso

En esta etapa del modelo se monitoreo los retrabajos que se presentaron por día en un periodo de 20 días. En la Figura 21 se muestra la gráfica de retrabajos por día, donde se puede ver que la proporción es mínima, lo anterior debido a que después de haber implementado los eventos kaizen para los retrabajos, surgieron algunos (1 o 2 por día), por lo que se puede considerar como un proceso controlado.

Figura 21

Retrabajos por día.



Fuente: Elaboración propia

5.1.6.3 Benchmarking

En esta etapa de implementación del modelo, no se identificaron prácticas de otros procesos de la organización que se puedan aplicar, pero las practicas implementadas en esta línea como TPM, la Matriz de multihabilidades, la metodología Kanban y las Instrucciones de trabajo, representan opciones de

relevancia que se consideran aplicar en las líneas subsecuentes, con la idea de obtener beneficios adicionales.

5.2 Resultados

Aplicando el modelo LSQ desarrollado en la estación de carrocerías en la empresa en estudio, se realizó el diagnóstico por medio del cual fueron seleccionadas y aplicadas 8 herramientas de mejora, entre las que resaltan: Kaizen, TPM, Matriz de multihabilidades, Kanban, SMED, Balanceo de línea por el método Jalar, Instrucciones de trabajo más visuales y generación de un nuevo layout. Para estudiar los comportamientos en función del objetivo principal establecido sobre la fase 1.

La principal causa en la efectividad de la puesta en práctica del modelo LSQ, fue erradicar los desperdicios que no accedían el flujo continuo, como materiales, tiempos de cambio, retrabajos en línea, mantenimientos, balanceo de línea, entre otros. Al instaurar el nuevo flujo de proceso, la línea solo produce acorde a lo demandado, además de implementar supermercados en los subensambles que dan la señal para iniciar producción en las estaciones. Estos cambios permitieron fijar un tiempo takt de la cadena de producción de carrocerías de 75 minutos por estación, encarnando una disminución del 28.6% en el TVA y el 86% en el TVNA, equivalentes a 1083 minutos de tiempos en mejoras y un porcentaje promedio de 96.7% de ganancia por actividad. La comparación de los tiempos se puede visualizar con detalle en la Tabla 4, que presenta el análisis de los hallazgos de la culminación del modelo LSQ, donde se muestra un antes y un posterior a la puesta en práctica.

Tabla 4*Análisis de los resultados de la implementación del modelo LSQ*

Actividades	TVA VSM inicial (MIN)	TVA VSM futuro (MIN)	TVNA VSM inicial (MIN)	TVNA VSM futuro (MIN)	Mejoras (MIN)	Porcentaje de ganancia por actividad
Sub ensambles	120	75	-	-	45	37.5
Inventarios	-	-	990	135	855	86.4
Estructura principal	120	75	-	-	45	37.5
Inventarios	-	-	100	22	78	78
Acabado de soldadura	105	75	-	-	30	28.6
Inventarios	-	-	5	0	5	100
Ensamble chasis- carrocería	75	75	25	-	25	33.3
TOTAL	420	300	1120	157	1083	96.7

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

Se lograron resultados positivos con la puesta en práctica de estas herramientas, donde los resultados fueron los siguientes: Disminución de 4 personas en el proceso, disminución de 240 minutos en el periodo de proceso, disminución de 73 minutos de tiempo de ajuste de modelo y el beneficio de fabricar 2 unidades más en el turno normal de 9 horas como lo tiene programado la organización. Estos resultados se pueden apreciar a detalle sobre la Tabla 5.

Tabla 5*Beneficios de implementación del modelo LSQ*

Actividades	Actual	Objetivo	Beneficios
Personas	54	50	4
Tiempo proceso (Minutos)	810	570	240
Tiempo de Cambio	230	157	73
Productividad (Unidades)	5	7	2

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

En la Tabla 6 se exponen los beneficios económicos de implementar el modelo LSQ en la línea de carrocería en dos categorías, ahorros y lo que se deja de gastar con una proyección anual basada en la proporción de autobuses a producir. Para esta investigación al ser trasladados en el ámbito económico, la organización ahorro \$2,556,000 y dejó de gastar \$6,521,000 proyectada a fabricar 1200 unidades al año.

Tabla 6

Beneficios económicos de implementación del modelo LSQ

Ahorros	Cantidad	Horas Hombre	Costo mensual	3 meses	6 meses	Proyección anual
Operarios (costo operativo)	4	672	\$ 35,616	\$106,848	\$213,696	\$427,392
Operarios (costo planta)	4	672	\$213,024	\$639,072	\$1,278,144	\$2,556,288

Dejar de gastar (Promedio de unidades anual de 1200)	Cantidad (Horas)	Mensual	3 meses	6 meses	Proyección anual
Tiempo extra	2	\$5,724	\$343,440	\$744,120	\$1,488,240
Retrabajos	Varios	\$4,194	\$1,258,200	\$2,516,400	\$5,032,800

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

Finalmente, se llevó a cabo la evaluación de la matriz LSQ posterior a la ejecución de las herramientas, con la finalidad de analizar el impacto de las mejoras en los estratos que presenta. En la representación de la Figura 22 se observa la matriz con los nuevos niveles alcanzados.

Figura 22 Matriz LSQ

		ELEMENTO	No	REQUERIMIENTO	Preguntas de evaluación del requerimiento.	NIVEL 1. La organización entiende el requerimiento.	NIVEL 2. La organización utiliza el requerimiento.	NIVEL 3. La organización tiene determinados los lineamientos del requerimiento.	NIVEL 4. La organización identifica como afecta el desempeño el requerimiento.	NIVEL 5. La organización utiliza como un modo de vida cotidiano el requerimiento.
Fase 1. Definición del proyecto (Planeación)	Plan de control (Hoshin Kanri) / JAPD	1.1	Despliegue de planeación estratégica actual y nuevos productos del cliente.	¿La organización ha creado el equipo de trabajo para realizar el despliegue de planeación estratégica actual y nuevos productos del cliente?	La organización entiende el concepto de despliegue de la planeación estratégica.	La organización utiliza despliegue de la planeación estratégica.	La organización tiene determinados los lineamientos para el despliegue de la planeación estratégica.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de la planeación estratégica.	La organización utiliza el despliegue de la planeación estratégica como un modo de vida cotidiano.	
	VSM / SPOC	1.2	Identificación de las necesidades del cliente, flujo de proceso, requerimientos, desperdicios, tiempo ciclo, mediante una representación gráfica.	¿La organización tiene identificadas las necesidades del cliente, flujo de proceso, requerimientos, desperdicios, tiempo ciclo, mediante una representación gráfica?	La organización entiende el concepto de necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización utiliza las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización tiene determinadas las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización utiliza las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	
Fase 2. Identificación de estrategias.	VSM / QPD	2.1	¿Espectativa para obtener la Demanda del cliente. (Datos establecidos en la fase 1). ¿Qué se espera?	¿La organización tiene entendidos e identificadas las necesidades de la fase 1 que se espera de cada una de ellas?	La organización entiende el concepto de las necesidades de la fase 1 que se espera de cada una de ellas.	La organización utiliza las necesidades de la fase 1 y cuenta con lo que se espera de cada una de ellas.	La organización tiene determinadas las necesidades de la fase 1 y cuenta con lo que se espera de cada una de ellas.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de las necesidades de la fase 1 y cuenta con lo que se espera de cada una de ellas.	La organización utiliza las necesidades de la fase 1 y cuenta con lo que se espera de cada uno de vida cotidiano.	
	QPD	2.2	Como se pretende alcanzar los objetivos dentro del proceso y cuanto se espera de cada uno de ellos. (con que cuenta la organización y qué dificultad tiene para alcanzarlos)	¿La organización tiene definido como alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos?	La organización entiende el concepto de alcanzar los objetivos en variables de proceso y requiere de cada uno de ellos.	La organización utiliza estrategias para alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuenta con lo que se requiere de cada uno de ellos.	La organización tiene determinados los objetivos en variables de proceso y cuenta con lo que se requiere de cada uno de ellos.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuenta con lo que se requiere de cada uno de ellos.	La organización utiliza estrategias para alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuenta con lo que se requiere de cada uno de vida cotidiano.	
	SPOC / VSM	2.3	Identificación y determinación de procesos, su interacción y flujos. (Traza de estado de proceso y determinación de Kamban y células de manufactura. Identificación de Httas Lean)	¿La organización tiene representado gráficamente el flujo de proceso para procesos y flujos de proceso, además de que herramientas necesita implementar?	La organización entiende el concepto de representación gráfica del flujo de proceso para alcanzar los objetivos, además de que herramientas necesita implementar.	La organización utiliza estrategias para representar gráficamente el flujo de proceso para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar.	La organización tiene determinado como alcanzara la representación gráfica del flujo de proceso para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en representar gráficamente el flujo de proceso para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar.	La organización utiliza estrategias para representar gráficamente el flujo de proceso para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar.	
	Definir	2.4	Generar carta de proyecto. (Se especifica al proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros)	¿La organización tiene documentada el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros?	La organización entiende el concepto de documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización utiliza estrategias para documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización tiene determinado como documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en la documentación del proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización utiliza estrategias para documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros como un modo de vida cotidiano.	
	Diagrama de Gantt	2.5	Establecer las tareas y los tiempos en plan de proyecto	¿La organización ha establecido los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura?	La organización entiende el concepto de establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización utiliza estrategias para establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización tiene determinado como establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización utiliza estrategias para establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura como un modo de vida cotidiano.	
	AMRF	3.1	Identificar el modo y efecto de falla de los procesos identificados. Además de establecer los controles actuales de prevención y detección	¿La organización ha identificado el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección?	La organización entiende el concepto de modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización utiliza estrategias para establecer el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización tiene determinado el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización utiliza estrategias para establecer el modo y efecto de falla de los procesos identificados además de establecer los controles de prevención y detección como un modo de vida cotidiano.	
Fase 3. Análisis y medición.	MMA	3.2	Establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso. (Se ha establecido la manera de medir las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad)	¿La organización ha establecido la medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad?	La organización entiende el concepto de establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización utiliza estrategias para establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización tiene determinado como establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización utiliza estrategias para establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso como un modo de vida cotidiano.	
	INDICADORES	3.3	Establecer los indicadores de medición del nuevo proceso	¿La organización ha establecido los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso?	La organización entiende el concepto de establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización utiliza estrategias para establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización tiene determinado como establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso.	La organización utiliza estrategias para establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso como un modo de vida cotidiano.	
	Pruebas estadísticas	4.1	Determinar las herramientas estadísticas y de calidad idóneas para el nuevo proceso. (Pruebas de inferencia, Boxplot, Análisis de Regresión y correlación, Prueba Z, t, chi cuadrada, normalidad, F, proporciones, Diagrama de dispersión, Histograma, Pareto y grafica P, Diagrama de Ishikawa, etc.)	¿La organización ha establecido las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad?	La organización entiende el concepto de las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad.	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad.	La organización tiene determinado como establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad.	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad como un modo de vida cotidiano.	
Fase 4. Selección de herramientas, zonas de acción.	Herramientas de Mejora	4.2	Determinar las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1. (Matriz Causa & Efecto, KANBAN, SMED, TPM, HEIJUNKA, KAZEN, 5 S, Design of Experiments (DOE), Análisis de decisión, POKAYOKE, TAKT TIME)	¿La organización ha determinado las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1?	La organización entiende el concepto de seleccionar las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1.	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1.	La organización tiene determinado como establecer las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1 como un modo de vida cotidiano.	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1 como un modo de vida cotidiano.	
	APQP	4.3	Determinar las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	¿La organización ha determinado las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso?	La organización entiende el concepto de establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso.	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso.	La organización tiene determinado como establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso.	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso como un modo de vida cotidiano.	
Fase 5. Control, seguimiento y mejora	Plan de control	5.1	Establecer el plan de control para asegurar que los riesgos del proceso que se han identificado se institucionalicen. Eliminar la necesidad de controles manuales y la vigilancia detallada para mantener el rendimiento del proceso y Minimizar las alteraciones del proceso y el sobre control.	¿La organización ha establecido el plan de control para asegurar que las mejoras del proceso que se han identificado se institucionalicen?	La organización entiende el concepto de plan de control.	La organización utiliza estrategias para establecer el plan de control.	La organización tiene determinado como establecer el plan de control.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer el plan de control.	La organización utiliza estrategias para establecer el plan de control como un modo de vida cotidiano.	
	OEE	5.2	Establecer y comparar la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	¿La organización ha establecido y comparado la capacidad de producción de sus equipos con la cantidad efectivamente producida?	La organización entiende el concepto de la capacidad de producción de sus equipos con la cantidad efectivamente producida.	La organización utiliza estrategias para establecer la capacidad de producción de sus equipos con la cantidad efectivamente producida.	La organización tiene determinado como establecer la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer y comparar la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	La organización utiliza estrategias para establecer y comparar la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida como un modo de vida cotidiano.	
	Control estadístico de proceso / Jishu	5.3	Establecer y supervisar los procesos de fabricación a partir de mediciones de productos y lecturas de procesos para evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas, debido a paradas de líneas de producción justo en el momento en que un problema se produce por primera vez.	¿La organización ha establecido y supervisado los procesos de fabricación a partir de mediciones de productos y lecturas de procesos para evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas, debido a paradas de líneas de producción justo en el momento en que un problema se produce por primera vez?	La organización entiende el concepto de evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización utiliza estrategias para establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización tiene determinado como establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas.	La organización utiliza estrategias para establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas como un modo de vida cotidiano.	
	Benchmarking	5.4	Investigar, rastrear o incluso copiar los principios que sustentan el mejor comportamiento de unos de los elementos comparados sobre el resto.	¿La organización ha investigado, rastreado o incluso copiar los principios que sustentan el mejor comportamiento de unos de los elementos comparados sobre el resto?	La organización entiende el concepto de Benchmarking.	La organización utiliza estrategias para establecer Benchmarking.	La organización tiene determinado como establecer Benchmarking.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer Benchmarking.	La organización utiliza estrategias para establecer Benchmarking como un modo de vida cotidiano.	
	APQP	5.5	Retrosalimentación, evaluación y acciones correctivas	¿La organización ha retroalimentado, evaluado y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto?	La organización entiende el concepto de retroalimentar, evaluar y realizar las acciones correctivas pertinentes al producto.	La organización utiliza estrategias para establecer la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto.	La organización tiene determinado como establecer la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto.	La organización utiliza estrategias para establecer la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto como un modo de vida cotidiano.	

