

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO  
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



## **TESIS**

“BARRERAS Y FACILITADORES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LEAN GREEN  
SEIS SIGMA EN LA INDUSTRIA IMMEX”

Que para alcanzar parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

## **MAESTRA EN INGENIERÍA**

### **Presenta:**

María Monserrat Perez Burgoin

### **Director de tesis:**

Dra. Yolanda Angélica Baez López

### **Co-director de tesis:**

Dr. Jorge Limón Romero

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA

## “Barreras y Facilitadores para la integración Lean Green Seis Sigma en la industria IMMEX”

### TESIS

Que para obtener el grado de Maestra en Ingeniería presenta:

**María Monserrat Pérez Burgoin**

Aprobada por:



Dra. Yolanda Angélica Báez López

Directora de tesis



Dr. Jorge Limón Romero

Co-director de tesis



Dr. Diego Alfredo Tlapa Mendoza

Miembro del comité



Dr. Armando Pérez Sánchez

Miembro del comité



Dra. Marina Dolores De la Vega Rodríguez

Miembro del comité

Ensenada Baja California, México. Julio 2023.

## RESUMEN

En la presente tesis se realizó el análisis y estudio de los facilitadores y barreras más importantes en la implementación de la metodología integrada Green Lean Seis Sigma (GLSS) enfocado en la industria manufactura mexicana. El análisis se basa en una revisión exhaustiva de la literatura, que da lugar a la propuesta de dos modelos que permiten identificar los factores que impactan en los beneficios económicos, sociales y ambientales de GLSS. En el primer modelo, se identificaron como facilitadores, el liderazgo, el involucramiento organización y la medición de desempeño, los cuales tienen un impacto directo en los beneficios sustentables, lo que demuestra que GLSS es viable e integrable en la industria manufacturera mexicana. En el segundo modelo identificaron como barreras, la infraestructura ineficiente, la insuficiente participación, la falta de inversión, además, la falta de capacitación se presentó como el mediador hacia los beneficios sustentables. Por tanto, este estudio contribuye a comprender mejor los factores que influyen en los beneficios económicos, sociales y ambientales de implementar esta metodología.

Palabras Clave: Green Lean Seis Sigma, Facilitadores, Barreras, industria manufacturera mexicana



---

Dra. Yolanda Angélica Báez López

Directora



---

Dr. Jorge Limón Romero

Co-director

## ABSTRACT

In this thesis, an analysis and study of the most important facilitators and barriers in the implementation of the integrated Green Lean Six Sigma (GLSS) methodology focused on the Mexican manufacturing industry was carried out. The analysis is based on an exhaustive literature review, resulting in the proposal of two models that allow identifying the factors that impact the economic, social and environmental benefits of GLSS. In the first model, leadership, organizational involvement and performance measurement were identified as enablers, which have a direct impact on sustainable benefits, demonstrating that GLSS is viable and integrable in the Mexican manufacturing industry. In the second model they identified as barriers, inefficient infrastructure, insufficient participation, lack of investment, in addition, lack of capacitation was presented as the mediator towards sustainable benefits. Therefore, this study contributes to a better understanding of the factors that influence the economic, social and environmental benefits of implementing this methodology.

Key Words: Green Lean Six Sigma, enablers, barriers, Mexican manufacturing industry.



---

Dra. Yolanda Angélica Báez López  
Directora



---

Dr. Jorge Limón Romero  
Co-director

## DEDICATORIA

*Con cariño para mi familia, mi madre Silvia Burgoin, mis abuelas María Luisa Lugo y María Hernández, mis hermanas Samara y Andrea Perez.*

## AGRADECIMIENTO

Primero que nada quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de esta tesis, por su apoyo, orientación.

En especial mi agradecimiento se extiende a mi familia y amigos por su inquebrantable apoyo y aliento durante todo este proceso, siendo sus palabras de aliento y comprensión las cuales me han dado la fuerza necesaria para superar los desafíos y mantenerme enfocado en mi objetivo.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi asesora de tesis, Yolanda Angelica Báez López, por brindarme un apoyo continuo, guía y valiosas sugerencias a lo largo de este proyecto, por sus conocimientos y dedicación siendo indispensables para lograr los resultados presentados en esta tesis. Además, deseo expresar mi gratitud a mis profesores y compañeros, quienes han compartido conmigo un valioso conocimiento durante mi formación académica.

Quiero aprovechar esta oportunidad para mostrar mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Baja California, específicamente a la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, por brindarme la posibilidad de seguir desarrollando mi formación profesional. Asimismo, deseo expresar mi profundo agradecimiento a CONACYT por su valioso respaldo económico, el cual desempeñó un papel crucial en la realización de este proyecto y contribuyó de manera determinante a su logro exitoso.

