

# 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 <sup>a,\*</sup>, J. R. Corona-Armenta <sup>a</sup>, O. Montaña-Arango <sup>a</sup>, H. Rivera-Gómez <sup>a</sup>, J. Medina-Marín <sup>a</sup>

<sup>a</sup> 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, Embedded 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).

visualizan de una manera puntual los beneficios de cada una de ellas por su forma de operación sistemática. Sin embargo, se ven afectados ocasionalmente en los costos, por trabajarse de una manera aislada cada una de ellas. Uno de los problemas que enfrentan las organizaciones actualmente, es trabajar de una manera conjunta los esfuerzos por cumplir los requisitos del cliente y la mejora continua.

Las empresas han encontrado que trabajar metodologías como *Lean Manufacturing* y Seis Sigma contribuyen a la mejora continua, lo anterior lo ven reflejado en sus operaciones. Adicionalmente, en los requisitos específicos del cliente, así como en el diseño y desarrollo de sus productos, han utilizado, y en algunos sectores son de carácter obligatorio, la metodología de *Coretools*. La integración de *Lean Manufacturing* y *Coretools* permitiría que un sólo equipo ejecutara estas funciones y no se presentarían iniciativas aisladas y repetidas en la organización. Sumándole a esto que la mejora continua podría nacer desde los requerimientos del cliente y los beneficios reflejados en los procesos y la satisfacción del cliente. Sin embargo, en estas metodologías, hasta la fecha se han publicado artículos basados sólo en la integración de *Lean Manufacturing* y Seis Sigma, a la que se denomina *Lean six sigma*, pero ha quedado fuera la metodología de *Coretools*. Al momento, información que integre estas metodologías es inexistente. A partir de esta falta de conocimiento de un modelo integrado, específico, se revisó la literatura para recopilar sistemáticamente y analizar críticamente todas las investigaciones relevantes en el campo de *Lean Manufacturing* y *Coretools*, para proporcionar las bases para un modelo que las integre. Esta investigación está estructurada de la siguiente manera. La sección 2 presenta el marco de referencia donde se hace una revisión de la literatura. La sección 3 describe la metodología LSQ que sirve de base para el desarrollo del modelo. La sección 4 presenta la descripción del modelo el cual se desarrolla a partir de lo encontrado en la literatura, la LSQ y características del sector automotriz en ciudad Sahagún, Hidalgo. Finalmente, se generan las conclusiones en la Sección 5.

## 2. Marco de referencia

Para poder identificar el modelo integrado propuesto y situarlo, es a través de los elementos de referencia, partiendo de los 4 temas de investigación relevantes, que representan los campos que se han estudiado en los últimos años en el dominio de las metodologías de mejora continua y *Coretools*. Para esta revisión se consideraron publicaciones que se han enfocado en: (1) *Lean Manufacturing*, (2) Ingeniería de calidad (*Coretools*), (3) *Lean-SixSigma*, (4) *Lean Manufacturing- Coretools*. De lo anterior, se tiene lo siguiente:

1. Cuando se menciona el término mejora continua, la metodología *Lean Manufacturing* es una principal referencia histórica que data del sistema de producción de Toyota, (Roser, 2017). James Womak (2003) en su libro *Lean Thinking* define a *Lean* como: el camino para especificar valor, crear valor en la línea de producción a través de

acciones ejecutadas en la mejor secuencia, conducir estas acciones sin interrupción cuando alguien las demande y desarrollar las actividades más y más eficientemente.

Se encontraron publicaciones donde señalan que para una implementación exitosa de *Lean Manufacturing* juega un papel importante el soporte de la gerencia en el impulso que proporciona, además de una comunicación mejorada en la organización (Worley, & Doolen, 2006). De ahí que el alcance de la metodología se ve reflejado en varios campos, como lo es en temas ambientales (Garza-Reyes, Kumar, Chaikittisilp, & Hua, 2018). Proporcionan información de gran valor sobre los efectos de *Lean Manufacturing* en el desempeño ambiental y muestra un efecto sobre el uso de materiales y la liberación de contaminantes. Un tema fundamental es identificar y clasificar los principales criterios para la implementación en el sector manufacturero (Sharma, Dixit Mohd, and Qadri, 2016). Maasouman, & Demirli, (2015) desarrollan un modelo de madurez *Lean* a nivel operativo, visual y basado en datos, un ejemplo de la aplicación de esta metodología es en la manufactura de bobinas de aire acondicionado, presentando resultados exitosos. En la investigación de Ruiz-de-Arbulo-Lopez, (2013) evidencia los posibles errores de la contabilidad de costos, además de presentar la necesidad y validez de un sistema acorde a la producción *Lean*.