Fuente: Elaboración propia

5.3 Análisis de Resultados

El análisis de los hallazgos originados de la puesta en práctica del modelo LSQ en una organización orientada en el ensamble de autobuses en el estado de Hidalgo, evidencia un cúmulo de mejoras significativas en la eficiencia y productividad de la línea de ensamble. A continuación, se puntualizan los principales hallazgos:

Como primer punto, en la efectividad de las tareas en línea se resalta la reducción de desperdicios. La puesta en práctica del modelo LSQ permitió eliminar los desperdicios que impedían un flujo continuo, como materiales innecesarios, tiempos de cambio largos, retrabajos en línea y mantenimiento. Estos cambios ayudaron a establecer un flujo de operaciones más eficiente, con la producción que demanda la línea. Simultáneamente, el tack time de línea se estableció en 75 minutos por estación, lo que representó una reducción del 28.6% sobre el Tiempo de Valor Agregado (TVA) y del 86% sobre el Tiempo de No Valor Agregado (TVNA). Esto representa una mejora de 1083 minutos en los tiempos de mejora y un porcentaje promedio de ganancia del 96.7%.

Como segundo punto, la productividad refleja una reducción de recurso humano y tiempo de proceso, prueba de ello, la empresa logró reducir 4 personas en proceso, disminuir 240 minutos sobre el tiempo total de proceso, y acortar 73 minutos en el período de cambio de modelo. Además, la productividad aumentó con la elaboración de 2 unidades adicionales en el turno normal de 9 horas.

Como tercer punto, con la operación del modelo se obtuvieron beneficios económicos derivados de las mejoras implementadas, lo cual significa un ahorro económico considerable, ahorrando \$2,556,000 y dejando de gastar \$6,521,000 en un año, basado en una producción de 1200 unidades. Estos ahorros resultan de la reducción en costos operativos, costos de planta, tiempo extra y retrabajos.

El modelo LSQ desarrollado integra las 3 metodologías: Lean Manufacturing, Seis sigma e ingeniería de calidad coretools, es una herramienta emergente que se valida con su aplicación en la manufactura de carrocerías, obteniendo resultados en la formación de una nueva cultura de trabajo y beneficios económicos

CONCLUSIONES

Los entornos programados son esenciales para las maniobras de cualquier industria, porque eliminan la exigencia de invertir en diseños complejos que generan pérdida de tiempo y desvíos en la operación. De este modo, posibilita crear modelos de manera instantánea que predican comportamientos futuros con mayor precisión. Estos modelos no están fundamentados en suposiciones sobre comportamientos empíricos o en observaciones en la operación, que, aunque útiles en algunos casos, no garantizan ni modelan adecuadamente el sistema. Estos entornos programados facilitan el análisis correcto de cualquier equipo, sistema o proceso industrial.

Elaborar este trabajo permitió integrar las metodologías Seis Sigma, Lean Manufacturing e Ingeniería de Calidad Coretools, en una empresa de fabricación de autobuses en el estado de Hidalgo, delimitando los objetivos a realizar por la organización en conjunto con los aspectos planteados para el modelo diseñado LSQ. La práctica del modelo permitió la viabilidad y alcanzar los objetivos, partiendo de la configuración siguiente: Fase 1. Definición del proyecto, Fase 2. Identificación de estrategias, Fase 3. Análisis y medición, Fase 4. Selección de herramientas, zonas de acción y Fase 5. Control seguimiento y mejora.

La ejecución del modelo, permitió mantener controlados los avances de cada etapa de las actividades e implementación de las mejoras que contribuyen a lograr los objetivos sobre la empresa.

Se desarrolló una guía de la metodología, que facilita seleccionar las herramientas necesarias para alcanzar al objetivo, que en esta investigación fue eliminar desperdicios en la línea de carrocerías.

La integración de Seis Sigma y Lean Manufacturing formaron la base central del modelo, interactuando la fase definir de Seis Sigma y el VSM en su condición actual de la metodología Lean Manufacturing, centrándose en la carta de proyecto, erradicando los trabajos que se realizaban de forma aislada.

Haber diseñado la matriz LSQ, es la principal aportación de esta investigación doctoral, al permitir la realización de un diagnóstico previo sobre la empresa, con la finalidad de conocer la base de la cual parte la práctica del modelo LSQ. Una vez concluida la aplicación, permite trazar una estrategia planeada para darle continuidad a las mejoras implementadas, usando los niveles de crecimiento establecidos en esta matriz.

Los objetivos sugeridos para la ejecución del modelo LSQ son realizables, en función que se puedan adaptar como una herramienta que facilita la mejora continua en la organización. La sincronización de las metas donde los integrantes de una cadena de valor comparten información en tiempo y forma garantiza su desempeño, ya que todos saben lo que es necesario hacer y en qué momento debe ocurrir.

Generar un ambiente adecuado se encuentra dentro de esta herramienta, donde la capacitación en conjunto con un monitoreo constante, facilitan su operación y el crecimiento sobre la empresa.

Dentro de las restricciones del modelo desarrollado, es que se sugiere implementar en empresas que ya aplican las metodologías de Seis Sigma, Lean manufacturing e Ingeniería de calidad Coretools, dado que el modelo parte de que la organización ya las entiende y maneja de una manera cotidiana.

Para finalizar, es importante destacar que los lineamientos del modelo LSQ desarrollados, pueden ser útiles para las organizaciones que tienen sistemas que experimentan una reducción considerable en la producción.

INVESTIGACIONES FUTURAS

Realizar investigación en otros procesos de manufactura, para determinar el comportamiento del modelo LSQ, donde se tenga presente los indicadores relevantes del proyecto (KPI's) estudiados en la presente tesis, en las mediciones, análisis y controles del proyecto.

Desarrollar estudios sobre la creación y organización de equipos de trabajo basados en proyectos de mejora continua, así como un análisis detallado de las áreas en función del modelo LSQ.

Es importante mencionar que, en el transcurso del tiempo, la investigación sobre mejora continua en organizaciones se ha centrado en la integración reactiva de sistemas, por lo tanto, un enfoque proactivo puede ser útil para abordar la medición inadecuada de la gestión, un problema que afecta a muchas empresas. La adopción de estrategias basadas en el modelo planteado es una alternativa importante para adaptarse a un mundo constante de cambios.

REFERENCIAS

- AIAG. (2005). *Statistical Process Control (SPC)*. Southfield, EE.UU.AA.: Automotive Industry Action Group
- Akao, Y. (1991). *HOSHIIN KANRI Policy Deployment for Successful TQM*. Productivity Press.
- Altuntas, S., & Kansu, S. (2019). An innovative and integrated approach based on SERVQUAL, QFD and FMEA for service quality improvement. *Kybernetes*, 49(10), 2419-2453. <https://doi.org/10.1108/k-04-2019-0269>
- Alzate- Ibáñez, A., Ramírez Ríos, J. & Bedoya Montoya, L. (2019). Modelo para la implementación de un sistema integrado de gestión de calidad y ambiental en una empresa siderúrgica. *Ciencias Administrativas*, (13), 3-13. <https://doi.org/10.24215/23143738e032>
- Arifin, Kadir & Aiyub, Kadaruddin & Awang, Azahan & Jahi, J. & Iteng, Rosman. (2009). Implementation of integrated management system in Malaysia: The level of organization's understanding and awareness. *European Journal of Scientific Research*. 31. 188-195.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2005). Norma *UNE 66177:2005. Guía para la integración de sistemas de gestión*. Madrid: AENOR.
- Barbosa, G. F., De Carvalho, J., & Filho, E. V. G. (2014). A proper framework for design of aircraft production system based on lean manufacturing principles focusing to automated processes. *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 72(9-12), 1257-1273. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-5729-3>
- Beckmerhagen, I., Berg, H., Karapetrovic, S., & Willborn, W. (2003). Integration of management systems: focus on safety in the nuclear industry. *International Journal Of Quality & Reliability Management*, 20(2), 210-228. <https://doi.org/10.1108/02656710310456626>
- Bhattacharyya, S., & Rahman, Z. (2004). Capturing the customer's voice, the centerpiece of strategy making. *European Business Review*, 16(2), 128-138. <https://doi.org/10.1108/09555340410524238>
- Bobrek, M., & Sokovic, M. (2005). Integration concept and synergetic effect in modern management. *Journal Of Materials Processing Technology*, 175(1-3), 33-39. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.04.011>

- Bortolotti, T., Boscari, S., & Danese, P. (2014). Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal Of Production Economics*, 160, 182-201. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.013>
- BSG Institute (6 de octubre de 2020). Qué es Ingeniería de la Calidad. <https://bsginstitute.com/SubArea/Ingenieria-de-la-Calidad>
- Bsi.shop (10 de octubre de 2021). Specification of common management system requirements as a framework for integration. <https://shop.bsigroup.com/products/specification-of-common-management-system-requirements-as-a-framework-for-integration>
- Burke, S. y Silvestrini R. (2017). *The Certified Quality Engineer Handbook*. ASQ Quality Press.
- Bustos R. (4 de marzo 2014). Plantas de autobuses en México. Indicaros automotriz. <https://www.indicadorautomotriz.com.mx/autobuses/plantas-de-autobuses-en-mexico/>
- Cabrera Calva, R. C. (5 de Diciembre de 2014) Manual de Lean Manufacturing: TPS Americanizado: Manual de Manufactura Esbelta. https://www.academia.edu/5205722/Manual_de_Lean_Manufacturing_TPS_Americanizado
- Carbajal, Y., Almonte, L. y Mejía, P. (2016). La manufactura y la industria automotriz en cuatro regiones de México. Un análisis de su dinámica de crecimiento, 1980-2014. *Economía: Teoría y práctica* (45) 39-66.
- Capacho, L. y Pastor, R. (abril de 2004). Generación de secuencias de montaje y equilibrado de líneas. https://www.researchgate.net/publication/33421033_Generacion_de_secuencias_de_montaje_y_equilibrado_de_lineas
- Carrillo Landazábal, M. S., Alvis Ruiz, C. G., Mendoza Álvarez, Y. Y., & Cohen Padilla, H. E. (2019). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. *SIGNOS – Investigación en sistemas de gestión*, 11(1), 71-86. DOI: <https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2019.0001.04>
- Cegarra, J. (2015). *Evaluación de la eficiencia de la investigación: Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Díaz de Santos.
- Chang, A. (2018). *Lean Impact: How to Innovate for Radically Greater Social Good*. Wiley.
- Chen, K., Wang, C., Tan, K. H., & Chiu, S. (2019). Developing one-sided specification six-sigma fuzzy quality index and testing model to measure the

- process performance of fuzzy information. *International Journal Of Production Economics*, 208, 560-565. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.12.025>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., & Benhida, K. (2016). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. *Journal Of Cleaner Production*, 139, 828-846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>
- Chetty, S. (1996). The Case Study Method for Research in Small-and Medium-Sized Firms. *International Small Business Journal Researching Entrepreneurship*, 15(1), 73-85. <https://doi.org/10.1177/0266242696151005>
- Codina, L. (20 de octubre 2021). Estudios de caso: características, tipología y bibliografía comentada. <https://www.lluiscodina.com/estudios-de-caso/>
- Cubero, J. J. (1997). 3. G.I. Modelo integrado de gestión industrial, *Qualitas Hodie*, 34, 36-38. ISSN 1133-2417
- Das, B., Venkatadri, U., & Pandey, P. (2013). Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. *The International Journal Of Advanced Manufacturing Technology*, 71(1-4), 307-323. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5407-x>
- Delgado Fernández, M., y Busutil Sosa, Y. (2007). Ingeniería de la calidad en productos biofarmacéuticos comerciales. *Ingeniería Industrial*, XXVIII(2), 9-15. ISSN: 0258-5960.
- Deming, W. (1989). *Calidad, Productividad y Competitividad. La salida de la crisis*. Ed. Díaz de Santos, S. A.
- Deming, W. (1986). *Out of the Crisis*. Cambridge: MIT Press.
- Deshmukh, S. V., & Chavan, A. (2012). Six Sigma and SMEs: a critical review of literature. *International Journal Of Lean Six Sigma*, 3(2), 157-167. <https://doi.org/10.1108/20401461211243720>
- Devore, J. L. (2016). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias*. Cengage
- Domínguez, H. (6 de Septiembre de 2011). Líneas de producción. Sistemas de manufactura <https://sistemasmanufactura.files.wordpress.com/2011/08/sesion-9-02-2011.pdf>
- Durán, J. (2017). *Diseño y construcción de un JIG de ensamble de anclajes y plataforma en el proceso de fabricación de estructuras metálicas para buses interprovinciales modelo silver plus-glass en chasis Hino ak de la carrocería*

patricio cepeda de la ciudad de ambato, periodo octubre 2016 – marzo 2017.
[Tesis de Licenciatura no publicada] Universidad Técnica de Ambato.