Finalmente, no puedo dejar de mencionar todas las fuentes bibliográficas y académicas que consulté durante mi trabajo, aquellos estudios previos e investigaciones existentes las cuales fueron esenciales para fundamentar mis argumentos y enriquecer el contenido de esta tesis.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	i
ABSTRACT .....	ii
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
LISTADO DE ABREVIATURAS .....	vii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	2
1.2 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	5
1.5 HIPÓTESIS .....	5
1.6 OBJETIVOS .....	6
1.7 JUSTIFICACIÓN .....	7
1.8 LIMITACIONES .....	8
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	9
2.1 LEAN MANUFACTURING (LM) .....	9
2.2 SEIS SIGMA (SS).....	10
2.3 LEAN SEIS SIGMA (LSS) .....	11
2.4 GREEN MANUFACTURING (GM) .....	11
2.5 LEAN GREEN (LG) .....	12
2.6 GREEN LEAN SEIS SIGMA (GLSS).....	12
2.7 INDUSTRIA MANUFACTURERA, MAQUILADORA Y DE SERVICIOS DE EXPORTACIÓN (IMMEX). 12	
2.8 REVISIÓN DE LITERATURA .....	13
2.9 BARRERAS.....	13
2.10 FACILITADORES .....	14
2.11 BENEFICIOS.....	16
2.12 MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES (SEM) .....	16
CAPÍTULO 3.- MATERIALES Y MÉTODO .....	17
3.1 MATERIALES.....	17
3.2 MÉTODO.....	17
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....	22
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	42
5.1 DISCUSIÓN.....	42
5.3 RECOMENDACIONES.....	45
CAPÍTULO 6. REFERENCIAS.....	46
ANEXO 1. INSTRUMENTO PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones conceptuales de los constructos de barreras

Tabla 2. Definiciones conceptuales de los constructos de facilitadores

Tabla 3. Resumen de los métodos de investigación de las barreras

Tabla 4. Operacionalización de las variables facilitadores

Tabla 5. Caracterización de la muestra de facilitadores

Tabla 6. Resultados de las pruebas de validez de los constructos de facilitadores

Tabla 7. Estructura factorial de los 33 ítems de facilitadores

Tabla 8. Índices de bondad ajuste del modelo de medición para los facilitadores

Tabla 9. Correlaciones entre constructos, varianza media extraída y correlaciones al cuadrado de facilitadores.

Tabla 10. Prueba de las hipótesis para el estudio de facilitadores

Tabla 11. Índices de bondad de ajuste del SEM para facilitadores

Tabla 12. Descomposición de efectos del SEM para facilitadores

Tabla 13. Operacionalización de las variables barreras

Tabla 14. Caracterización de la muestra de barreras

Tabla 15. Resultados de las pruebas de validez de los constructos de barreras

Tabla 16. Estructura factorial de los 36 ítems de barreras

Tabla 17. Índices de bondad ajuste del modelo de medición para las barreras

Tabla 18. Correlaciones entre constructos, varianza media extraída y correlaciones al cuadrado de barreras.

Tabla 19. Prueba de las hipótesis para el estudio de barreras

Tabla 20. Índices de bondad de ajuste del SEM para barreras

Tabla 21. Descomposición de efectos del SEM para barreras

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Antecedentes de manufactura

Figura 2. Facilitadores más mencionados en la literatura

Figura 3. Barreras más mencionadas en la literatura

Figura 4. Propuesta para el modelo de medición de los facilitadores

Figura 5. Modelo de ecuaciones estructurales para los facilitadores

Figura 6. Modelo final de ecuaciones estructurales para los facilitadores

Figura 7. Propuesta para el modelo de medición de las barreras

Figura 8. Modelo de ecuaciones estructurales para las barreras

## LISTADO DE ABREVIATURAS

LM – Lean Manufacturing

SS – Seis Sigma

LSS – Lean Seis Sigma

GM – Green Manufacturing

LG – Lean Green

GLSS – Green Lean Seis Sigma

IMMEX – Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación

PIB – Producto Interno Bruto

AFE – Análisis Factorial Exploratorio

AFC – Análisis Factorial Confirmatoria

SEM – Modelo de Ecuaciones Estructurales

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En comparación con el siglo pasado, el mundo empresarial ha experimentado un cambio drástico, la demanda de personalización de los productos aumentando y los requisitos de producción en constante cambio. Anteriormente, los consumidores solían adaptarse con productos que se ajustaban a las necesidades generales de la mayoría. Sin embargo, en la actualidad, los clientes buscan cada vez más productos y servicios personalizados que se adaptan a sus gustos individuales y necesidades específicas. Estos nuevos desafíos han impulsado a las empresas a adoptar y seguir diversas metodologías de mejora con el fin de permanecer competitivas en el mercado actual [1], [2].

Entre las distintas metodologías de mejora adoptadas por las empresas, destacan Lean Manufacturing (LM), Seis Sigma (SS) y Green Manufacturing (GM). Cada una de estas metodologías tiene objetivos específicos para optimizar el desempeño empresarial.