Pinto, Mendonça, Babo, Silva, & Fernández, (2022). Proponen en su investigación, la utilización del FODA para analizar la información que recopilaron, en la implementación de *Lean Manufacturing* en la industria portuguesa. También, Cherrafi, Garza-Reyes, Belhadi, Kamble, & Elbaz, (2021). Desarrollaron un modelo de autoevaluación para verificar el nivel de preparación de las organizaciones para implementar iniciativas *Green Lean*, que sirve de referencia como un diagnóstico de los requisitos para su implementación. Además, Hardcopf, Liu, & Shah, (2021). Relacionaron dentro de su estudio, la influencia de cuatro culturas organizacionales distintas, así como una cultura híbrida y la capacidad de una empresa para ser culturalmente ambidiestra, en la relación entre el desempeño operativo y *Lean*, concluyendo que la realización de mejoras de calidad a partir de *lean* es particularmente sensible a la cultura organizacional.

Su utilización en diversos campos muestra la eficiencia probada que la valida (Das, Venkatadri, & Pankajkumar, 2013), muestran una investigación implementada en un sistema de fabricación de redes de pesca. Utilizando un diseño experimental y una herramienta de optimización de simulación. Marodin, Germán, Luz & Netland (2018), sugieren que las empresas pueden sacar más provecho de sus implementaciones *Lean* si persiguen una implementación sistemática tanto de *Lean Production Development* como de *Lean Manufacturing*, en lugar de seguir el enfoque aislado más común. Finalmente, se puede argumentar que no solo se utiliza en un solo sector, Barbosa, Carvalho, & Filho (2014) desarrollan una aplicación específica en proyectos de procesos de fabricación aeroespacial que apuntan a la automatización de la producción.

2. Los *Coretools* son un conjunto de herramientas desarrolladas originalmente en la industria automotriz para

diseñar, desarrollar, medir, registrar, analizar y aprobar productos y servicios de calidad que satisfagan las necesidades y expectativas del cliente (Rodríguez, 2019). El apropiado manejo de los nuevos proyectos asegurará a la empresa en primera instancia, posteriormente, y de manera interna, brindará la confianza necesaria con el cliente para continuar con nuevos proyectos redituables y que se mantenga como primera opción (Olmedo, 2017). Estas herramientas, al ser especializadas y enfocadas en el diseño y desarrollo de los productos en la industria automotriz, son mencionadas en investigaciones centradas en el diseño colaborativo y ensamblaje modular para la integración de la cadena de suministro, basados en el APQP (planificación de calidad de producción avanzada), de acuerdo con Trappey, & Hsiao, (2008). Una vertiente diferente a la industria automotriz, es la aplicación en la industria de la construcción, en donde Lee, Lim, Lee, Cho, & Kang (2019) identificaron los factores de demora que pueden ocurrir en el marco estructural de proyectos de edificios, y analizaron las prioridades para la gestión de demoras. Dentro del set de herramientas de esta metodología, el AMEF (análisis de modo y efecto de falla) es un elemento primordial y una de las investigaciones se centra en una evaluación del desempeño grupal versus el desempeño individual (Guerrero, & Bradley, 2013).

Una de las herramientas eje de esta metodología, es el APQP, es utilizada habitualmente en la planeación de nuevos proyectos, además, ha sido estudiada en su interacción con otras herramientas. Como lo mencionan en su investigación Raicu, Seri, tan, Enache, & Stănculescu, (2021). Proponen en el desarrollo de faros con sus constantes cambios en las características y actualizaciones requeridas por la OEM, un enfoque basado en estrategias de desarrollo mixtas sobre los diferentes dominios reales. De la misma forma, Syreyshchikova, Pimenov, Yaroslavova, Gupta, Sharma, & Giasin, (2021). Desarrollan un método modificado de (QFD) despliegue de la función de calidad, para mejorar el proceso de planificación de la calidad del producto (APQP) en el corte de metales con tecnologías láser, lo que confirma la dinámica de la innovación abierta. Se recomienda para una mayor aplicación tanto en la empresa como en la metalurgia. Por otra parte, Oukhay, Badreddine, & Romdhane, (2021). Desarrollan un nuevo modelo QFD y APQP, basado en el mapa cognitivo difuso (FCM) y la integral de Choquet. Permitiendo capturar y modelar la causalidad del producto/proceso. La simulación FCM evalúa los impactos del producto, las piezas y las características del proceso en los requisitos del cliente, así como la integral de Choquet se utiliza para adherir los impactos con el fin de tratar las interacciones entre los requisitos del cliente.

Finalmente, Sillero, Roaro, Villalón, & Vázquez (2019) identificaron mediante esta metodología, que la idea es mejorar el área de trabajo a fin de incrementar la productividad del operario a través de la reducción de sus desplazamientos, del tiempo de ocio y las horas extras, lo cual impactará en la reducción de los costos mensuales y anuales.