Durango, F., Orejuela, J. P. y Ortiz, (2014). Balance horizontal de líneas de ensamble para modelos mixtos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(2), 121-138 ISSN 1692-3324.

Estrada, S. y Arias G. (2007). Introducción a la técnica de investigación en ciencias de la administración y del comportamiento. México: Trillas

Felizzola, H. y Luna, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Revista Chilena de Ingeniería*, 22(2), 263-277. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052014000200012>

Fernández-Ríos, M., & Sánchez, J. C. (1997). *Eficacia organizacional: concepto, desarrollo y evaluación*. Ediciones Díaz de Santos.

García, J. (2015). *Lean Six Sigma Startup Methodology (L6SSM): una metodología general de innovación de la calidad aplicada a los sectores de la producción y servicios*. [Tesis de Doctorado no publicada] Universidad Rey Juan Carlos.

Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018). The Effect of Lean Methods and Tools on the Environmental Performance of Manufacturing Organisations. *International Journal Of Production Economics*, 200, 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030>

George, M. L., Rowlands, D. y Kastle, B. (2004). *What is Lean Six Sigma?* McGraw-Hill.

Gerring, J. (2017). *Case Study Research: Principles and Practices (Strategies for Social Inquiry)*. Cambridge University Press

GIEICOM. (29 de octubre de 2015). ¿Cómo optimizar las líneas de ensamble? GIEICOM. <http://blog.gieicom.com/como-optimizar-las-lineas-de-ensamble>

Greif, M. (1991). *The Visual Factory: Building Participation Through Shared Information*. CRC Press.

Grima, P., Almagro, L. M., Santiago, S. & Tort-Martorell, X. (2014). Six Sigma: hints from practice to overcome difficulties. *Total Quality Management & Business Excellence*, 25(3-4), 198-208. <https://doi.org/10.1080/14783363.2013.825101>

Gross, J. M., & McInnis, K. R. (2003). *Kanban made simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. Amacom Books.

Guerrero, H. H. & Bradley, J. R. (2013). Failure Modes and Effects Analysis: An Evaluation of Group versus Individual Performance. *Production And*

Operations Management, 22(6), 1524-1539. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2012.01363.x>

Groover, M.P. (1997) *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Pearson Educación.

Gutiérrez, H. y De la Vara, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. McGRAW-HILL.

Gutiérrez, L. (Noviembre de 2004). La metodología seis sigmas aplicadas a las áreas de tecnologías de información. <https://www.monografias.com/trabajos18/seis-sigma/seis-sigma>

Hamed, M. y Soliman A. (13 Octubre 2020). *Jidoka: The Toyota Principle of Building Quality into the Process*. www.personal-lean.org

Hansen, R. C. (2001). *Overall equipment effectiveness: A Powerful Production/maintenance Tool for Increased Profits*. Industrial Press Inc.

Harbour, J. L. (2009). Integrated performance management: A conceptual, system-based model. *Performance Improvement Journal*, 48(7), 10-14. <https://doi.org/10.1002/pfi.20089>

Havez, J., Santiesteban, N., Carmona, J. Y Múñiz, I. (2018). Efecto del mantenimiento industrial, maquinaria y equipo, mano de obra, métodos de trabajo y materia prima con respecto al nivel de Six Sigma en una Pyme: Caso bloquera medina del municipio de San Pedro Cholula, Puebla. *Revista de Ingeniería Industrial*. 2018. 2(6), 34-44.

Hay, E. (2003). *Justo a tiempo, la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. Norma

Hayes. B., (26 de Febrero 2001). Six Sigma critical success factors: ISIXSIGMA. <https://www.isixsigma.com/success-factors/six-sigma-critical-success-factors/>

Hayler, R., y Nichols, M. (2006). *Six Sigma for Financial Services: How Leading Companies Are Driving Results Using Lean, Six Sigma, and Process Management*. McGraw-Hill.

Hiroyuki, H. (1991). *Poka-Yoke. Mejorando la calidad del producto evitando defectos*. Productivity Press

Hiroyuki, H. (1996). *5S for operators: 5 pillars of the visual workplace (For your organization!)*. CRC Press

Howard, L., Foster, T., y Shannon, P. (2005). Team climate and teamwork in government: The power of embedded leadership. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22(8), 769-795. <https://doi.org/10.1108/02656710510617229>

- Hultman, C. S., Kim, S., Lee, C. N., Wu, C., Dodge, B., Hultman, C. E., Roach, S. T., & Halvorson, E. G. (2016). Implementation and Analysis of a Lean Six Sigma Program in Microsurgery to Improve Operative Throughput in Perforator Flap Breast Reconstruction. *Annals Of Plastic Surgery*, 76(Supplement 4), S352-S356. <https://doi.org/10.1097/sap.0000000000000786>
- Imai, M. (1998). *Cómo implementar el kaizen en el sitio de trabajo gemba*. MCGRAWHILL
- Jigar, D. y Darshak D. (2016). Overview of Automotive Core Tools: Applications and Benefits. *Journal Of The Institution Of Engineers (India) Series C*, 98(4), 515-526. <https://doi.org/10.1007/s40032-016-0288-z>
- Kanda, W., Murata, Y. & Nakajima, T. (2010). SIGMA System: A Multi-OS Environment for Embedded Systems. *Journal of Signal Processing Systems* 59(1), 33-43. <https://doi.org/10.1007/s11265-008-0272-9>
- Karapetrovic S. (2003). Musings on integrated management systems, *Measuring Business Excellence*, 7(1), 4-13. <https://doi.org/10.1108/13683040310466681>
- Karapetrovic S, & Willborn W. (1998). Integration of quality and environmental management systems. Karapetrovic, S., & Willborn, W.W. (1998). Integration of quality and environmental management systems. *The TQM Journal*, 10(3), 204-213. <https://doi.org/10.1108/09544789810214800>
- Kaswan, M. S., & Rathi, R. (2019). Analysis and Modeling the Enablers of Green Lean Six Sigma Implementation Using Interpretive Structural Modeling. *Journal Of Cleaner Production*, 231, 1182-1191. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.253>
- Keyte, B. (2002), Value stream mapping and management, APICS Greater Jacksonville Seminar, web document, available at: www.lean.org
- Kindler, N., Krishnakanthan, K., y Tinaikar, R. (2007). Applying Lean to application development and maintenance. *The McKinsey Quarterly*, 3, 99-101.
- Kotler, P. (1995). Dirección de marketing: análisis, planificación, gestión y control. Prentice Hall Books
- Lee, D., Lim, H., Lee, D., Cho, H, & Kang, K. I. (2019). Assessment of Delay Factors for Structural Frameworks in Free-form Tall Buildings Using the FMEA. *International Journal Of Concrete Structures And Materials*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s40069-018-0309-9>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*. McGraw-Hill.

- Liker, J. y Womack, J. (1998) *Becoming Lean: Inside stories of U.S manufacturers*. Productivity Press
- Liker, J. y Meier, D. (2005). *The Toyota Way Fieldbook*. MCGRAW HILL EDUCATION
- Maasouman, M., & Demirli, K. (2016). Development of a Lean Maturity Model for Operational Level Planning. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 83(5-8), 1171-1188, <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7513-4>
- Macinnes, R. L. (2009). *The Lean enterprise memory jogger for service: where supply meets demand*. Goal/QPC.
- Majstorović, V., & Marinković, V. (2011). The Development of Business Standardization and Integrated Management Systems. *Journal Of Medical Biochemistry*, 30(4), 334-345. <https://doi.org/10.2478/v10011-011-0015-5>
- Marodin, G., Frank, A. G., Tortorella G. L. & Netland, T. (2018). Lean Product Development and Lean Manufacturing: Testing Moderation Effects, *International Journal Of Production Economics*, 203, 301-310. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.07.009>
- Mazur G. (2003). Voice of the Customer (Define): QFD to Define Value. *Proceedings of the 57th American Quality Congress*. 57, 151-158.
- Mihaela, T. (2011). The current state of design and implementation of integrated management systems. *Journal of academic research in economics*, 3, 377-385.
- Mintzberg, H. (2003). *Diseño de organizaciones eficientes*. Grupo Ilhsa S.A.
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. LIMUSA
- Nashipoezda (20 de septiembre 2022). Tipos de carrocerías de autobuses. La disposición de los cuerpos de los autobuses. Nashipoezda. <https://nashipoezda.ru/es/tractor/typy-kuzovov-avtobusov-ustroistvo-kuzovov-avtobusov-ih.html>
- Navarro, E., Gisbert, V. y Pérez, A. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma. *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, 6(5), 73-80. <https://doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.73-80>
- Navarro, & Delgado, J. M. (2020). Sistema integrado de administración financiera municipal 2020. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 2, 1160-1181. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v4i2.146

- Niñerola, A., Sánchez-Rebull, M. V., & Hernández-Lara, A. B. (2020). Quality Improvement in Healthcare: Six Sigma Systematic Review. *Health Policy* 124(4), 438-45, <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2020.01.002>
- Noriega Morales, S., Valles Ch., A., Torres-Argüelles, V., Martínez G., E. and Hernández G., A. (2016), Six Sigma improvement project in a concrete block plant. *Construction Innovation*, 16(4), 526-544. <https://doi.org/10.1108/CI-01-2015-0003>
- Oliveira, R. (2021). *5 PORQUÉS: HERRAMIENTA DE ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS*. Independently Published.
- Pande, P., Neuman, R. y Cavanaugh, R. (2002). *The Six Sigma Way Team Fieldbook: An Implementation Guide for Project Improvement Teams*. MCGRAW HILL.
- Parmar, P. S., & Desai, T. N. (2020). Evaluating Sustainable Lean Six Sigma Enablers Using Fuzzy DEMATEL: A Case of an Indian Manufacturing Organization. *Journal of CLeaner Production*, 265, 121802, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121802>
- Pérez, H., Flores, N. y Luján C. (2015). Propuesta de aplicación del pensamiento lean como mejora de los procesos de producción de una fábrica de chocolates y confituras. *Sinergia e innovación*, 3(2) - jul-dic 2015. ISSN 2306-6431.
- Plaza, D. (14 de Marzo de 2014). ¿Qué es la carrocería? Tipos y características. Motor.es. <https://www.motor.es/que-es/carroceria>
- Pojasek R. (2006). Is your integrated management system really integrated? *Environmental Quality Management*, 16(2), 89–97
- Prieto, M (2012). D3CMAIC: *Un entorno para la aplicación sistemática de la metodología Seis Sigma en proyectos de mejora*. [Tesis doctoral no publicada]. Universidad Rey Juan Carlos.
- Pyzdek, T. (2001). *The Six Sigma Handbook*. McGraw-Hill.
- Ramos-Soto, A., Londoño, D., Sepulveda-Aguirre, J. & Martínez-Jiménez, R. (2020). Gestión integral e integrada: Experiencia de las empresas en México. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVI(3), 31-44.
- Randell, E. W., Short, G., Lee, N., Beresford, A.; Spencer, M., Kennel, M., Moores, Z. y Parry, D. (2018). Autoverification process improvement by Six Sigma approach: Clinical chemistry y immunoassay. *Clinical Biochemistry*, 55, 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2018.03.002>