El objetivo principal de Lean Manufacturing es reducir costos y mejorar la eficiencia en el proceso de producción mediante la identificación y eliminación de actividades que no agregan valor al proceso de producción para optimizar los flujos de trabajo, eliminar desperdicios y maximizar la productividad [3]. Por otro lado, Seis Sigma busca lograr mejoras significativas en el crecimiento, la capacidad y la satisfacción del cliente a través de un enfoque riguroso y sistemático, orientada a identificar y abordar las áreas de mejora dentro de una organización, con el fin de alcanzar altos estándares de calidad en los productos y servicio con el objetivo de eliminar defectos, errores y retrasos en los procesos [4]. En cuanto a Green Manufacturing, su objetivo principal es minimizar el impacto negativo en el medio ambiente y reducir los costos de producción con un enfoque sustentable, como el uso eficiente de los recursos, la reducción de residuos y la implementación de tecnologías más limpias [5].

Cada una de estas metodologías aborda aspectos específicos de mejora y puede ser aplicada de manera independiente o combinada, según las necesidades y objetivos de la organización. Por esto, la integración de la metodología Lean Seis Sigma (LSS) se percibe como un procedimiento destinado a eliminar la variación en los procesos y disminuir los distintos tipos de desperdicio, con el propósito de mejorar la productividad en la industria con el objetivo de aumentar las ganancias mediante la generación de productos de calidad y una reducción en las actividades que no aportan valor agregado [4]. También ha surgido la combinación del enfoque Green con el enfoque Lean (Lean Green), con el objetivo de eliminar los residuos ambientales, este enfoque se visualiza como una posible estrategia para mejorar el medio ambiente, el desempeño social de las organizaciones, en conjunto con los aspectos económicos [6].

Aunque las metodologías Green, Lean y Seis Sigma abordan aspectos sustentables, ninguna de ellas puede resolver por sí sola todos los problemas relacionados con la sustentabilidad. Por lo tanto, se requiere un enfoque integrado que reduzca los desperdicios, las variaciones y mitigue los impactos ambientales negativos. Por esta razón, se ha desarrollado el concepto de Green Lean Seis Sigma (GLSS), una técnica inclusiva utilizada para reducir el rechazo, optimizar la utilización de recursos y tomar decisiones para resolver problemas en las industrias

manufactureras. Por lo tanto, el enfoque integrado de GLSS incluye tres metodologías únicas, Green, Lean y Seis Sigma, para mejorar la rentabilidad mediante la reducción de emisiones, desperdicio y reprocesamiento. Lean recomienda eliminar sistemáticamente el desperdicio mediante la realización de mejoras en todos los niveles de la organización. Green reduce el impacto negativo de un producto en el medio ambiente haciéndolo más ecológico. Seis Sigma reduce la variación en el proceso, lo que reduce el desperdicio de productos. Por lo tanto, combinado a Green Lean Seis Sigma se producen productos de alta calidad, con bajo costo y ecológicos [7].

El propósito de esta investigación se enfoca en diversos aspectos relacionados con la integración de la metodología Green Lean Seis Sigma (GLSS) en la industria manufacturera mexicana. Primero, en la identificación de las barreras y facilitadores que influyen en la implementación exitosa de GLSS en las organizaciones. Posterior, evaluar el impacto de los proyectos de mejora desarrollados bajo la metodología GLSS en términos de aspectos económicos, sociales y ambientales de la sustentabilidad.

En este trabajo se realizó una revisión de literatura para determinar cuáles fueron los facilitadores, las barreras y los beneficios más significativas en la implementación de proyecto bajo metodologías de mejora y con ello construir un instrumento que mida el impacto y relación entre ellas con el fin de proponer el uso integrado de la metodología GLSS.

## 1.1 ANTECEDENTES

En el pasado, el término "manufactura" se refería a la actividad realizada en talleres por artesanos, maestros artesanos y aprendices, quienes involucraban a sus propias familias en estos trabajos. Estas habilidades y conocimientos se transmitían de generación en generación, formando una tradición artesanal arraigada en la sociedad. Durante los siglos XV y XVI, la única forma de obtener un producto fabricado era a través de estos hábiles artesanos [8].

Sin embargo, este enfoque artesanal permitió el surgimiento de un nuevo paradigma: la industria a domicilio. En este sistema, los comerciantes desempeñan un papel fundamental al distribuir la materia prima manufacturada a diferentes hogares, a cambio de su trabajo recibían un pago por sus servicios. Este modelo de industria a domicilio se benefició del crecimiento poblacional experimentado en esa época. Con un crecimiento poblacional, había una mayor demanda de productos, lo que a su vez impulsaba el aumento de la producción. Llevando a los artesanos y sus familias a encontrar en este sistema una oportunidad de ingresos adicionales y un medio para mejorar su economía [8].

Un hecho fundamental en la evolución de la manufactura lo marcó James Watt en 1776 con la invención de la máquina de vapor. Este invento revolucionario desencadenó lo que se conoce como la revolución industrial, un período de transformación económica. Pero la evolución de la manufactura no se detuvo allí. En 1798, Eli Whitney presentó una propuesta innovadora: la introducción de la maquinaria de piezas intercambiables. Esta idea consistía en fabricar componentes estandarizados que pudieran ensamblarse fácilmente en diferentes productos. La combinación de la máquina de vapor de Watt y la implementación de las piezas intercambiables

propuestas por Whitney sentaron las bases para la transformación de la fabricación a gran escala [3]. En la Figura 1 se muestra los avances que ha tenido hasta el momento la manufactura.