3. *Lean Seis Sigma* es la combinación mejorada de dos metodologías llamadas *Lean manufacturing* y *Seis Sigma* que, de forma separada, buscan la maximización de la

productividad. Sin embargo, unidas bajo una misma metodología, no sólo se orientan a reducir costes, sino también a maximizar la eficiencia en los procesos y, por lo tanto, a que las empresas que la implementen sean más competitivas en sus respectivos mercados (García, 2015). Esta metodología no es ajena a los problemas actuales, Sodhi (2020), en su investigación, propone que las industrias manufactureras deben implementar herramientas y técnicas *Lean Six Sigma* para recuperarse de las secuelas del coronavirus, identificando que el impacto de la pandemia del coronavirus ha generado un gran problema no solo para la salud física de los seres humanos, sino también para la economía de la mayoría de los países del mundo. Su utilización abarca diversos campos, en la revisión que se realizó en el sector de la salud, en donde Hultman, Kim, Lee, Wu, Dodge, Hultman, Roach, & Halvorson, (2016), la enfocaron para disminuir el tiempo preoperatorio, hasta el corte y el tiempo operatorio total, mediante la reducción de la variabilidad y la mejora de la eficiencia. De igual forma, en el marco ambiental, algunas de las investigaciones se han centrado en eliminar residuos y mejorar el desempeño de la industria sin causar muchos impactos negativos en el medio ambiente, (Talapatra, & Gaine, 2019; Singh, Kaswan & Rathi, 2019). De igual forma se encontró información acerca de algunas integraciones adicionales con temas de sustentabilidad (Cherrafi, Elfezazi, Chiarini, Mokhlis & Benhida, 2016; Parmar & Desai, 2020).

4. En cuanto a la integración de *Lean Manufacturing-Coretools* no se han encontrado investigaciones realizadas.

Para resumir esta revisión de la literatura se presenta la Tabla 1 donde se puede visualizar los artículos analizados en esta sección. De los artículos presentados se puede identificar que existe muy poca información de la integración de las herramientas, solo se presenta en *Lean Seis Sigma*, y algunas integrando temas de sustentabilidad. En contraste con investigaciones anteriores la integración más cercana es la de *Lean Manufacturing*, *Seis Sigma* y *TOC* (teoría de restricciones). El modelo que se propone está enfocado a contribuir en la integración de *Lean Manufacturing* e ingeniería de calidad (*Coretools*). Esta investigación, es una necesidad detectada en la industria automotriz, como un requerimiento de sus clientes, así como la permanencia en el mercado por el constante incremento de las materias primas, atendiendo el requerimiento económico en las organizaciones.

Desde la perspectiva de la mejora continua, la generación de iniciativas permitirá obtener ahorros considerables en la empresa, con lo que se pudieran atender esas necesidades económicas.

Tabla 1  
Revisión de la literatura.

	Diagnostico	Planeación	Sistemáticos	Enfoque de procesos	Integración
<b>1.- Lean Manufacturing</b>					
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. Chaikititilp, s. & Hua, K. (2018).	✓		✓	✓	
Sharma, V., Dixit Mohd, A. and Qadri, A. (2016)		✓	✓	✓	
Maasouman, M. and Demiri, 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)			✓	✓	
Pinto, Mendonça, Babo, Silva, & Fernandes, (2022)		✓	✓	✓	
Cherrafi, Garza-Reyes, Belhadi, Kamble, & Elbaz, (2021)	✓		✓		
Hardcopf, Liu, & Shah, (2021)	✓		✓		
<b>2.- Ingeniería de calidad (coretools)</b>					
Trappey, A. & Hsiao, D. (2008)		✓		✓	
Guerrero, H. and Bradley, J. (2013)				✓	
Olmedo, J. (2017).	✓		✓		
Lee, D., Lim, H., Lee, D., Cho, H. and Kang, K. (2019).		✓	✓		
Sillero, J., Roaro, L., Villalón, M. y Vázquez, S. (2019).		✓			
Raicu, Seritan, Enache, & Stănculescu, (2021)			✓	✓	
Syreyschikova, Pimenov, Yaroslavova, Gupta, Sharma, & Giasin, (2021)		✓	✓	✓	
Oukhay, Badreddine, & Romdhane, T. (2021)			✓	✓	
<b>3.- Lean-Sixsigma</b>					
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)			✓	✓	✓
<b>4.- Lean Manufacturing- Coretools</b>					
	✓	✓	✓	✓	✓

### 2.1. Problemática

En la actualidad, las empresas que desean participar en la cadena de suministro de la industria automotriz, tienen el reto de cumplir con altos estándares que demanda este sector, en el caso de incumplimiento de los parámetros de calidad y entrega de los productos requeridos se exponen a sanciones de alto impacto económico. Al mismo tiempo, estas empresas enfrentan un constante ajuste de precios y variación en la demanda de productos, que las mantiene en una incertidumbre día a día. A todo lo anterior, se suma la competencia con empresas extranjeras, tanto en precios como en calidad de los productos que ofrecen, respaldados por una gran infraestructura que les permite ajustar sus precios, y, por lo tanto, entrar en cualquier licitación.