- Rawson, J. V., Kannan, A., & Furman, M. (2015). Use of Process Improvement Tools in Radiology. *Current Problems In Diagnostic Radiology*, 45(2), 94-100. <https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2015.09.004>
- Raymond S. (2006). *Custom Kanban: Designing the System to Meet the Needs of Your Environment*. Productivity Press.
- Remenyi, D. (2012). *Case Study Research*. Academic Publishing International
- Revelle, J y Moran, J. (1998). *THE QFD HANDBOOK*. Wiley y Sons, Incorporated, John.
- Rivadeneira, C. y Ligña, C. (2018). *Diseño de sistema ANDON para procesos de manufactura: Sistema de ayuda inmediata en manufactura esbelta*. Editorial Academica Espanola (5 julio 2018).
- Rodríguez, J. (5 de agosto de 2019). Las herramientas de Core Tools. <https://spcgroup.com.mx/las-herramientas-core-tools/>.
- Rojas, J. A. y Pérez, I. G. (2019). Lean, Seis Sigma y Herramientas Cuantitativas: Una Experiencia Real en el Mejoramiento Productivo de Procesos de la Industria Gráfica en Colombia. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 27, 259-284
- Roncancio, G. (2018). ¿Qué son indicadores de gestión o desempeño (KPI) y para qué sirven? <https://gestion.pensemos.com/que-son-indicadores-de-gestion-o-desempeno-kpi-y-para-que-sirven>
- Roser, C. (2017). «Faster, Better, Cheaper» in the History of Manufacturing: From the Stone Age to Lean Manufacturing and Beyond. Productivity Press.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.
- Rother, M. (2009). *Toyota Kata: Managing People For Improvement adaptativeness and superior results*. MCGRAW HILL EDDUCATION.
- Ruiz-de-Arbulo-Lopez, P., Fortuny-Santos, J. & Cuatrecasas-Arbós, L. (2013). Lean Manufacturing: costing the value stream, *Industrial Management y Data Systems*, 113(5), 647-668, <https://doi.org/10.1108/02635571311324124>
- Rugel Kamarova, S. & Chacon, J. (2018). Teorías, Modelos y Sistemas de Gestión de Calidad. *Espacios*. 39.
- Sagnak M, y Kazancoglu Y, (2016). Integration of green Lean approach with six Sigma: an application for flue gas emissions, *Journal of CLeaner Production*, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.04.016.
- Samuelson, A. y Nordhaus, W. (2002). *Macroeconomía (17ª ed.)*. Mc.GrawHill

- Sanjay B. (2012). Prominent obstacles to lean, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(4), 403-425. <http://dx.doi.org/10.1108/17410401211212661>
- Sarria, M., Fonseca, G. y Bocanegra, C. (2017). Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. *Revista Escuela de Administración y Negocios*, 83, 51-71. <https://doi.org/10.21158/01208160.n83.2017.1825>
- Schonberger, R. (2018). *Continuous-flow manufacturing: What Went Right, What Went Wrong; 101 Mini-case Studies That Reveal Leans Successes and Failures*. Productivity Press.
- Schey, J. A. (2002). *Procesos de manufactura*. Mcgraw-hill
- Senge, P. (2005). *La quinta disciplina: El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. Granica.
- Shah, A. C., Herstein, A. R., Flynn-O'Brien, K. T., Oh, D. C., Xue, A. H., & Flanagan, M. R. (2019). Six Sigma Methodology and Postoperative Information Reporting: A Multidisciplinary Quality Improvement Study With Interrupted Time-Series Regression. *Journal of surgical education*, 76(4), 1048–1067. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2018.12.010>
- Shah, R., & Ward, P. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal Of Operations Management*, 25(4), 785-805. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Sharma, V., Dixit, A.R., & Qadri, M.A. (2016), Modeling Lean implementation for manufacturing sector, *Journal of Modelling in Management*, 11(2), 405-426. <https://doi.org/10.1108/JM2-05-2014-0040>
- Sillero, J., Roaro, L., Villalón, M. y Vázquez, S. (2019). Herramientas de core tools para implementar mejoras en la línea de producción. *Pistas Educativas* (133)
- Sobek, D. y Smalley, A. (2008). *Understanding A3 Thinking: A Critical Component of Toyota's PDCA Management System*. Productivity Press.
- Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing; Paso a Paso, 1ª edición*. ed. Norma.
- Sodhi, H.S. (2020). Lean Six Sigma: a clinical treatment for the recovery of Indian Manufacturing sector from the after-effects of coronavirus. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 17(3), 311-322. <https://doi.org/10.1108/WJSTSD-03-2020-0025>
- Taguchi, G. (1986). *Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes*. Asian Productivity Organization.
- Talapatra, S. & Gaine, A. (2019). Putting Green Lean Six Sigma Framework into Practice in a Jute Industry of Bangladesh: A Case Study. *American Journal*

- of Industrial and Business Management*, 9(12), 2168-2189.
<https://doi.org/10.4236/ajibm.2019.912144>
- Thompson. I. (11 de octubre 2008) Definición de Eficiencia.
<https://www.promonegocios.net/administracion/definicion-eficiencia.html>
- Trappey, A. J. C., & Hsiao, D. W. (2007). Applying collaborative design and modularized assembly for automotive ODM supply chain integration. *Computers In Industry*, 59(2-3), 277-287.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2007.07.001>
- Wilkinson, G., & Dale, B. G. (2002). An examination of the ISO 9001:2000 standard and its influence on the integration of management systems. *Production Planning & Control*, 13(3), 284-297.
<https://doi.org/10.1080/09537280110086361>
- Womack, J. P. y Jones, D. (2005). *LeanThinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Ediciones Gestión 2000
- Womack, James, P. y Jones, D. (2016). *LeanThinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. McGraw Hill, Second Edition
- Womack, J. P.; Jones, D. y Rooss, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The story of Lean Production*. Free Press (1a ed.)
- Womack, J. P., y Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking*. Free Press.
- Worley, J., & Doolen, T. (2006) The role of communication and management support in a Lean Manufacturing implementation, *Management Decision*, 44(2), 228-245. <https://doi.org/10.1108/00251740610650210>.
- Xu, Z., Lee, S., Albani, D., Dobbins, D., Ellis, R. J., Biswas, T., Machtay, M., & Podder, T. K. (2019). Evaluating radiotherapy treatment delay using Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). *Radiotherapy and oncology: journal of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology*, 137, 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2019.04.016>
- Yadav, N., Mathiyazhagan, K., & Kumar, K. (2019). Application of Six Sigma to minimize the defects in glass manufacturing industry. *Journal Of Advances In Management Research*, 16(4), 594-624. <https://doi.org/10.1108/jamr-11-2018-0102>
- Yang, T., Kuo, Y., Su, C., & Hou, C. (2014). Lean production system design for fishing net manufacturing using lean principles and simulation optimization. *Journal Of Manufacturing Systems*, 34, 66-73.
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.11.010>

- Yilmaz, M. R., & Chatterjee, S. (2000). Six Sigma Beyond Manufacturing-A Concept for Robust Management. *Quality Management Journal*, 7(3), 67-78. <https://doi.org/10.1080/10686967.2000.11918907>
- Yin, R. (1994). *Case Study Research: Design and Methods*. Sage Publications.
- Yin, R. (1984/1989). *Case Study Research: Design and Methods*, Applied social research Methods Series, Sage Publications.
- Zapata-Gómez, A. (2013). Efecto de las técnicas de ingeniería de la calidad en el diseño de productos. *Universidad de Bogotá (Colombia)*, 17 (2), 409-425.
- Zhang, M., Wang, W., Goh, T. N., & He, Z. (2014). Comprehensive Six Sigma application: a case study. *Production Planning & Control*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.891058>
- 50minutos. (2016). El diagrama de Ishikawa: *Solucionar los problemas desde su raíz*. 50minutos.Es.

ANEXOS

Anexo 1 Figura 6 *Matriz de requisitos del Modelo LSQ.*

		ELEMENTO	No	REQUERIMIENTO	Preguntas de evaluación del requerimiento.	NIVEL 1. La organización entiende el requerimiento.	NIVEL 2. La organización utiliza el requerimiento.	NIVEL 3. La organización tiene determinados los lineamientos de operación del requerimiento.	NIVEL 4. La organización identifica como afecta el desempeño el requerimiento.	NIVEL 5. La organización utiliza como un modo de vida cotidiano el requerimiento.
Fase 1. Definición del proyecto (Planeación)	Plan de control HOSHIN KANRI APQP		1.1	Despliegue de planeación estratégica actual y nuevos productos del cliente	¿La organización ha creado el equipo de trabajo para realizar el despliegue de planeación estratégica actual y nuevos productos del cliente?	La organización entiende el concepto de <i>despliegue de la planeación estratégica.</i>	La organización utiliza despliegue de la planeación estratégica	La organización tiene determinados los lineamientos para el despliegue de la planeación estratégica.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño del despliegue de la planeación estratégica	La organización utiliza el despliegue de la planeación estratégica como un modo de vida cotidiano
	VSM SIPOC		1.2	Identificación de las necesidades del cliente, flujo de proceso, requerimientos, desperdicios, tiempo ciclo, mediante una representación gráfica.	¿La organización tiene identificadas las necesidades del cliente, flujo de proceso, requerimientos, desperdicios, tiempo ciclo, mediante una representación gráfica?	La organización entiende el concepto de <i>necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.</i>	La organización utiliza las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual	La organización tiene determinadas las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual	La organización utiliza las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual como un modo de vida cotidiano
2. Identificación de estrategias.	VSM QFD		2.1	Expectativa para obtener la Demanda del cliente. (Datos establecidos en la fase 1). ¿Qué se espera?	¿La organización tiene entendidos e identificadas las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas?	La organización entiende el concepto de <i>las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas.</i>	La organización utiliza las necesidades de la fase1 y contribuye en lo que se espera de cada una de ellas	La organización tiene determinadas las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas	La organización utiliza las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas como un modo de vida cotidiano
	QFD		2.2	Como se pretende alcanzar los objetivos dentro del proceso y cuanto se espera de cada uno de ellos. (con que cuenta la organización y que dificultad tiene para alcanzarlos)	¿La organización tiene definido como alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos?	La organización entiende el concepto de <i>alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos.</i>	La organización utiliza estrategias para alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos	La organización tiene determinado como alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos	La organización utiliza estrategias para alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos como un modo de vida cotidiano
	SIPOC VSM		2.3	Identificación y determinación de procesos, su interacción y flujo. (Trazo de estado deseado y determinación de Kanbans y células de manufactura, Identificación de Htas Lean)	¿La organización tiene representado gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar?	La organización entiende el concepto de <i>representación gráfica del flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar</i>	La organización utiliza estrategias para representar gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar	La organización tiene determinado como alcanzara la representación gráfica del flujo de proceso para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en representar gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar y cuanto se requiere de cada uno de ellos	La organización utiliza estrategias para alcanzar la representación gráfica del flujo de proceso para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar como un modo de vida cotidiano
	Definir		2.4	Generar carta de proyecto. (Se especifica el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros)	¿La organización tiene documentados el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros?	La organización entiende el concepto de <i>documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.</i>	La organización utiliza estrategias para documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización tiene determinado como documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en la documentación del proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización utiliza estrategias para alcanzar la documentación del proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros como un modo de vida cotidiano

Anexo 1 (Continuación)

Figura 6 Matriz de requisitos del Modelo LSQ.