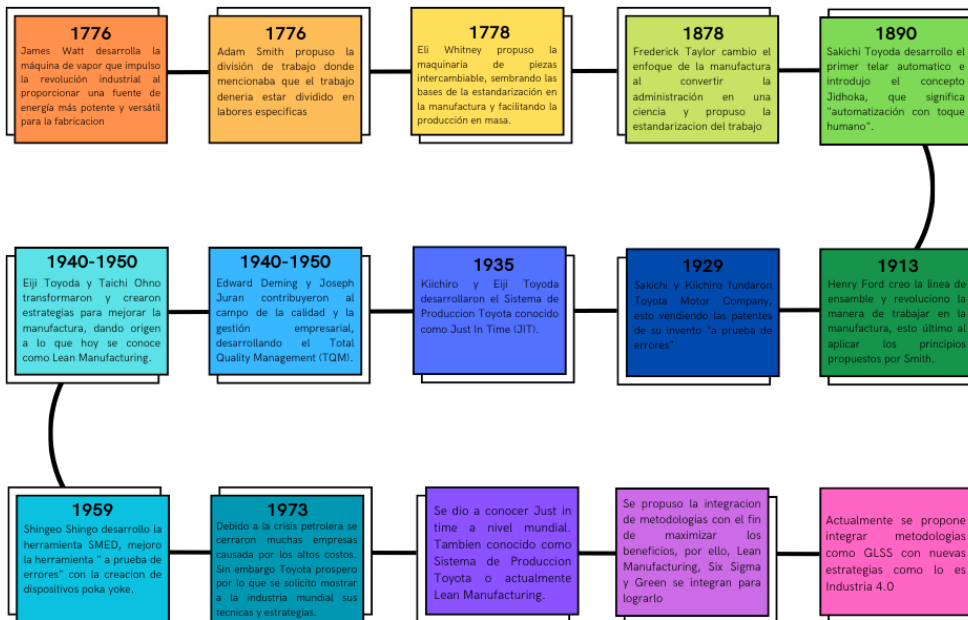


Figura 1.

### Antecedentes de la manufactura

La manufactura mexicana tiene sus orígenes en la época prehispánica debido a que su principal actividad económica era la agricultura, con esto desarrollaron técnicas de producción agrícola, además de la elaboración de objetos artesanales y productos textiles por parte de las culturas indígenas que habitaban en lo que hoy es México utilizando técnicas avanzadas para su época. Durante la época colonial, la manufactura en México experimentó cambios significativos debido a la influencia española, introdujeron nuevas técnicas y recursos para poner en práctica el modelo económico mercantil y crear las condiciones necesarias para organizar la fuerza de trabajo indígena, esto dio lugar a la producción de objetos de lujo que se exportaban a Europa.

Después de la independencia de México en 1821, la manufactura experimentó altibajos debido a las dificultades económicas y políticas del país. Sin embargo, la industria manufacturera comenzó a desarrollarse lentamente debido a la introducción de maquinaria y tecnología lo que impulsó el crecimiento de la manufactura en México, especialmente en las áreas de textiles, alimentos procesados, tabaco y productos metálicos. A partir de esta época, la manufactura se diversificó aún más [9].

La manufactura mexicana evolucionó con el tiempo, adaptándose a los requisitos del mercado mundial y utilizando tecnologías modernas, esto no exenta los problemas que se presentan, por lo que a la fecha busca nuevas maneras de cómo afrontarlos para aumentar su competitividad.

La industria manufacturera en México actualmente comprende unidades económicas dedicadas principalmente a la transformación mecánica, física o química de materiales con el fin de obtener

productos nuevos; al ensamble en serie de partes y componentes fabricados, entre otras actividades, realizadas en sitios como plantas, fábricas, talleres, maquiladoras [10].

Por otra parte, la industria manufacturera en México es fundamental para la economía del país, ya que su crecimiento y desarrollo están estrechamente relacionados con este sector. La industria manufacturera en México abarca diversas industrias y emplea a un gran número de trabajadores en múltiples establecimientos. En 2023, el Producto Interno Bruto (PIB) registró una variación del 3.9% respecto al año pasado, empleando a 2,929,652 trabajadores en un aproximado de 5,156 establecimientos manufactureros [10], [11].

## 1.2 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

Las empresas buscan cumplir con los requerimientos que los clientes exigen en los productos terminados o en servicios que puedan satisfacer sus necesidades e incluso superar las expectativas. Es por lo que se han creado o mejorado estrategias que pueda ofrecer una ventaja competitiva. En la literatura se puede encontrar información que reportan los proyectos, sobre los facilitadores que permiten la correcta implementación de estrategias y las barreras que impiden la implementación correcta de estrategias, las cuales además tengan un impacto en los pilares de la sustentabilidad. Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, el contexto de esta investigación se enfoca principalmente en buscar cuáles son los facilitadores y las barreras que permitan la implementación de metodologías integradas de mejora, en este caso Green Lean Seis Sigma, tomando como referencia las empresas que pertenecen a la industria IMMEX del país, así como reconocer los beneficios que brinda esta metodología en los pilares de la sustentabilidad.