### 2.2. Justificación.

Hoy en día, existen herramientas que permiten a las empresas manejar este tipo de problemáticas y responder a las constantes demandas que este sector les exige. Un acercamiento a las empresas que se manifiestan como una competencia directa provienen de países como Estados Unidos de América, Japón, Alemania y Francia. Entre estas se encuentran los sistemas automatizados, herramientas de mejora y productividad como *Lean Manufacturing*, Seis Sigma, *PMI*, ingeniería de calidad, entre otras.

La integración de estas herramientas implica el conjuntarlas de forma metodológica, con la complejidad que tiene cada una por separado y al agruparse, además del conocimiento teórico y práctico necesario, enfrentando problemas en su implementación, operación, seguimiento, mantenimiento y control por parte de la organización. Dado lo anterior, las organizaciones prefieren ejecutarlas con equipos que, si bien son multidisciplinarios, trabajan de forma aislada, lo que genera que se realicen actividades y acciones repetidas. Por ello se ha diseñado LSQ (*Lean Sigma Quality*), una metodología que integra, entre otros, los conjuntos de herramientas de *Lean Manufacturing* e ingeniería de calidad *Coretools*, lo que permitirá poder trabajar de una manera integrada y sistemática estas metodologías, generando valor y ganancias a la organización.

Uno de los objetivos al trabajar de una manera integrada estas metodologías, es que los requisitos del cliente y los procesos de mejora continua, se pueden alinear, controlar y mejorar, además de trabajarlos de manera conjunta. La metodología propuesta de LSQ, mediante una matriz de requisitos, establece las pautas para operar de forma integral. LSQ va dirigido, de forma inicial, a empresas del sector automotriz, que representa un eje fundamental en el sector de manufactura. Al tener en cuenta la importancia que representa el cumplimiento de los requisitos del cliente y la mejora continua, trabajar de una manera integrada constituye un proceso fundamental para enfocar los resultados a un objetivo específico, ya que permite predecir mayores probabilidades de éxito. A partir de esta metodología se desarrolló un modelo que busca operar de una manera sistemática y con un crecimiento constante, al proponer 5 niveles a los que pueden aspirar las empresas que lo implementen. Además, puede ser utilizado como una herramienta de gestión para los líderes de las diversas áreas de la organización.

## 3. Metodología.

Se parte de realizar estudios previos, enfocados a identificar el estado del que inicia el proyecto, para lo anterior se realiza un diagnóstico de la organización con la intención de analizar su entorno interno y externo; a continuación, se validan los objetivos establecidos con el análisis del entorno y se identifican los resultados del diagnóstico ubicándolo en la matriz LSQ, igualmente se realiza el despliegue de los objetivos utilizando la herramienta *Hoshin Kanry* apoyada con las fases siguientes: La Fase 1 Definición del proyecto, que identifica las necesidades del cliente interno y externo, por otra parte, se traza el mapa del estado actual de la organización mediante la herramienta *VSM (Value Stream Map)* y se comparan los requisitos del cliente y el estado actual enfocados a identificar la brecha que existe entre estos 2. La Fase 2 Identificación de estrategias, busca trazar el estado ideal, y generar los proyectos necesarios para alcanzarlo, estableciendo las herramientas de las metodologías necesarias para lograr ese estado ideal. En la Fase 3 Análisis y medición, se identifican los riesgos del nuevo proceso y se establecen indicadores, además de determinar las herramientas estadísticas necesarias. De la misma forma, la Fase 4 Implementación, determina la secuencia y programación para implementación de los proyectos, finalizando con la evaluación de las herramientas implementadas. Posteriormente, la Fase 5 Control, seguimiento y mejora, establece el plan de control del nuevo proceso y se evalúa la perspectiva del cliente interno y externo. Por último, la validación del modelo se realiza mediante una auditoría de los requisitos de la matriz en el nivel 1, para esta fase, sólo se evaluarán los requisitos de las herramientas utilizadas para alcanzar el estado ideal de la organización. Enseguida se presentan los resultados a la dirección y se evalúa la hipótesis planteada estableciendo las conclusiones. Esta secuencia de pasos se puede visualizar en la Figura 1 Metodología LSQ.