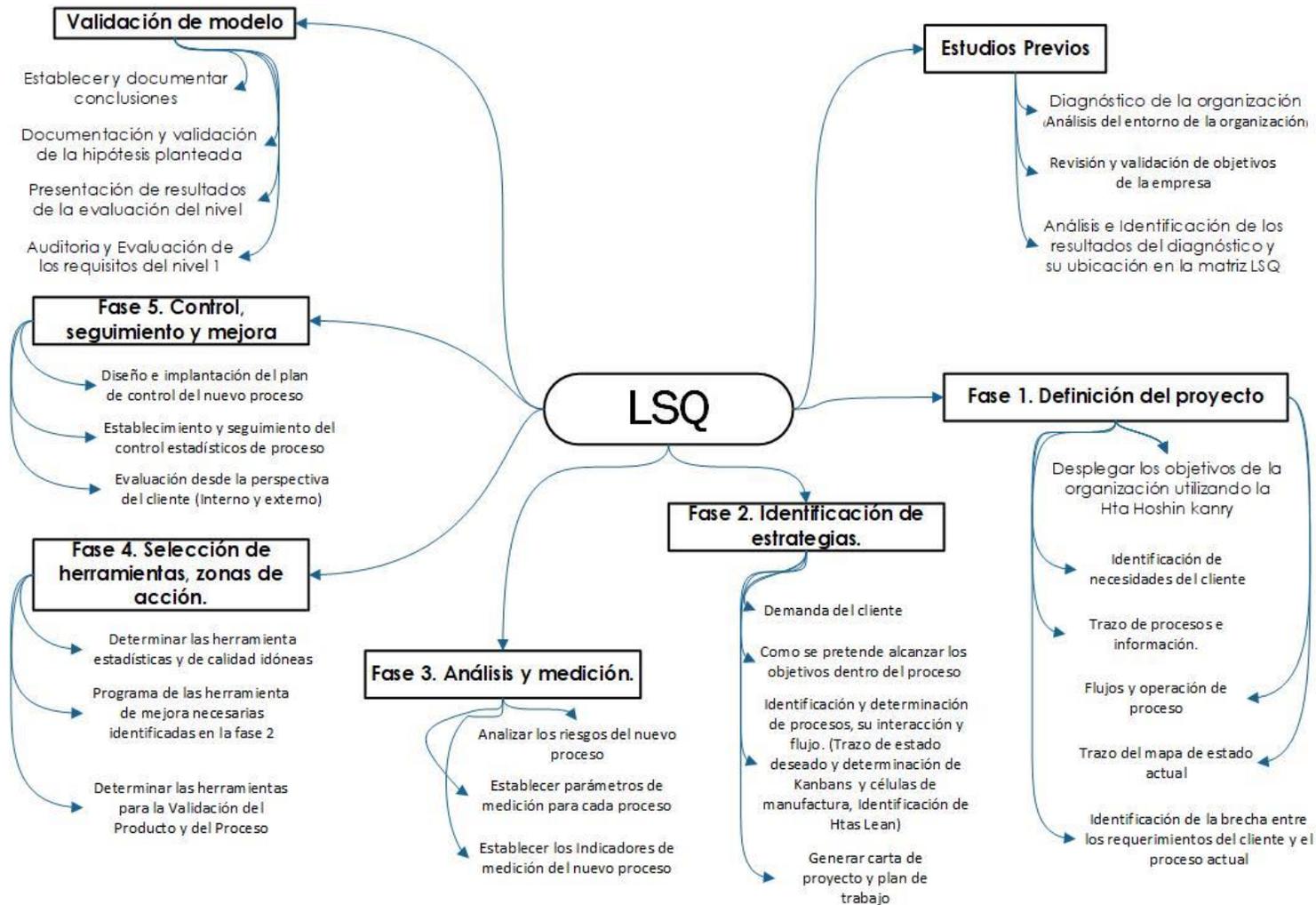
Fase 2	Diagrama de Gantt	2.5 Establecer las tareas y los tiempos en plan de proyecto	¿La organización ha establecido los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura?	La organización entiende el concepto de establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura	La organización utiliza estrategias para establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura	La organización tiene determinado como establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura	La organización utiliza estrategias para alcanzar los tiempos y pasos para lograr los objetivos de la nueva estructura como un modo de vida cotidiano
Fase 3. Análisis y medición.	AMEF	3.1 Identificar el modo y efecto de falla de los procesos identificados. Además de Establecer los controles actuales de prevención y detección	¿La organización a identificado el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección?	La organización entiende el concepto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección	La organización utiliza estrategias para establecer el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización tiene determinado el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección	La organización identifica cómo el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección	La organización utiliza estrategias para alcanzar el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección como un modo de vida cotidiano
	MSA	3.2 Establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso. (Se ha establecido la manera de medir las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad)	¿La organización a establecido las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad?	La organización entiende el concepto de las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad	La organización utiliza estrategias para establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad	La organización tiene determinado como establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad	La organización utiliza estrategias para alcanzar las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad como un modo de vida cotidiano
	INDICADORES	3.3 Establecer los Indicadores de medición del nuevo proceso	¿La organización ha establecido los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso?	La organización entiende el concepto de establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso	La organización utiliza estrategias para establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso	La organización tiene determinado como establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso	La organización utiliza estrategias para alcanzar los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso como un modo de vida cotidiano
Fase 4. Selección de herramientas, zonas de acción.	Pruebas estadísticas	4.1 Determinar las herramienta estadísticas y de calidad idóneas para el nuevo proceso. (pruebas de inferencia, Box plot, Análisis de Regresión y correlación, Prueba z, t chi cuadrada, normalidad, F, proporciones, Diagramas de dispersión, Histogramas, Pareto y grafica P, Diagrama de Ishikawa, etc.)	¿La organización ha establecido las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad?	La organización entiende el concepto de las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad	La organización tiene determinado como establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad	La organización utiliza estrategias para alcanzar las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad como un modo de vida cotidiano
	Herramientas de Mejora	4.2 Determinar las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1. (Matriz Causa & Efecto, KANBAN, SMED, TPM, HEIJUNKA, KAIZEN, 5's, Design of Experimentos (DOE), Árbol de decisión, POKAYOKE, TAKT TIME)	¿La organización ha Determinado las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1?	La organización entiende el concepto de determinar las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1	La organización utiliza estrategias para establecer las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1	La organización tiene determinado como establecer las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1	La organización utiliza estrategias para alcanzar las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1 como un modo de vida cotidiano

Anexo 1 (Continuación)

Figura 6 Matriz de requisitos del Modelo LSQ.

Fase 5. Control, seguimiento y mejora	APOP	4.3	¿La organización ha determinado las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso?	La organización entiende el concepto de establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	La organización tiene determinado como establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	La organización utiliza estrategias para alcanzar las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso como un modo de vida cotidiano
	Plan de control	5.1	¿La organización ha establecido el plan de control para asegurar que las mejoras del proceso se han identificado se institucionalicen?	La organización entiende el concepto plan de control	La organización utiliza estrategias para establecer el plan de control	La organización tiene determinado como establecer el plan de control	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer el plan de control	La organización utiliza estrategias para alcanzar el plan de control como un modo de vida cotidiano
	OEE	5.2	¿La organización ha establecido y comparado la capacidad de producción de sus equipo con la cantidad efectivamente producida?	La organización entiende el concepto de la capacidad de producción de sus equipo con la cantidad efectivamente producida	La organización utiliza estrategias para establecer la capacidad de producción de sus equipo con la cantidad efectivamente producida	La organización tiene determinado como establecer la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer y a comparado la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida	La organización utiliza estrategias para alcanzar y comparado la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida como un modo de vida cotidiano
	Control estadístico de proceso Jidoka	5.3	¿La organización ha establecido y supervisado los procesos de fabricación a partir de mediciones de productos y lecturas de procesos para evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas debido a paradas de líneas de producción justo en el momento en que un problema se produce por primera vez?	La organización entiende el concepto de evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas	La organización utiliza estrategias para establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas	La organización tiene determinado como establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas	La organización utiliza estrategias para alcanzar, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas como un modo de vida cotidiano
	Benchmarking	5.4	¿La organización ha Investigado, rastreado o incluso copiado los principios que sustentan el mejor comportamiento de unos de los elementos comparados sobre el resto?	La organización entiende el concepto de Benchmarking	La organización utiliza estrategias para establecer Benchmarking	La organización tiene determinado como establecer Benchmarking	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer Benchmarking	La organización utiliza estrategias para alcanzar las mejores practicas de Benchmarking como un modo de vida cotidiano
	APOP	5.5	¿La organización ha retroalimentado, evaluado y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto?	La organización entiende el concepto de retroalimentar, evaluar y realizar las acciones correctivas pertinentes al producto	La organización utiliza estrategias para establecer la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto	La organización tiene determinado como establecer la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto	La organización utiliza estrategias para alcanzar la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto como un modo de vida cotidiano

Anexo 2 Figura 7 Metodología LSQ.



Anexo 3 Figura 8 Diagnostico LSQ.

Matriz de requisitos del Modelo LSQ

		ELEMENTO	No	REQUERIMIENTO	Preguntas de evaluación del requerimiento.	NIVEL 1. La organización entiende el requerimiento.	NIVEL 2. La organización utiliza el requerimiento.	NIVEL 3. La organización tiene determinados los lineamientos de operación del requerimiento.	NIVEL 4. La organización identifica como afecta el desempeño el requerimiento.	NIVEL 5. La organización utiliza como un modo de vida cotidiano el requerimiento.
Fase 1. Definición del proyecto (Planeación)	Plan de control HOSHIN KANRI APCP		1.1	Despliegue de planeación estratégica actual y nuevos productos del cliente	¿La organización ha creado el equipo de trabajo para realizar el despliegue de planeación estratégica actual y nuevos productos del cliente?	La organización entiende el concepto de <i>despliegue de la planeación estratégica</i> .	La organización utiliza despliegue de la planeación estratégica	La organización tiene determinados los lineamientos para el despliegue de la planeación estratégica.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño del despliegue de la planeación estratégica	La organización utiliza el despliegue de la planeación estratégica como un modo de vida cotidiano
	VSM SIPOC		1.2	Identificación de las necesidades del cliente, flujo de proceso, requerimientos, desperdicios, tiempo ciclo, mediante una representación grafica.	¿La organización tiene identificadas las necesidades del cliente, flujo de proceso, requerimientos, desperdicios, tiempo ciclo, mediante una representación grafica?	La organización entiende el concepto de <i>necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual</i> .	La organización utiliza las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual	La organización tiene determinadas las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual	La organización utiliza las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual como un modo de vida cotidiano
2. Identificación de estrategias.	VSM OFD		2.1	Expectativa para obtener la Demanda del cliente. (Datos establecidos en la fase 1). Qué se espera?	¿La organización tiene entendidos e identificadas las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas?	La organización entiende el concepto de <i>las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas</i> .	La organización utiliza las necesidades de la fase1 y contribuye en lo que se espera de cada una de ellas	La organización tiene determinadas las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas	La organización utiliza las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas como un modo de vida cotidiano
	OFD		2.2	Como se pretende alcanzar los objetivos dentro del proceso y cuanto se espera de cada uno de ellos. (con que cuenta la organización y que dificultad tiene para alcanzarlos)	¿La organización tiene definido como alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos?	La organización entiende el concepto de <i>alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos</i> .	La organización utiliza estrategias para alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos	La organización tiene determinado como alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos	La organización utiliza estrategias para alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos como un modo de vida cotidiano
	SIPOC VSM		2.3	Identificación y determinación de procesos, su interacción y flujo. (Trazo de estado deseado y determinación de Kanbans y células de manufactura, identificación de Htas Lean)	¿La organización tiene representado gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar?	La organización entiende el concepto de <i>representación gráfica del flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar</i>	La organización utiliza estrategias para representar gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar	La organización tiene determinado como alcanzara la representación gráfica del flujo de proceso para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en representar gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar y cuanto se requiere de cada uno de ellos	La organización utiliza estrategias para alcanzar la representación gráfica del flujo de proceso para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementarlo como un modo de vida cotidiano
	Definir		2.4	Generar carta de proyecto. (Se especifica el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros)	¿La organización tiene documentados el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros?	La organización entiende el concepto de <i>documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros</i> .	La organización utiliza estrategias para documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización tiene determinado como documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en la documentación del proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización utiliza estrategias para alcanzar la documentación del proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros como un modo de vida cotidiano

Anexo 3 (continuación)

Figura 8 Diagnostico LSQ.

Fase 2	Diagrama de Gantt	2.5	Establecer las tareas y los tiempos en plan de proyecto	¿La organización ha establecido los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura?	La organización entiende el concepto de establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura	La organización utiliza estrategias para establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura	La organización tiene determinado como establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en alcanzar los objetivos de la nueva estructura	
Fase 3. Análisis y medición.	AMEF	3.1	Identificar el modo y efecto de falla de los procesos identificados. Además de Establecer los controles actuales de prevención y detección	¿La organización a identificado el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección?	La organización entiende el concepto de modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección	La organización utiliza estrategias para establecer el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización tiene determinado el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección como un modo de vida cotidiano	
	MISA	3.2	Establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso. (Se ha establecido la manera de medir las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad)	¿La organización a establecido las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad?	La organización entiende el concepto de las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad	La organización utiliza estrategias para establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad	La organización tiene determinado como establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad como un modo de vida cotidiano	
	INDICADORES	3.3	Establecer los Indicadores de medición del nuevo proceso	¿La organización ha establecido los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso?	La organización entiende el concepto de establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso	La organización utiliza estrategias para establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso	La organización tiene determinado como establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso	
	Fase 4. Selección de herramientas, zonas de acción.	Pruebas estadísticas	4.1	Determinar las herramienta estadísticas y de calidad idóneas para el nuevo proceso. (pruebas de inferencia, Box plot, Análisis de Regresión y correlación, Prueba z, t chi cuadrada, normalidad, F, proporciones, Diagramas de dispersión, Histogramas, Pareto y grafica P, Diagrama de Ishikawa, etc.)	¿La organización ha establecido las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad?	La organización entiende el concepto de las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad	La organización tiene determinado como establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad
Herramientas de Mejora		4.2	Determinar las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1. (Matriz Causa & Efecto, KANBAN, SMED, TPM, HEIJUNKA, KAIZEN, 5's, Design of Experimentos (DOE), Árbol de decisión, POKAYOKE, TAKT TIME)	¿La organización ha Determinado las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1?	La organización entiende el concepto de determinar las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1	La organización utiliza estrategias para establecer las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1	La organización tiene determinado como establecer las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1 como un modo de vida cotidiano	

Anexo 3 (continuación)

Figura 8 Diagnostico LSQ.