## 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La globalización ha provocado que las organizaciones se enfrenten a niveles de competencia cada vez más feroces que las obligan a buscar alternativas que las lleven a aumentar la calidad de productos y servicios que ofrecen a sus clientes o consumidores y de esta manera permanecer vigentes en el mercado manteniendo a su vez buenos márgenes de ganancias.

Es justamente dentro de estas alternativas que destacan Green Lean Seis Sigma que al integrarlas ayudan a las empresas a ser competitivas y responder rápidamente a antes los cambios de las demandas del mercado. Así como el mercado evoluciona, los productos y servicios deben ser actualizados constantemente para permanecer en el gusto de los consumidores incorporándoles nuevas características o elementos que aporten a la satisfacción de sus expectativas para mantenerlos cautivos y leales a su marca ante una competencia más extensa.

De esta manera, es también como las estrategias de mejora deben evolucionar para ofrecer a sus usuarios, los elementos que les apoyen a lograr la identificación de áreas de oportunidad y a resolver problemáticas presentes o futuras que ayude a posicionar de manera sólida a las organizaciones que decidan utilizarlas. Es por ello, que al optar por técnicas de mejora como GLSS no se contempla el impacto y efecto que tiene en los pilares de la sustentabilidad, además

de ignorarse aquellos factores que impiden o facilitan a estas estrategias llevar a un proyecto a tener éxito.

#### 1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1: ¿Los proyectos bajo metodologías de mejora tienen un efecto positivo en el pilar económico de la sustentabilidad en la industria IMMEX del país?

2: ¿De qué manera impactan los proyectos bajo metodologías de mejora en el pilar social de la sustentabilidad en la industria IMMEX del país?

3: ¿Cuál es el impacto de los proyectos bajo metodología de mejora en el pilar ambiental de la sustentabilidad en la industria IMMEX del país?

4: ¿Qué facilita que un proyecto bajo metodologías de mejora tenga éxito en la industria IMMEX del país?

5: ¿Cuáles son los obstáculos para que un proyecto bajo metodología de mejora tenga éxito en la industria IMMEX del país?

#### 1.5 HIPÓTESIS

H1. Los factores medición de desempeño, compromiso de alta dirección, liderazgo se consideran facilitadores en la implementación exitosa de GLSS en proyectos de la industria IMMEX en el país.

- Hipótesis 1.1. El liderazgo tiene un efecto directo positivo con el involucramiento organizacional en la obtención de beneficios en proyectos GLSS.
- Hipótesis 1.2. El involucramiento organizacional tiene un efecto directo positivo con la medición de desempeño en la obtención de beneficios en proyectos GLSS.
- Hipótesis 1.3. La medición de desempeño tiene un efecto directo positivo con los beneficios económicos en la obtención de beneficios en proyectos GLSS.
- Hipótesis 1.4. La medición de desempeño tiene un efecto directo positivo con los beneficios sociales en la obtención de beneficios en proyectos GLSS.
- Hipótesis 1.5. La medición de desempeño tiene un efecto directo positivo con los beneficios ambientales en la obtención de beneficios en proyectos GLSS.

H2. Los factores logística, entrenamiento, participación de la alta dirección, inversión, infraestructura se consideran como barreras en la implementación exitosa de GLSS en proyectos de la industria IMMEX en el país.

- Hipótesis 2.1. La ineficiente infraestructura tiene un efecto directo con la falta de capacitación en la obtención de beneficios en proyectos GLSS.
- Hipótesis 2.2. La insuficiente participación tiene un efecto directo con la falta de capacitación en la obtención de beneficios en proyectos GLSS.

- Hipótesis 2.3. La falta de inversión tiene un efecto directo con la falta de capacitación en la obtención de beneficios en proyectos GLSS.
- Hipótesis 2.4. La falta de capacitación tiene un efecto directo negativo con los beneficios económicos en proyectos GLSS

H3. La mejora en la eficiencia de procesos, la reducción de costos y la reducción de desperdicios son indicadores del beneficio económico en los proyectos GLSS en la Industria IMMEX en el país

H4. La reducción de desechos sólidos, la mejora a la protección de ecosistemas y suelos, la reducción de emisiones atmosféricas, la reducción en el consumo de energía son indicadores del beneficio ambiental en los proyectos GLSS en la Industria IMMEX en el país.

H5. La mejora en la seguridad de los trabajadores, mejora en el ambiente laboral y la motivación de los trabajadores, la mejora en la salud de los trabajadores son indicadores del beneficio social en los proyectos GLSS en la Industria IMMEX en el país.

H6. En los proyectos GLSS, los beneficios económicos tienen un efecto directo en los beneficios sociales.

H7. En los proyectos GLSS, los beneficios ambientales tienen un efecto directo en los beneficios económicos.