## 4. Desarrollo del modelo.

Este modelo es secuencial, es decir, que se aspira a una maduración del mismo siguiendo los niveles y requisitos de la matriz LSQ, integra, las metodologías *Lean Manufacturing* e ingeniería de calidad *Coretools*. Como parte inicial del sistema LSQ, se pretende evaluar a la organización con un diagnóstico, en el que se podrá entender en qué estado se encuentra, así como identificar la compatibilidad y cumplimiento de los requisitos de la matriz. LSQ opera desde una matriz de requisitos que permiten visualizar las etapas que admitirán trabajar la integración, donde se proponen 5 niveles de madurez para mantener un desarrollo y crecimiento constante, trabajando desde una perspectiva global de la organización, los cuales se despliegan de la siguiente forma: N1 Entiende, N2, Utiliza, N3 Determinación de lineamientos, N4 afectación del desempeño y N5. Utilización cotidiana. En cada una de las fases se integran las herramientas de *Lean Manufacturing* e ingeniería de calidad (*Coretools*), los requisitos están integrados por los pasos necesarios para la implementación de las herramientas que se utilizarán. En la figura 2 se muestra la matriz de requisitos del modelo LSQ.

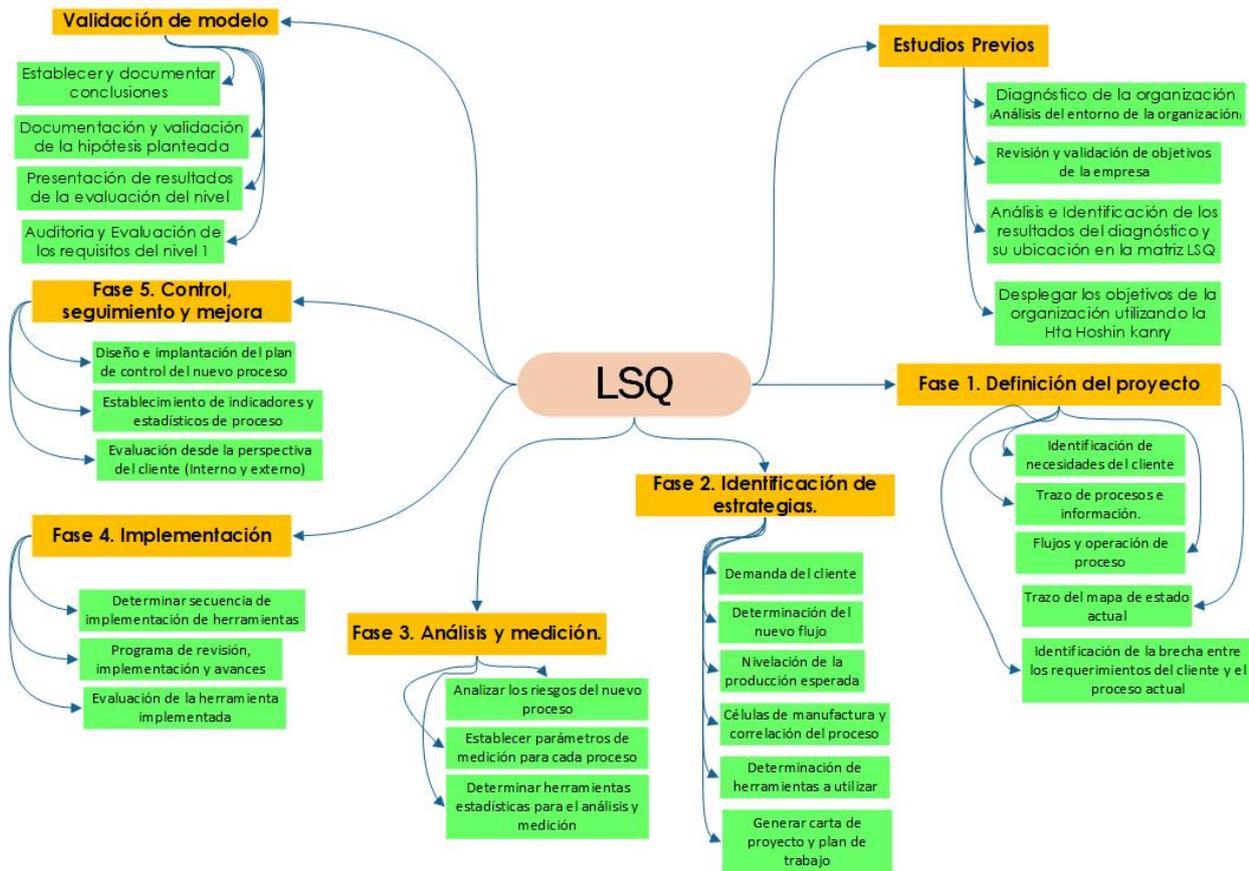


Figura 1: Metodología LSQ.

#### 4.1. Contexto de la investigación.

El sector automotriz representa una parte importante en el sector manufacturero dentro del estado de Hidalgo. La generación de la investigación y el modelo desarrollado se dan como respuesta a las necesidades detectadas.