Fase 5. Control, seguimiento y mejora	APOQ	4.3	¿La organización ha determinado las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso?	La organización entiende el concepto de establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	La organización tiene determinado como establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	La organización utiliza estrategias para alcanzar las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso como un modo de vida cotidiano	
	Plan de control	5.1	Establecer el plan de control para asegurar que las mejoras del proceso que se han identificado se institucionalicen, Eliminar la necesidad de controles manuales y la vigilancia detallada para mantener el rendimiento del proceso y Minimizar las alteraciones del proceso y el sobre-control.	¿La organización ha establecido el plan de control para asegurar que las mejoras del proceso que se han identificado se institucionalicen?	La organización entiende el concepto plan de control	La organización utiliza estrategias para establecer el plan de control	La organización tiene determinado como establecer el plan de control	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer el plan de control	La organización utiliza estrategias para alcanzar el plan de control como un modo de vida cotidiano
	OEE	5.2	Establecer y comparar la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	¿La organización ha establecido y comparado la capacidad de producción de sus equipo con la cantidad efectivamente producida?	La organización entiende el concepto de la capacidad de producción de sus equipo con la cantidad efectivamente producida	La organización utiliza estrategias para establecer la capacidad de producción de sus equipo con la cantidad efectivamente producida	La organización tiene determinado como establecer la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer y a comparado la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida	La organización utiliza estrategias para alcanzar y comparado la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida como un modo de vida cotidiano
	Control estadístico de proceso Jidoka	5.3	Establecer y supervisar los procesos de fabricación a partir de mediciones de productos y lecturas de procesos para evaluar y monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas debido a paradas de líneas de producción justo en el momento en que un problema se produce por primera vez.	¿La organización ha establecido y supervisado los procesos de fabricación a partir de mediciones de productos y lecturas de procesos para evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas debido a paradas de líneas de producción justo en el momento en que un problema se produce por primera vez?	La organización entiende el concepto de evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas	La organización utiliza estrategias para establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas	La organización tiene determinado como establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas	La organización utiliza estrategias para alcanzar, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas como un modo de vida cotidiano
	Benchmarking	5.4	Investigar, rastrear o incluso copiar los principios que sustentan el mejor comportamiento de unos de los elementos comparados sobre el resto.	¿La organización ha Investigado, rastreado o incluso copiado los principios que sustentan el mejor comportamiento de unos de los elementos comparados sobre el resto?	La organización entiende el concepto de Benchmarking	La organización utiliza estrategias para establecer Benchmarking	La organización tiene determinado como establecer Benchmarking	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer Benchmarking	La organización utiliza estrategias para alcanzar las mejores practicas de Benchmarking como un modo de vida cotidiano
	APOQ	5.5	Retroalimentación, evaluación y acciones correctivas	¿La organización ha retroalimentado, evaluado y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto?	La organización entiende el concepto de retroalimentar, evaluar y realizar las acciones correctivas pertinentes al producto	La organización utiliza estrategias para establecer la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto	La organización tiene determinado como establecer la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto	La organización utiliza estrategias para alcanzar la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto como un modo de vida cotidiano

Anexo 5 Figura 14 AMEF de proceso.

ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA POTENCIAL																				
No. Parte del producto: VIN 41786-22				Coordinador de la elaboración de AMEF: ASEL JUAREZ VITE																
Modelo del producto: Urbano				No. De AMEF: 36				Participantes en la elaboración de AMEF:												
Cliente:				Revisión: 1				Calidad												
Rangos de clasificación para severidad, ocurrencia y detección:				Fecha de emisión: 29/08/2020				CTRL Producción												
								Manufactura												
								Mantenimiento												
								Producción												
								Herramental												
No. OP	Propósito Descripción	Modo de Falla Potencial	Efecto de Falla Potencial	SEVERIDAD	CLASIFICACION	Causa Potencial Mecanismo de Falla	OCURRENCIA	Controles Actuales de Prevención de Proceso	Controles Actuales de Detención de Proceso	DETECCION	NP	Acciones Recomendadas	Responsable	Resultado de Acciones Tomadas	OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	NP		
HP-001	Lateral Izquierdo	Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de piezas	8	●	Maquina de soldar descalibrada	3	Laboratorio de pruebas de	Pruebas de liquidos	2	48									
		incorrecta de elementos	No ensambla estructura principal	8	●	El operador no sigue el plano	1	Colocacion de referencias de	Insp.de calidad contra plano	1	8									
		Dimención incorrecta	No ensambla estructura principal	8	●	No se coloca la referencia	1	Herramental configura la	Validacion de calidad al inicio de	1	8									
		Material incorrecto	No ensambla con la estructura	8	●	Almacen no surte el no. Pte correcto	1	Listado de materiales de	Validacion de calidad aleatoria.	3	24									
HP-002	Lateral Derecho	Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de piezas	8	●	Maquina de soldar descalibrada	3	Laboratorio de pruebas de	Pruebas de liquidos	2	48									
		Colocacion incorrecta de	No ensambla estructura principal	8	●	El operador no sigue el plano	1	Colocacion de referencias de	Insp.de calidad contra plano	1	8									
		Dimención incorrecta	No ensambla estructura principal	8	●	No se coloca la referencia	1	Herramental configura la	Validacion de calidad al inicio de	1	8									
		Material incorrecto	No ensambla con la estructura	8	●	Almacen no surte el no. Pte correcto	1	Listado de materiales de	Validacion de calidad aleatoria.	3	24									
HP-003	Toldo	Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de piezas	8	●	Maquina de soldar descalibrada	3	Laboratorio de pruebas de	Pruebas de liquidos	2	48									
		Colocacion incorrecta de	No ensambla estructura principal	8	●	El operador no sigue el plano	1	Colocacion de referencias de	Insp.de calidad contra plano	1	8									
		Dimención incorrecta	No ensambla estructura principal	8	●	No se coloca la referencia	1	Herramental configura la	Validacion de calidad al inicio de	1	8									
		Material incorrecto	No ensambla con la estructura	8	●	Almacen no surte el no. Pte correcto	1	Listado de materiales de	Validacion de calidad aleatoria.	3	24									
HP-004	Piso	Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de piezas	8	●	Maquina de soldar descalibrada	3	Laboratorio de pruebas de	Pruebas de liquidos	2	48									
		Colocacion incorrecta de	No ensambla estructura principal	8	●	El operador no sigue el plano	1	Colocacion de referencias de	Insp.de calidad contra plano	1	8									
		Dimención incorrecta	No ensambla estructura principal	8	●	No se coloca la referencia	1	Herramental configura la	Validacion de calidad al inicio de	1	8									
		Material incorrecto	No ensambla con la estructura	8	●	Almacen no surte el no. Pte correcto	1	Listado de materiales de	Validacion de calidad aleatoria.	3	24									

Anexo 5 Figura 14 (continuación)
AMEF de proceso.

HP-005	Sub ensamblés	Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de piezas	8	●	Maquina de soldar descalibrada	3	Laboratorio de pruebas de	Pruebas de liquidos	2	48										
		Colocacion incorrecta de Dimención incorrecta	No ensambla estructura principal	8	●	El operador no sigue el plano	1	Colocacion de referencias de Herramental configura la	Insp.de calidad contra plano	1	8										
			No ensambla estructura principal	8	●	No se coloca la referencia	1	Herramental configura la	Validacion de calidad al inicio de	1	8										
		Material incorrecto	No ensambla con la estructura	8	●	Almacen no surte el no. Pte correcto	1	Listado de materiales de	Validacion de calidad aleatoria.	3	24										
HP-006	Estructura principal	Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de piezas	8	●	Maquina de soldar descalibrada	3	Laboratorio de pruebas de	Pruebas de liquidos	2	48										
		Colocacion incorrecta de Dimención incorrecta	No ensambla estructura principal	8	●	El operador no sigue el plano	1	Colocacion de referencias de Herramental configura la	Insp.de calidad contra plano	1	8										
			No ensambla estructura principal	8	●	No se coloca la referencia	1	Herramental configura la	Validacion de calidad al inicio de	1	8										
		Material incorrecto	No ensambla con la estructura	8	●	Almacen no surte el no. Pte correcto	1	Listado de materiales de	Validacion de calidad aleatoria.	3	24										
HP-007	Plataforma	Mal ensable de pedal	No acciona la funcion que tiene	7	●	El operador no sigue el plano	2	Instrucción de operación IO-021	Validacion de calidad con IO-021	3	42										
		Mal torque en ensamble	Desprendimiento de piezas	8	●	Mayor fuerza en apriete	3	Torquimetro TR-021	Inspección de calidad con	3	72										
		Mal ruteado de cables y	Problemas en ensambles	7	●	El operador no sigue el plano	2	Instrucción de operación IO-022	Validacion de calidad con IO-022	3	42										
HP-008	Acabado de soldadura	Mal esmerilado	Problemas en pegado de	4	●	Error del operario	2	Instrucción de operación IO-023	Validacion de calidad con IO-023	3	24										
		No esmerilado	Problemas en pegado de	4	●	Error del operario	2	Instrucción de operación IO-024	Validacion de calidad con IO-024	3	24										
HP-009	Ensamble chasis carroceria	Unidad descuadrada	No ensambla con chasis	9	●	Error del operario	2	Instrucción de operación IO-025	Validacion de calidad con IO-025	5	90										
		Mal acabado de soldadura	Desprendimiento de estructura	8	●	Maquina de soldar descalibrada	3	Laboratorio de pruebas de	Pruebas de liquidos	2	48										

MAYOR
CRITICA
CLAVE



FPE-CAL-VII-21-01-A

Anexo 6 Figura 20 Plan de control.

<input type="checkbox"/> ROTOTIPO <input type="checkbox"/> PRELANZAMIENTO <input checked="" type="checkbox"/> PRODUCCION		EQUIPO QUE ELABORO:		ORGANIZADOR:	FECHA DE ELABORACION:								
PLAN DE CONTROL No. 108		NOMBRE		ASEL JUAREZ VITE	29/08/2020								
CLIENTE	No. DE PARTE	MODELO	Calidad	APROBACION PLANTA:	FECHA DE EMISION:								
	VIN 41786-22	Urbano	CTRL Producción	ASEL JUAREZ VITE	29/08/2020								
			Manufactura	APROBACION DE CALIDAD:	REVISION:								
			Mantenimiento	ASEL JUAREZ VITE	A								
			Producción										
			Herramental										
No. De Función	Nombre de Proceso descripción de la operación	Maquina/Dispositivo Plantilla, herramienta Para manufactura	CARACTERISTICAS			Clasificación de Características	METODOS					Plan de Reacción	
			No.	Producto	Proceso		Especificación/Tolerancia del producto/proceso	Tecnica de la Evaluación de Medición	Responsabilidad de la operación	MUESTRA			Metodo de control
									añ	Frecuencia			
HP-001	Lateral Izquierdo	Grua viajera Montadura lateral izquierdo	1	Mal acabado de soldadura		●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	lote	Hoja Viajera	Aviso a producción
			2	Colocacion incorrecta de		●	Ver Instrucción de trabajo	Colocacion en referencia	Operador	3	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
		Maquina de soldar	3	Dimención incorrecta		●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	Supervisor de calidad	1	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
			4	Material incorrecto		●	Visual	Visual	Operador	1	c/30pzas	Hoja Viajera	Aviso a producción
HP-002	Lateral Derecho	Grua viajera Montadura lateral Derecho	5	Mal acabado de soldadura		●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	Lote	Hoja Viajera	Aviso a producción
			6	Colocacion incorrecta de		●	Ver Instrucción de trabajo	Colocacion en referencia	Operador	3	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
		Maquina de soldar	7	Dimención incorrecta		●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	Supervisor de calidad	1	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	DETENER PROCESO
			8	Material incorrecto		●	Visual	Visual	Operador	1	c/30pzas	Hoja Viajera	Aviso a producción
HP-003	Toldo	Grua viajera Montadura Toldo	9	Mal acabado de soldadura		●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	Lote	Hoja Viajera	Aviso a producción
			10	Colocacion incorrecta de		●	Ver Instrucción de trabajo	Colocacion en referencia	Operador	3	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
		Maquina de soldar	11	Dimención incorrecta		●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	Supervisor de calidad	1	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
			12	Material incorrecto		●	Visual	Visual	Operador	1	c/30pzas	Hoja Viajera	Aviso a producción
HP-004	Piso	Grua viajera Montadura Piso	13	Mal acabado de soldadura		●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	Lote	Hoja Viajera	Aviso a producción
			14	Colocacion incorrecta de		●	Ver Instrucción de trabajo	Colocacion en referencia	Operador	3	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
		Maquina de soldar	15	Dimención incorrecta		●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	Supervisor de calidad	1	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
			16	Material incorrecto		●	Visual	Visual	Operador	1	c/30pzas	Hoja Viajera	Aviso a producción

Anexo 6 (continuación)

Figura 20 Plan de control.