H8. En los proyectos GLSS, los beneficios sociales tienen un efecto directo en los beneficios ambientales.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo general

Identificar las barreras y facilitadores en la implementación de Green Lean Seis Sigma en los proyectos de mejora para proponer el uso integrado de esta metodología, además de evaluar el impacto económico, ambiental y social en proyectos de la industria IMMEX del país.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Desarrollar un instrumento que permita recopilar información válida y confiable acerca de los facilitadores y las barreras, así como los beneficios que se presentan en los proyectos GLSS de la industria IMMEX del país
- Recopilar información de proyectos GLSS desarrollados en la industria IMMEX del país.
- Clasificar los beneficios que se presentan al desarrollar proyectos de mejora bajo la integración GLSS en la industria IMMEX del país, para determinar los indicadores de desempeño sustentable (económico, ambiental y social).
- Determinar cuáles y en qué medida se presentan o influyen las barreras y los facilitadores en la implementación exitosa de proyectos GLSS de la industria IMMEX del país.

## 1.7 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (INEGI), el sector manufacturero comprende unidades económicas dedicadas primordialmente a la transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias con el propósito de obtener productos nuevos. Además, la frontera norte de México es una de las regiones más importantes para el sector manufacturero exportador .

Dentro de las iniciativas más relevantes del sector es el Programa para la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación (IMMEX). Esta iniciativa está dirigida a impulsar las exportaciones que tienen la posibilidad de usar las organizaciones que importen temporalmente mercancías y realicen procesos industriales o de servicios con el propósito de la preparación, transformación o compostura, y/o la prestación de servicios de exportación, difiriendo el pago del impuesto general de importación, el impuesto al costo añadido y, en su caso, las cuotas compensatorias.

Por otro lado, Dowlatshahi y Hooshangi [12] mencionan que una preocupación importante para las maquiladoras es garantizar que la calidad de las piezas y los productos fabricados en estas plantas. En primer lugar, los productos fabricados en las maquiladoras llevan los nombres y logotipos que su empresa matriz, por lo que buscan desarrollar estrategias que permitan mantener la calidad de los productos sin sacrificar las ganancias.

La estrategia, por excelencia utilizada para este fin en el sector manufacturero es la metodología Lean Manufacturing, cuyo objetivo se centra en la reducción de desperdicios, buscando el beneficio económico del proyecto, sin embargo, las compañías están en busca de un beneficio global, que les permita tener una ventaja competitiva sobre su competencia, por lo que han buscado medir los beneficios de los proyectos más allá del impacto económico, sino también los impactos ambientales y sociales de los proyectos, volteando a ver, metodologías como Green Manufacturing y Seis Sigma, las cuales se han integrado en Lean Green y Lean Seis Sigma, actualmente se han integrado a Green Lean Seis Sigma.

Sin embargo, las organizaciones se ven presionadas no solo para lograr objetivos económicos, sino también ambientales y sociales [13], lo que impulsa la transición a métodos de producción más limpios [14]. En este sentido, el efecto de prácticas y herramientas Lean [15] sobre dimensiones como la ambiental [16], [17] y social [16] apenas se empiezan a estudiar. Por esta razón, ha surgido el concepto verde (Green) combinado con el concepto Lean (Lean-Green), que tiene como objetivo eliminar los desechos ambientales, el cual parece ser un enfoque potencial para mejorar el medio ambiente [18] e incluso el desempeño social [19] de las organizaciones, además del aspecto económico. De hecho, el enfoque de minimizar el desperdicio es un punto común entre los conceptos Lean y Green (LG) [20], lo cual indica que son, presumiblemente, integrable [21]. Cabe mencionar que, a pesar de los aspectos antes mencionados, la relación entre Lean y los resultados ambientales está comenzando a ser mencionada en la literatura, especialmente en lo que respecta al efecto de las herramientas Lean en el pilar ambiental como lo mencionas Silva et al. [22], Jiménez et al. [23] y Ribeiro et al. [24], es decir, más allá de solo el

aspecto productivo. Sin embargo, parece que el estudio de los efectos de ambas prácticas de GL sobre el desempeño de las organizaciones aún está dando unos primeros pasos [25].

Existe literatura que sustenta la integración de la metodología Lean Green con bastante éxito. Esta integración puede medir los beneficios de un proyecto en dos de los tres pilares de la sustentabilidad (económico y ambiental), por lo que se considera que es factible una integración Lean Green y sustentabilidad. Estudios como los de Martínez Jurado y Moyano-Fuentes [26] señalan una brecha en cuanto a la falta de indicadores de desempeño para medir la sostenibilidad en términos sociales.

Autores como [18], [27], [28], convergen en la idea de que Lean Manufacturing (LM) y Green son compatibles, y que la adopción de Lean hace más accesible a las organizaciones la implementación de prácticas ambientales [29], [30], debido al objetivo similar de ambos conceptos para eliminar los desperdicios [21].

Sin embargo, algunos autores como Thanki et al. [31] indican beneficios de LG, con respecto a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y entregas puntuales. Otros autores indicaron barreras para su implementación, como la restricción de fondos y la falta de participación de la alta dirección, además de la ausencia de apoyo gubernamental [14], [32].