Es por ello que la implementación se pretende realizar en una empresa de manufactura del sector privado, cuyo giro es el automotriz, y se encuentra ubicada en el municipio de Ciudad Sahagún, Hidalgo. Esta empresa se dedica a ensamblar autobuses urbanos, comercializados en el interior de la república, la empresa cuenta con 300 trabajadores operativos distribuidos en 6 áreas de ensamble. Las principales habilidades técnicas que se desarrollan son: Soldadura, Pintura, Pegado, Torque y Crimpado, todas ejecutadas de manera manual. Estas habilidades se le conoce al interior de la empresa como procesos especiales, la razón de esto es porque son críticos en el ensamble total de los autobuses.

La empresa cuenta con un área interna de Mejora continua que pertenece al departamento de calidad, por consiguiente, es la responsable de identificar e implementar las mejoras que se detectan. El proceso de ingeniería de calidad lo realiza un área específica denominada *Supplier Quality Assurance (SQA)* que cuenta con 5 ingenieros, que pertenece al área de calidad.

#### 5. Prospectiva de la investigación

Para llevar a cabo la implementación, el área de mejora continua es la que permitirá la aplicación de la propuesta de investigación que se plantea. La implicación de este modelo permitirá la integración e interacción de las áreas de mejora continua con *SQA* quienes en la ejecución del modelo estarán participando en su implementación en algunos proyectos predefinidos.

#### 6. Conclusiones

Esta investigación realiza un aporte, al integrar estas tres metodologías de una manera sistemática y organizada, donde por primera vez interactúan entre ellas con los beneficios dirigidos a la productividad de la organización. El modelo propuesto mantiene los lineamientos de cada una de las metodologías que lo integran, *Lean Manufacturing*, *Seis sigma* y *Coretools*, extrayendo las partes vitales de cada una de ellas. En la metodología *Lean Manufacturing* se identifica mediante el VSM la necesidad de trazar un mapa e incorporar solo las herramientas que se necesiten en el momento. De igual importancia, en *Seis Sigma*, las fases de medición y análisis, establecerán herramientas para este fin. Asimismo, de *Coretools* se hace uso principalmente de AMEF y Plan de control, sin dejar de lado las demás que lo conforman. La integración de los sistemas se realizó a través de un modelo representado por una matriz de requisitos, que está integrada por 5 fases, que se evalúan a través de 5 niveles de madurez, que permite un desarrollo dirigido de la organización.