HP-005	Sub ensamblés	Mesas de trabajo con HTAL	17	Mal acabado de soldadura	●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	Lote	Hoja Viajera	Aviso a producción
			18	Colocación incorrecta de	●	Ver Instrucción de trabajo	Colocación en referencia	Operador	3	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
		Maquina de soldar	19	Dimensión incorrecta	●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	Supervisor de calidad	1	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
			20	Material incorrecto	●	Visual	Visual	Operador	1	c/30pzas	Hoja Viajera	Aviso a producción
HP-006	Estructura principal	Grua viajera Montadura estructural principal	21	Mal acabado de soldadura	●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	Lote	Hoja Viajera	Aviso a producción
			22	Colocación incorrecta de	●	Ver Instrucción de trabajo	Colocación en referencia	Operador	3	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
		Maquina de soldar	23	Dimensión incorrecta	●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	Supervisor de calidad	1	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
			24	Material incorrecto	●	Visual	Visual	Operador	1	c/30pzas	Hoja Viajera	Aviso a producción
HP-007	Plataforma	Mesa de trabajo Herramientas de torque	25	Mal ensamble de pedal	●	Ver Instrucción de trabajo	Visual	Operador	1	c/30pzas	Hoja Viajera	Aviso a producción
			26	Mal torque en ensamble	●	Ver Instrucción de trabajo	Torquimetro	Supervisor de calidad	1	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
			27	Mal ruteado de cables y	●	Ver Instrucción de trabajo	Ayuda visual	Supervisor de calidad	1	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
HP-008	Acabado de soldadura	Grua viajera	28	Mal esmerilado	●	Visual	Visual	Operador	1	c/30pzas	Hoja Viajera	Aviso a producción
		Esmeril	29	No esmerilado	●	Visual	Visual	Operador	1	c/30pzas	Hoja Viajera	Aviso a producción
HP-009	Ensamble chasis carrocería	Grua viajera Maquina de soldar, Esmeril	30	Unidad descuadrada	●	Ver Instrucción de trabajo	Laser apuntador de medición	Supervisor de calidad	1	Inicio de producción y 1	Registro de inspección proceso FPE-CAL-V-01-	Detener proceso
			31	Mal acabado de soldadura	●	Ver Instrucción de Inspección	Visual	Operador	7	Lote	Hoja Viajera	Aviso a producción

MAYOR
CRITICA
CLAVE



FPE-CAL-VI-22-01-A

Anexo 7 Figura 22 Matriz LSQ

Matriz de requisitos del Modelo LSQ

		ELEMENTO	No	REQUERIMIENTO	Preguntas de evaluación del requerimiento.	NIVEL 1. La organización entiende el requerimiento.	NIVEL 2. La organización utiliza el requerimiento.	NIVEL 3. La organización tiene determinados los lineamientos de operación del requerimiento.	NIVEL 4. La organización identifica como afecta el desempeño el requerimiento.	NIVEL 5. La organización utiliza como un modo de vida cotidiano el requerimiento.
Fase 1. Definición del proyecto (Planeación)	Plan de control HOSHIN KANRI APOP	1.1	Despliegue de planeación estratégica actual y nuevos productos del cliente	¿La organización ha creado el equipo de trabajo para realizar el despliegue de planeación estratégica actual y nuevos productos del cliente?	La organización entiende el concepto de <i>despliegue de la planeación estratégica</i> .	La organización utiliza despliegue de la planeación estratégica	La organización tiene determinados los lineamientos para el despliegue de la planeación estratégica.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño del despliegue de la planeación estratégica	La organización utiliza el despliegue de la planeación estratégica como un modo de vida cotidiano	
	VSM SIPOC	1.2	Identificación de las necesidades del cliente, flujo de proceso, requerimientos, desperdicios, tiempo ciclo, mediante una representación gráfica.	¿La organización tiene identificadas las necesidades del cliente, flujo de proceso, requerimientos, desperdicios, tiempo ciclo, mediante una representación gráfica?	La organización entiende el concepto de <i>necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual</i> .	La organización utiliza las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual	La organización tiene determinadas las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual	La organización utiliza las necesidades del cliente y tiene representado su flujo actual como un modo de vida cotidiano	
2. Identificación de estrategias.	VSM QFD	2.1	Expectativa para obtener la Demanda del cliente. (Datos establecidos en la fase 1). ¿Qué se espera?	¿La organización tiene entendidos e identificadas las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas?	La organización entiende el concepto de <i>las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas</i> .	La organización utiliza las necesidades de la fase1 y contribuye en lo que se espera de cada una de ellas	La organización tiene determinadas las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el desempeño de las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas	La organización utiliza las necesidades de la fase1 y que se espera de cada una de ellas como un modo de vida cotidiano	
	QFD	2.2	Como se pretende alcanzar los objetivos dentro del proceso y cuanto se espera de cada uno de ellos. (con que cuenta la organización y que dificultad tiene para alcanzarlos)	¿La organización tiene definido como alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos?	La organización entiende el concepto de <i>alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos</i> .	La organización utiliza estrategias para alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos	La organización tiene determinado como alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en alcanzar los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos	La organización utiliza estrategias para alcanzara los objetivos en variables de proceso y cuanto se requiere de cada uno de ellos como un modo de vida cotidiano	
	SIPOC VSM	2.3	Identificación y determinación de procesos, su interacción y flujo. (Trazo de estado deseado y determinación de Kanbans y células de manufactura, Identificación de Htas Lean)	¿La organización tiene representado gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar?	La organización entiende el concepto de <i>representación gráfica del flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar</i>	La organización utiliza estrategias para representar gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar	La organización tiene determinado como alcanzara la representación gráfica del flujo de proceso para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en representar gráficamente el flujo de proceso para alcanzar los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar y cuanto se requiere de cada uno de ellos	La organización utiliza estrategias para alcanzar la representación gráfica del flujo de proceso para lograr los objetivos establecidos, además de que herramientas necesita implementar como un modo de vida cotidiano	
	Definir	2.4	Generar carta de proyecto. (Se especifica el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros)	¿La organización tiene documentados el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros?	La organización entiende el concepto de <i>documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros</i> .	La organización utiliza estrategias para documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización tiene determinado como documentar el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en la documentación del proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros.	La organización utiliza estrategias para alcanzar la documentación el proyecto, variables, cantidades y la expectativa de Ahorros como un modo de vida cotidiano	

Anexo 7 (Continuación)

Figura 22 Matriz LSQ

Fase 2	Diagrama de Gantt	2.5	Establecer las tareas y los tiempos en plan de proyecto	¿La organización ha establecido los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura?	La organización entiende el concepto de establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura	La organización utiliza estrategias para establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura	La organización tiene determinado como establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura.	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer los tiempos y pasos para alcanzar los objetivos de la nueva estructura	La organización utiliza estrategias para alcanzar los tiempos y pasos para lograr los objetivos de la nueva estructura como un modo de vida cotidiano
Fase 3. Análisis y medición.	AMIEF	3.1	Identificar el modo y efecto de falla de los procesos identificados. Además de Establecer los controles actuales de prevención y detección	¿La organización a identificado el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección?	La organización entiende el concepto de el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección	La organización utiliza estrategias para establecer el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección.	La organización tiene determinado el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección	La organización utiliza estrategias para alcanzar el modo y efecto de falla de los proceso identificados además de establecer los controles de prevención y detección como un modo de vida cotidiano
	MSA	3.2	Establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso. (Se ha establecido la manera de medir las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad)	¿La organización a establecido las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad?	La organización entiende el concepto de las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad	La organización utiliza estrategias para establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad	La organización tiene determinado como establecer las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad	La organización utiliza estrategias para alcanzar las variables y atributos del nuevo flujo de proceso, así como las características de medición de las variables para asegurar su reproducibilidad y repetibilidad como un modo de vida cotidiano
	INDICADORES	3.3	Establecer los Indicadores de medición del nuevo proceso	¿La organización ha establecido los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso?	La organización entiende el concepto de establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso	La organización utiliza estrategias para establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso	La organización tiene determinado como establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso	La organización utiliza estrategias para alcanzar los indicadores de medición en cada una de las etapas del nuevo proceso como un modo de vida cotidiano
	Fase 4. Selección de herramientas, zonas de acción.	Pruebas estadísticas	4.1	Determinar las herramienta estadísticas y de calidad idóneas para el nuevo proceso. (pruebas de inferencia, Box plot, Análisis de Regresión y correlación, Prueba z, t chi cuadrada, normalidad, F, proporciones, Diagramas de dispersión, Histogramas, Pareto y grafica P, Diagrama de Ishikawa, etc.)	¿La organización ha establecido las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad?	La organización entiende el concepto de las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad	La organización tiene determinado como establecer las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en las herramientas estadísticas y de calidad para el nuevo proceso según su necesidad
Herramientas de Mejora		4.2	Determinar las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1. (Matriz Causa & Efecto, KANBAN, SMED, TPM, HEIJUNKA, KAIZEN, 5's, Design of Experimentos (DOE), Árbol de decisión, POKAYOKE, TAKT TIME)	¿La organización ha Determinado las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1?	La organización entiende el concepto de determinar las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1	La organización utiliza estrategias para establecer las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1	La organización tiene determinado como establecer las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1	La organización utiliza estrategias para alcanzar las herramienta de mejora necesarias identificadas en la fase 2, en los procesos donde son necesarias para alcanzar los objetivos de la fase 1 como un modo de vida cotidiano

Anexo 7 (Continuación)

Figura 22 Matriz LSQ

Fase 5. Control, seguimiento y mejora	APOP	4.3	¿La organización ha determinado las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso?	La organización entiende el concepto de establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	La organización utiliza estrategias para establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	La organización tiene determinado como establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso	La organización utiliza estrategias para alcanzar las herramientas para la Validación del Producto y del Proceso como un modo de vida cotidiano	
	Plan de control	5.1	Establecer el plan de control para asegurar que las mejoras del proceso que se han identificado se institucionalicen, Eliminar la necesidad de controles manuales y la vigilancia detallada para mantener el rendimiento del proceso y Minimizar las alteraciones del proceso y el sobre-control.	¿La organización ha establecido el plan de control para asegurar que las mejoras del proceso que se han identificado se institucionalicen?	La organización entiende el concepto plan de control	La organización utiliza estrategias para establecer el plan de control	La organización tiene determinado como establecer el plan de control	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer el plan de control	La organización utiliza estrategias para alcanzar el plan de control como un modo de vida cotidiano
	OEE	5.2	Establecer y comparar la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida.	¿La organización ha establecido y comparado la capacidad de producción de sus equipo con la cantidad efectivamente producida?	La organización entiende el concepto de la capacidad de producción de sus equipo con la cantidad efectivamente producida	La organización utiliza estrategias para establecer la capacidad de producción de sus equipo con la cantidad efectivamente producida	La organización tiene determinado como establecer la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer y a comparado la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida	La organización utiliza estrategias para alcanzar y comparado la capacidad de producción de un equipo con la cantidad efectivamente producida como un modo de vida cotidiano
	Control estadístico de proceso Jidoka	5.3	Establecer y supervisar los procesos de fabricación a partir de mediciones de productos y lecturas de procesos para evaluar y monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas debido a paradas de líneas de producción justo en el momento en que un problema se produce por primera vez.	¿La organización ha establecido y supervisado los procesos de fabricación a partir de mediciones de productos y lecturas de procesos para evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas debido a paradas de líneas de producción justo en el momento en que un problema se produce por primera vez?	La organización entiende el concepto de evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas	La organización utiliza estrategias para establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas	La organización tiene determinado como establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas	La organización utiliza estrategias para alcanzar, evaluar, monitorear y mantener controlado el proceso, además de resaltar las causas de los problemas como un modo de vida cotidiano
	Benchmarking	5.4	Investigar, rastrear o incluso copiar los principios que sustentan el mejor comportamiento de unos de los elementos comparados sobre el resto.	¿La organización ha Investigado, rastreado o incluso copiado los principios que sustentan el mejor comportamiento de unos de los elementos comparados sobre el resto?	La organización entiende el concepto de Benchmarking	La organización utiliza estrategias para establecer Benchmarking	La organización tiene determinado como establecer Benchmarking	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en establecer Benchmarking	La organización utiliza estrategias para alcanzar las mejores practicas de Benchmarking como un modo de vida cotidiano
	APQP	5.5	Retroalimentación, evaluación y acciones correctivas	¿La organización ha retroalimentado, evaluado y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto?	La organización entiende el concepto de retroalimentar, evaluar y realizar las acciones correctivas pertinentes al producto	La organización utiliza estrategias para establecer la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto	La organización tiene determinado como establecer la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto	La organización identifica cómo el trabajo que se desarrolla impacta en la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto	La organización utiliza estrategias para alcanzar la retroalimentación, evaluación y ha realizado las acciones correctivas pertinentes al producto como un modo de vida cotidiano

Anexo 8 Artículo publicado en el año 2022 Revista PADI



DESDE 2013
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/issue/archivo>
Padi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI



ISSN: 2007-6363

Publicación Semestral Padi Vol. 10 No. Especial 2 (2022) 92-99

Integración de un modelo de mejora continua para el cumplimiento de requerimientos en la industria automotriz Integration of continuous improvement in meeting customer requirements in organizations

A. Juárez-Vite , J. R. Corona-Armenta , O. Montaña-Arango , H. Rivera-Gómez , J. Medina-Marín 

*Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

Actualmente el sector automotriz de la región de ciudad Sahagún, Hidalgo, se encuentra en la necesidad del desarrollo de prácticas de mejora continua, se ha detectado que solo utilizan algunas metodologías de forma básica y aislada como *Lean Manufacturing* y Seis Sigma, además de que para ejecutarlas lo realizan con equipos multidisciplinarios aislados, y en diversas ocasiones se duplican acciones. Por lo anterior, en esta investigación se propone una metodología que integra la manufactura esbelta con los *Coretools*, dando como resultado un sistema de productividad esquematizado y comunicado, enfocado a los requisitos de los clientes de la industria automotriz y con una perspectiva de mejora continua. Es un modelo integrado por 5 fases de despliegue y 5 niveles de madurez, que tiene como objetivo mantener un desarrollo y crecimiento constante, los cuales se representan de la siguiente forma: N1 Entiende, N2, Utiliza, N3 Determinación de lineamientos, N4 Afectación del desempeño y N5. Utilización cotidiana

Palabras Clave: *Lean Manufacturing*, *Coretools*, Modelos Integrados, Productividad.