Sin embargo, Garza-Reyes [17], afirma que la relación entre LG debe ser estudiada específicamente en sectores y funciones donde aún no se ha estudiado adecuadamente. A su vez, Cherrafi et al. [32] defienden la necesidad de crear un modelo que integre Lean, Six Sigma y Green en diferentes sectores industriales.

Por lo que un enfoque individual, como Green, Lean y Seis Sigma, no es capaz de abordar todos los temas relacionados con la sustentabilidad de manera inclusiva. Por lo tanto, se necesita un enfoque integrado que reduzca los desechos, las variaciones y mitigue los impactos ambientales negativos [7].

## 1.8 LIMITACIONES

Es fundamental resaltar que este estudio tiene algunas limitaciones que necesitan ser consideradas en futuras investigaciones en este ámbito. En primer lugar, se llevó a cabo un enfoque de estudio transversal, lo que significa que se analizó la relación de las barreras y los facilitadores en un momento específico.

En su mayor parte, se limitó al sector manufacturero en Baja California, México, por lo que durante la realización de este estudio, se obtuvo un alto porcentaje de respuestas por parte de las empresas de este estado. Como resultado, las conclusiones y los hallazgos del estudio están basados principalmente en la información recopilada de este estado.

Otra limitante que se encontró en este estudio fue la dificultad para obtener respuestas por parte de la industria. Es posible que algunos participantes potenciales no hayan respondido, lo que podría haber sesgado los resultados. Asimismo, se debe mencionar que la revisión de la literatura se limitó a las bases de los datos mencionados en la Tabla 3. Aunque se hizo un esfuerzo por

incluir estudios relevantes, existe la posibilidad de que se hayan excluido otras publicaciones importantes sobre el tema.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 LEAN MANUFACTURING (LM)

Lean Manufacturing (LM) destaca entre diversas metodologías de mejora adaptadas por empresas con el principal objetivo de reducir costos y mejorar la eficiencia al identificar y eliminar todas aquellas actividades que no agregan valor al proceso de producción [33].

El surgimiento de Lean se remonta al comienzo de la evolución de la manufactura moderna liderada por James Watt, quien inició la Revolución Industrial. A su vez, Eli Whitney sentó las bases de la estandarización, y tanto Henry Ford como Frederick Taylor contribuyeron a este proceso evolutivo. [3].

Alrededor de 1890, Sakichi Toyoda aplicó sus conocimientos de carpintería para inventar un telar automático, lo cual tuvo un impacto histórico significativo. Este dispositivo tenía la capacidad de detenerse automáticamente si se rompía un hilo, alertando al operador con una señal visual para indicar que la máquina se había detenido y requería atención. Este invento se llamó Jidhoka (la palabra original es Jidoka, y se le agregó la "h" para resaltar la influencia humana). Jidhoka se refiere a la automatización con un enfoque humano y la autonomización de los defectos, y se convirtió en un pilar fundamental. Su hijo Kiichiro mejoro el diseño de la máquina de hilares que podría trabajar varios turnos sin interrupciones. Alrededor de 1929 viaja a Inglaterra para negociar la venta de la patente de su invento "a prueba de errores" a los hermanos Platt y con el capital obtenido fundar Toyota Motor Company [3].

Al terminar la Segunda Guerra Mundial y ante una nación devastado y una economía de posguerra, los japoneses se dieron cuenta que debían cambiar y dar un nuevo giro, tratando de impresionar al mundo con el resurgimiento de un nuevo espíritu de lucha, pero ahora siendo un líder económico, esto mediante la competitividad de las industrias japonesas [3].

Siendo así, Kiichiro Toyada se dio cuenta que la competitividad de los obreros japoneses era menor que la de otros países, por lo que decidió iniciar un sistema que le permita una sana participación y rentabilidad en un mercado fuertemente competitivo, resultando en el Sistema de Producción Toyota, popularmente conocido en Japón como Just in Time [3].

Mas adelante, Eiji Toyoda tomo el mando de la compañía y junto con Taiichi Ohno la llevaron el éxito internacional apoyándose del ingenioso sistema de producción dando así a Toyota Motor Company el reconocimiento y rentabilidad internacional. Durante este tiempo, Ohno decía que se podía convertir una bodega en un taller de máquinas, siendo todos reentrenados y trabajando por un propósito, resultando ser un pilar para lo que hoy en día se conoce como Lean Manufacturing, debido a la transformación de la planta y a la creación de estrategias de manufactura [3].

Alrededor de 1955, Shigeo Shingo inicio su relación con Toyota como consultor y para 1959 fundo su propia empresa de consultoría y logra disminuir tiempos de preparación creando lo que hoy se conoce como SMED “ Single Minute Exchange of Die”, viajando por el mundo enseñando sus técnicas [3].