		TIPO DE EMPRESA		Micro	Pequeña	Mediana	Grande	
DIAGNOSTICO.	NTQ	No	REQUERIMIENTO	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
1. Definición del proyecto	HOSHIN KANRI	2.1	Equipo de colaboradores	La organización entiende el termino de equipos de trabajo.	La organización utiliza equipos de trabajo en sus procesos	La organización tiene determinados los lineamientos para realizar equipos de trabajo.	La organización utiliza equipos de trabajo en todos los niveles	La organización utiliza equipos de trabajo como un modo de vida cotidiano
		2.2	Determinar los objetivos clave	La organización entiende el termino de objetivos clave.	La organización utiliza objetivos clave en sus procesos.	La organización tiene determinados los periodos para realizar los objetivos clave de operaciones.	La organización realiza los objetivos clave de operaciones en todos los niveles.	La organización realiza los objetivos clave de operaciones como un modo de vida cotidiano.
		2.3	Establecer Iniciativas principales	La organización entiende el termino de Iniciativas principales.	La organización utiliza Iniciativas principales en sus procesos.	La organización tiene determinados los periodos para realizar Iniciativas principales de operaciones.	establecimiento de Iniciativas principales de operaciones en todos los niveles.	La organización realiza Iniciativas principales de operaciones como un modo de vida cotidiano.
		2.4	Determinar Acciones Tácticas	La organización entiende el termino de Acciones Tácticas.	La organización utiliza Acciones Tácticas en sus procesos.	La organización tiene determinados los periodos para realizar Acciones Tácticas de operaciones.	establecimiento de Acciones Tácticas de operaciones en todos los niveles.	La organización realiza Acciones Tácticas de operaciones como un modo de vida cotidiano.
		2.5	Establecer Métricas Clave	La organización entiende el termino de Métricas Clave.	La organización utiliza Métricas Clave en sus procesos.	La organización tiene determinados los periodos para realizar Métricas Clave de operaciones.	La organización realiza el establecimiento de Métricas Clave de operaciones en todos los niveles.	La organización realiza Métricas Clave de operaciones como un modo de vida cotidiano.
		2.6	Determinar la interacción	La organización entiende el termino de interacción.	La organización utiliza la interacción en sus procesos.	La organización tiene determinados los periodos para realizar la interacción de operaciones.	La organización realiza el establecimiento de interacción de operaciones en todos los niveles.	La organización realiza interacción de operaciones como un modo de vida cotidiano.
		2.7	Determinar Recursos (Quién)	La organización entiende el termino de Asignación de recursos humanos.	La organización utiliza Asignación de recursos humanos en sus procesos.	La organización tiene determinados los periodos para realizar Asignación de recursos humanos en sus procesos.	La organización realiza la Asignación de recursos humanos de operaciones en todos los niveles.	La organización realiza Asignación de recursos humanos de operaciones como un modo de vida
	VSM	1.1	Identificación del cliente	La organización entiende el termino cliente	La organización utiliza el termino cliente	La organización tiene determinados el termino cliente	La organización realiza el termino cliente	La organización ve como un modo de vida cotidiano el termino cliente
	VOC	1.2	Necesidades específicas del cliente Mejora/Nuevos productos	La organización entiende las necesidades específicas del cliente	La organización utiliza las necesidades específicas del cliente	La organización tiene determinadas las necesidades específicas del cliente	La organización realiza las necesidades específicas del cliente	La organización ve como un modo de vida cotidiano las necesidades específicas del cliente
	VOC	1.3	Concepciones y en la mejora del producto	La organización entiende la concepcion y la mejora de producto del cliente	La organización utiliza la concepcion y la mejora de producto del cliente	La organización tiene determinados la concepcion y la mejora de producto del cliente	La organización realiza la concepcion y la mejora de producto del cliente	La organización ve como un modo de vida cotidiano la concepcion y la mejora de producto del cliente
	Modelo Kano	1.4	Requerimientos normales	La organización entiende los requerimientos normales del cliente	La organización utiliza los requerimientos normales del cliente	La organización tiene determinados los requerimientos normales del cliente	La organización realiza los requerimientos normales del cliente	La organización ve como un modo de vida cotidiano los requerimientos normales del cliente
	Modelo Kano	1.5	Requerimientos esperados. Mejora/Nuevos productos	La organización entiende los requerimientos esperados del cliente	La organización utiliza los requerimientos esperados del cliente	La organización tiene determinados los requerimientos esperados del cliente	La organización realiza los requerimientos esperados del cliente	La organización ve como un modo de vida cotidiano los requerimientos esperados del cliente
	Modelo Kano	2.1	Requerimientos Sorpresa	La organización entiende los requerimientos sorpresa del cliente	La organización utiliza los requerimientos sorpresa del cliente	La organización tiene determinados los requerimientos sorpresa del cliente	La organización realiza los requerimientos sorpresa del cliente	La organización ve como un modo de vida cotidiano los requerimientos sorpresa del cliente
	VSM	2.2	Trazo de procesos e información. Mejora/Nuevos productos	La organización entiende los trazos de proceso e información	La organización utiliza los trazos de proceso e información	La organización tiene determinados los trazos de proceso e información	La organización realiza los trazos de proceso e información	La organización ve como un modo de vida cotidiano los trazos de proceso e información
5mba		Ir a dónde se está efectuando el trabajo	La organización entiende lo que es ir a dónde se está	La organización utiliza lo que es ir a dónde se está	La organización tiene determinados lo que es ir a dónde se está efectuando el	La organización realiza lo que es ir a dónde se está	La organización ve como un modo de vida cotidiano lo que es ir a dónde se está	

Figura 2: Matriz de requisitos del Modelo LSQ

En un futuro, se pilotará en una empresa manufacturera del sector automotriz su implementación para evaluar su efectividad *in situ*, permitiendo, al mismo tiempo, revisar las áreas de oportunidad que se detectan.

Referencias

Barbosa, G., Carvalho, F. & Filho, J. (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

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.

Cherrafi, A., Garza-Reyes, J., Belhadi, A., Kamble, S. & Elbaz, J. (2021). A readiness self-assessment model for implementing green lean initiatives. *Journal of Cleaner Production*, 309 (2021) 127401 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127401>

Das, B., Venkatadri, U. & Pankajkumar P. (2014). Applying Lean Manufacturing System to Improving Productivity of Airconditioning Coil Manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 71.1-4: 307-323.

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, Universidad Rey Juan Carlos], <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=76533>

Garza-Reyes, J., Kumar, V., Chaikittisilp, S. & Hua Tan, K. (2018). The Effect of Lean Methods and Tools on the Environmental Performance of Manufacturing Organisations. *International Journal of Production Economics* 200: 170-180. Web. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527318301555>

Guerrero, H. & Bradley, J. (2013). Failure Modes and Effects Analysis: An Evaluation of Group versus Individual Performance. *Production and Operations Management* 22.6: 1524-1539. Web. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1937-5956.2012.01363.x>

Hardcopf, R., Liu, G. & Shah, R. (2021). Lean production and operational performance: The influence of organizational culture. *International Journal of Production Economics*. 235 (2021) 108060. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108060>

Hultman, C., Kim, S., Lee, C., Wu, C., Dodge, B., Hultman, C., Roach, T., & Halvorson, E. (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 Suppl 4. S4: S352-356. doi: 10.1097/SAP.0000000000000786Web. [https://journals.lww.com/annalsplasticsurgery/Abstract/2016/06004/Implementation\\_and\\_Analysis\\_of\\_a\\_Lean\\_Six\\_Sigma.20.aspx](https://journals.lww.com/annalsplasticsurgery/Abstract/2016/06004/Implementation_and_Analysis_of_a_Lean_Six_Sigma.20.aspx)

Kaswan, M. & 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. Web.