Abstract

Currently, the automotive sector in the Sahagun city region, Hidalgo, is in need of developing continuous improvement practices. It has been detected that they only use some methodologies in a basic and isolated way, such as *Lean Manufacturing* and Six Sigma, in addition to executing them, they are carried out thorough isolated multidisciplinary teams, and in several times, actions are duplicated. Therefore, this research proposes a methodology that integrates lean manufacturing with *Coretools*, resulting in a schematic and communicated productivity system, focused on the requirements of customers in the automotive industry and with a perspective of continuous improvement. It is a model composed of 5 phases of deployment and 5 levels of maturity, which aims to maintain constant development and growth, which are represented as follows: N1 Understands, N2, Uses, N3 Determination of guidelines, N4 Affectation of the performance and N5. daily use.

Keywords: *Lean manufacturing*, *Coretools*, *Embed model*, *Model*, *Productivity*.

1. Introducción

La industria, en todo el mundo, vive presionada de los requerimientos de sus clientes y de otras partes interesadas para la ejecución de sus operaciones de manera responsable y mejora de su desempeño. Actualmente, el escenario global que enfrenta el sector industrial, para poder ser competitivo, está conformado por: el ambiente de negocios, la estrategia empresarial, la innovación y transformación, la gestión de riesgos y los cumplimientos regulatorios. Por lo tanto, perfeccionar el desarrollo de las operaciones y reducir costos,

así como trabajar de una manera integrada, es un imperativo empresarial, existen diversas fuentes de información de estos temas, tal como mencionan Yadav, Mathiyazhagan & Kumar, (2019) y Yang, Kuo, Su, & Hou, (2015). La mejora continua del proceso a través de un equipo multifuncional enfocado, reduce la variación en el proceso, así como, en la reducción de costos, eliminando actividades que no agregan valor, sin dejar de lado que, al combinar todos sus elementos con los componentes del negocio, le permiten lograr su propósito (Olaru, Maier, Nicoara, & Maier, 2014). Actualmente, las organizaciones que han adoptado estas metodologías,

*Autor para la correspondencia: ju100906@uaeh.edu.mx
Correo electrónico: ju100906@uaeh.edu.mx (Asel Juárez-Vite), jrcorona@uaeh.edu.mx (José Ramón Corona-Armenta), omontano@uaeh.edu.mx (Oscar Montaña-Arango), hector_rivera@uaeh.edu.mx (Héctor Rivera-Gómez), jmedina@uaeh.edu.mx (Joselito Medina-Marín).

Fecha de recepción: 07/02/2022 Fecha de aceptación: 27/04/2022 Fecha de publicación: 24/06/2022
<https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial2.8666>



Anexo 9 Artículo publicado en el año 2023 Revista International Journal of Industrial Engineering and Management



Original research article

Application of the SMED methodology through folding references for a bus manufacturing company

A. Juárez-Vite^{a,*}, J. R. Corona-Armenta^a, H. Rivera-Gómez^a, O. Montaña-Arango^a, J. Medina-Marín^a

^a Área Académica de Ingeniería, Universidad Autónoma de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo km. 4.5, Ciudad del conocimiento, Mineral de la Reforma, Hgo 42184, México

ABSTRACT

Bodywork assembly in bus manufacturing is a task that involves several operations. In Mexico, many bus manufacturing companies have non-flexible production lines, which makes model change very problematic. In response to this situation, the SMED methodology was applied to make more flexible production lines in terms of setup reduction for model changing. In this paper, the urban bus assembly line was studied, which is composed of sub-assembly stations that subsequently feed the station that assembles the unit, and that joints all the frames of the required model, the aim of the paper is to propose an approach to reduce the production time through the use of folding references. With the application of the SMED, it was observed that the production line improved in the transition from one body structure model to another, obtaining results of 56.2% in the time reduction.

ARTICLE INFO

Article history:

Received November 8, 2022
Revised June 24, 2023
Accepted July 12, 2023
Published online July 26, 2023

Keywords:

SMED;
Bodywork assembly;
Subassemblies;
Folding references

* Corresponding author:

A. Juárez-Vite
jul100906@uah.edu.mx

1. Introduction

Currently, the global market for the transport industry raises the need to prepare for competition and thus integrate the new parameters of opening, integration, and trade regulations, both in local and international markets, considering the existence of the great number of players improving and maintaining their position in this market. Highlighting the weight that this sector represents within the economy, whose main and strategic function lies in the fact that it is the automotive vehicle that moves the activity of

the countries. In this global competition, several bus companies such as Bus, Zhengzhou Yutong, Xiamen King Long Motor, Toyota, Tata Motors, Volkswagen, BYD, Marcopolo, Anhui Ankai Automobile, CNH Industrial Daimler, Ashok Leyland Blue Bird, Hyundai, Navistar, stand out as key players. Who operate, on different fronts, usually classified in the following blocks: North America (the United States, Canada, and Mexico), Europe (Germany, France, United Kingdom, Russia, Italy, and the Rest of Europe), Asia-Pacific (China, Japan, Korea, India, Southeast Asia, and Australia), South America (Brazil, Argentina, Colombia and the rest of South Amer-

Anexo 10 Artículo publicado en el año 2024 Revista PADI



DESDE 2013
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/issue/archive>
Padi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI



ISSN: 2007-6363

Publicación Semestral Padi Vol. 12 No. Especial 3 (2024) 57-67

Aplicación de 8D's optimizando el EPP en el sector automotriz Application of 8D's optimizing PPE in the automotive sector

Abigail Escalona-Veloz , Miriam López-Desposorios , Aseel Juárez-Vite , Héctor Rivera-Gómez 
Valeria F. Guerrero-Reséndiz , José R. Corona-Armenta 

*Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

Las empresas del sector automotriz enfrentan actualmente un conjunto de problemas que limitan su desempeño, especialmente en los costos de operaciones, por las diversas actividades en sus procesos productivos. El objetivo de la investigación es analizar de manera sistémica el caso de una empresa del sector automotriz en su división de autobuses urbanos, en la que se identificó que existía alto consumo en el equipo de protección personal, ocasionando un alto presupuesto para su funcionamiento. La metodología 8D ha sido ampliamente probada y aplicada en diversos tipos de industrias a nivel mundial, demostrando su eficacia como una herramienta confiable para la resolución de problemas por lo que, mediante su uso, se identificaron las principales causas del problema desde un enfoque sistémico, donde se propone la solución al problema y se previenen posteriores reincidencias. De los resultados obtenidos, se implementaron acciones que originaron la capacitación en la inducción, la generación de una matriz de utilización por puesto, establecer su vida útil, control en la entrega y abastecimiento en tiempo. Las acciones originaron un resultado satisfactorio para la empresa, disminuyendo un 50% en su consumo optimizando su presupuesto.

Palabras Clave: Equipo de protección personal, Alto consumo, 8 Disciplinas, Autobuses urbanos.

Abstract

Companies in the automotive sector currently face a set of problems that limit their performance, especially in operating costs, due to the various activities in their production processes. The objective of the research is to systematically analyze the case of a company in the automotive sector in its urban bus division, in which it was identified that there was high consumption of personal protective equipment, causing a high budget for its operation. The 8D methodology has been widely tested and applied in various types of industries worldwide, demonstrating its effectiveness as a reliable tool for problem solving, which is why when using it, the main causes of the problem were identified from a systemic approach, where the solution to the problem is proposed and subsequent recurrences are prevented. From the results obtained, actions were implemented that led to training in induction, the generation of a utilization matrix per stall, establishing its useful life, control in delivery and supply on time. The actions resulted in a satisfactory result for the company, reducing its consumption by 50% and optimizing its budget.

Keywords: Personal protective equipment, High consumption, 8 Disciplines, Urban buses.

1. Introducción

A nivel internacional, la industria automotriz es uno de los sectores más importantes tanto en términos económicos como tecnológicos, y es gracias a su alta demanda y producción que ha experimentado transformaciones significativas relacionadas a la globalización, la innovación tecnológica y los aspectos de impacto ambiental. Por otra parte, el crecimiento de la

urbanización trae consigo el aumento en la demanda de sistemas de transporte público eficientes y sostenibles, lo que implica la necesidad de mejorar y expandir las redes de transporte público, en el que las innovaciones tecnológicas como los sistemas de gestión inteligente, la automatización y la electrificación se están incorporando en distintos sistemas de transporte público a nivel mundial. Dentro de los principales fabricantes de autobuses de transporte público a nivel mundial

*Autor para la correspondencia: lo353499@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: es352565@uaeh.edu.mx (Abigail Escalona-Veloz), lo353499@uaeh.edu.mx (Miriam López-Desposorios), ju100906@uaeh.edu.mx (Aseel Juárez-Vite), hrver06@hotmail.com (Héctor Rivera-Gómez), gu356064@uaeh.edu.mx (Valeria Fernanda Guerrero-Reséndiz), jrcorona@uaeh.edu.mx (José Ramón Corona-Armenta).

Historial del manuscrito: recibido el 11/07/2024, última versión-revisada recibida el 10/09/2024, aceptado el 10/09/2024, publicado el 14/11/2024. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v12iEspecial3.13419>



Anexo 11 Artículo publicado en el año 2024 Revista PADI



DESDE 2013
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ichi/issue/archivo>
Padi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI



ISSN: 2007-6363

Publicación Semestral Padi Vol. 12 No. Especial 3 (2024) 99-104

Herramientas sistémicas para mejorar la productividad en el sector alimenticio Systemic tools to improve productivity in the food sector

Miriam López-Desposorios¹, Abigail Escalona-Veloz¹, Asel Juárez-Vite¹, Héctor Rivera-Gómez¹
José R. Corona-Armenta¹

¹Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

La industria del sector de alimentos, para competir dentro de su mercado altamente demandado, implementa herramientas de mejora continua especializadas como seis sigma. Esta investigación se desarrolló para mejorar la productividad dentro del proceso de elaboración de alta repostería mediante la implementación de herramientas de seis sigma con base en su metodología de DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), con el objetivo de identificar y reducir la merma generada. Los resultados mostraron que, en un período de 4 meses, se logró una reducción significativa en el porcentaje de merma semanal de piezas de alta repostería. El análisis de los datos recopilados mostró una disminución del 33.3%. Como consecuencia, se obtuvo una mejora de la disposición del producto fabricado. Esto constituye un mayor flujo en la operación, generando métodos de trabajo diferentes, logrando una mayor continuidad y beneficios económicos para la empresa.

Palabras Clave: DMAIC, seis sigma, alta repostería, merma.

Abstract

The food industry, to compete within its highly demanded market, implements specialized continuous improvement tools such as six sigma. This research was developed to improve productivity within the high-end pastry production process through the implementation of six sigma tools based on its DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), methodology to identify and reduce the waste generated. The results showed that, in 4 months, a significant reduction was achieved in the percentage of weekly shrinkage of high pastry pieces. Analysis of the collected data showed a decrease of 33.3%. As a result, an improvement in the layout of the manufactured product was obtained. This constitutes a greater flow in the operation, generating different working methods, and achieving greater continuity and economic benefits for the organization.

Keywords: DMAIC, six sigma, haute pastry, shrinkage.

1. Introducción

En la actualidad, en el mercado internacional, la alimentación es primordial para las necesidades del ser humano, una gran parte de los alimentos tienen como base de composición la harina. De acuerdo a FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, 2021), el efecto del ambiente mundial ha generado un aumento de producción industrial de la harina a lo largo de los años. Durante el ciclo comercial 2020 - 2021, la producción mundial creció 1.6 % la tasa anual, al ubicarse en 775.8 millones de toneladas. Las empresas en la actualidad tienden a tener más productividad. Esto significa que pueden producir más con menos recursos, lo que resulta en mayores márgenes de ganancia y una mejor posición competitiva. Por tanto, reducir los defectos es crucial

para las organizaciones y la metodología seis sigma es una de las herramientas esenciales, siendo uno de sus enfoques la reducción de defectos y la mejora de la calidad en los procesos. Al minimizar los errores y mejorar la calidad de los productos y servicios, así como al optimizar los procesos, las empresas pueden mejorar su eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la productividad (McShane, 2022). A propósito de esto, los países con una larga tradición en el cultivo de cereales suelen ser los principales productores de harina a nivel mundial. Dentro de los principales productores de harina se encuentran China, India, Estados Unidos, Rusia y Francia. Estos países no sólo fabrican harina para el consumo nacional, sino que también desempeñan un papel destacado como exportadores, suministrando productos a mercados internacionales (FIRA, 2021). En México existen varias

*Autor para la correspondencia: so332565@uaeh.edu.mx
Correo electrónico: lo333499@uaeh.edu.mx (Miriam López-Desposorios), so332565@uaeh.edu.mx (Abigail Escalona-Veloz), jn100906@uaeh.edu.mx (Asel Juárez-Vite), hrivero6@hotmail.com (Héctor Rivera-Gómez), jrcorona@uaeh.edu.mx, (José Ramón Corona-Armenta).

Historial del manuscrito: recibido el 11/07/2024, última versión-revisada recibida el 12/09/2024, aceptado el 12/09/2024, publicado el 14/11/2024. DOI: <https://doi.org/10.29057/ichi.v12Especial3.13415>