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619317895>
- Lee, D., Lim, H., Lee, D., Cho, H., & Kang, K. (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: 1-11. Web. <https://ijcsn.springeropen.com/articles/10.1186/s40069-018-0309-9>
- 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. Web. DOI 10.1007/s00170-015-7513-4
- Olmedo, J. (2017). La gestión de proyectos en una empresa manufacturera del sector automotriz mediante las herramientas APQP y CORE TOOLS, [Tesis de Maestría, Universidad Iberoamericana Puebla]. <http://hdl.handle.net/20.500.11777/3355>
- Oukhay, F., Badreddine, A. & Romdhane, T. (2021). Towards a new knowledge-based framework for integrated quality control planning. *European Journal of Industrial Engineering*, 15 (5), pp. 583-615. DOI: 10.1504/EJIE.2021.117324
- Parmar, P. & Tushar, D. (2020). Evaluating Sustainable Lean Six Sigma Enablers Using Fuzzy DEMATEL: A Case of an Indian Manufacturing Organization. *Journal of Cleaner Production* 265: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121802>
- Pinto, C., Mendonça, J., Babo, L., Silva, F. & Fernandes, J. (2022). Analyzing the Implementation of Lean Methodologies and Practices in the Portuguese Industry: A Survey. *Sustainability*, 1929. <https://doi.org/10.3390/su14031929>
- Raicu, C., Seritan, G., Enache, B. & Stănculescu, M. (2021). Development Approach Model for Automotive Headlights with Mixed Delivery Methodologies over APQP Backbone. *Applied Sciences*. 10581. <https://doi.org/10.3390/app112210581>
- Ruiz-de-Arbulo-Lopez, P., Fortuny-Santos, J. y Cuatrecasas-Arbós, L. (2013). Lean Manufacturing: costing the value stream, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 113 Issue: 5, pp.647-668, <https://doi.org/10.1108/02635571311324124>
- Rodríguez, J. (2019). Las herramientas de Core Tools. 5/agosto/2019: <https://spcgroup.com.mx/las-herramientas-core-tools/>.
- Roser, C. (2017). *Faster, Better, Cheaper in the History of Manufacturing from the Stone Age to Lean Manufacturing and Beyond*. Productivity Press
- Sharma, V., Dixit, A. & Qadri, M. (2016). Modeling Lean Implementation for Manufacturing Sector. *Journal of Modelling in Management* 11.2: 405-426. Web. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jm2-05-2014-0040/full/html>
- Sillero, J., Roaro, L., Villalón, M. y Vázquez, S. (2019). Herramientas de Core Tools para implementar mejoras en la línea de producción. *Pistas Educativas*, No. 133 Vol. 41. <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas>
- Sodhi, H. (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*, Vol. 17 No. 3, pp. 311-322. <https://doi.org/10.1108/WJSTSD-03-2020-0025>
- Syreishchikova, N., Pimenov, D., Yaroslavova, E., Gupta, M., Sharma, S. & Giasin, K. (2021). Product Quality Planning in Laser Metal Processing Based on Open Innovation Using Quality Function Deployment. *Journal of Open Innovation Technology, Market and Complexity*, 240. <https://doi.org/10.3390/joitmc7040240>
- 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, 2168-2189. <https://doi.org/10.4236/ajibm.2019.912144>
- Trappey, A., & Hsiao, D. (2008). Applying Collaborative Design and Modularized Assembly for Automotive ODM Supply Chain Integration. *Computers in Industry* 59.2: 277-287. Web. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361507001285>
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking*. Free Press.
- Worley, J. y Doolen, T. (2006). The role of communication and management support in a Lean Manufacturing implementation, *Management Decision*, Vol. 44 Issue: 2, pp.228-245, <https://doi.org/10.1108/00251740610650210>.
- Yadav, N., Mathiyazhagan, K. & Kumar, K. (2019). Application of Six Sigma to minimize the defects in glass manufacturing industry: A case study, *Journal of Advances in Management Research*, Vol. 16 No. 4, pp. 594-624. <https://doi.org/10.1108/JAMR-11-2018-0102>
- Yang, T., Kuo, Y., Su, C. & Hou C. (2015). Lean Production System Design for Fishing Net Manufacturing Using Lean Principles and Simulation Optimization. *Journal of Manufacturing Systems* 34.C: 66-73. Web. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278612514001393>