Con la crisis petrolera de 1973, muchas empresas se vieron obligadas a cerrar debido al aumento de los costos de energía y materias primas. Sin embargo, el caso de Toyota Motor Company llamo la atención mundial, ya que no solo no experimentó problemas económicos, sino que generaba utilidades. Por ello, fue que el Gobierno de Japón pidió a Toyota que mostrara al mundo industrial sus técnicas y estrategias utilizadas, fue así como se dio a conocer el sistema de producción Toyota o Just in Time, hoy conocido como Lean Manufacturing [3].

Es por ello, que hoy en día, una de las características de Lean Manufacturing es su enfoque en la identificación y eliminación de diferentes tipos de desperdicio. Estos desperdicios son considerados obstáculos para la eficiencia y generadores de costos necesarios. Estos desperdicios incluyen: sobreproducción, productos defectuosos, tiempo de espera, transporte innecesario, exceso de procesamiento, inventario excesivo, movimiento innecesario. Recientemente se pone un énfasis especial en el desperdicio de talento humano, considerado como el octavo desperdicio. Este desperdicio se refiere al desaprovechamiento de conocimiento, habilidades y capacidades de los trabajadores en la organización. Esta metodología se ha convertido en una herramienta fundamental para las empresas que buscan optimizar sus operaciones y permanecen competitivas en un entorno empresarial en cambio constante [3].

Una compañía que sigue los principios Lean es aquella que logra maximizar sus beneficios en un entorno globalizado, siendo capaz de adaptarse rápidamente a los cambios. Esto implica utilizar herramientas de mejora y prevención, así como fomentar hábitos que influyan en la cultura organizacional, motivando el cambio y el crecimiento personal [3].

## 2.2 SEIS SIGMA (SS)

La metodología Seis Sigma se ha convertido en una estrategia ampliamente aceptada para lograr mejoras continuas en diversas industrias y negocios, siendo su objetivo principal el obtener mejoras significativas en el crecimiento, la capacidad y la satisfacción del cliente. Esta metodología se basa en un enfoque riguroso y sistemático para identificar y abordar áreas de mejora dentro de una empresa [34].

El enfoque de Seis Sigma se centra en alcanzar altos niveles de calidad en productos y servicios, eliminando defectos, errores y retrasos en los procesos. También se dedica a identificar y eliminar las causas fundamentales de los problemas, en lugar de simplemente tratar los síntomas. Esto implica un análisis exhaustivo de los procesos, la recopilación de datos relevantes y la aplicación de técnicas como el diagrama de causa y efecto, el análisis de Pareto y la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) [34].

Es fundamental que los altos directivos de la organización comprendan y respalden plenamente la adopción de Seis Sigma. Esto implica proporcionar los recursos necesarios, establecer metas y objetivos claros, además fomentar una cultura de mejora continua en toda la empresa. Por ello,

se requiere una comunicación efectiva y la participación de todos los niveles jerárquicos para garantizar el éxito de la implementación de Seis Sigma [34].

La metodología surgió como una iniciativa estratégica y táctica para la gestión empresarial, con el objetivo de enfocar la empresa en las necesidades de los clientes y lograr su satisfacción. En 1987, Seis Sigma fue introducida por primera vez en Motorola por un equipo de directivos liderados por Bob Galvin, presidente de la compañía, con el propósito de reducir los defectos en los productos electrónicos. Desde entonces, Seis Sigma ha sido adoptada, enriquecida y ampliamente aplicada por numerosas empresas [34].

Además de Motorola, dos organizaciones que desempeñaron un papel fundamental en la consolidación de la estrategia Seis Sigma y sus herramientas son Allied Signal, que inició su programa en 1994, y General Electric, que lo implementó en 1995. En Latinoamérica, la empresa Mabe se destaca como una de las organizaciones que ha logrado establecer uno de los programas Seis Sigma más exitosos [34].

### 2.3 LEAN SEIS SIGMA (LSS)

La falta de cumplimiento de las expectativas del cliente y el no lograr las metas de productividad debido a la lentitud son problemas comunes en proyectos. Para abordar estas cuestiones, la estrategia Seis Sigma se apoya en gran medida en los principios y métodos asociados con Lean Manufacturing, que se centra en eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia. Aunque algunas empresas y medios comparan estas metodologías en busca de la superioridad de una sobre la otra, es importante destacar que tanto Seis Sigma como Lean Manufacturing tienen el objetivo común de mejorar el negocio y sus procesos. Ambas metodologías son fundamentales para resolver de manera eficaz los problemas de la organización, y la clave radica en cómo se utiliza un enfoque integrado para la gestión de proyectos en lugar de sistemas separados para cada proyecto específico [34].

El enfoque Lean se centra en la optimización del flujo del proceso y la reducción de desperdicio y variabilidad, mientras que Seis Sigma se enfoca principalmente en mejorar los procesos al identificar y recopilación de datos para identificar y eliminar las causas de problemas [35]. Lean Seis Sigma combina los enfoques de resolución de problemas de (Lean y Seis Sigma) con el objetivo de abordar las causas fundamentales del bajo rendimiento empresarial. Esta estrategia y metodología empresarial busca mejorar el rendimiento de los procesos, aumentar la satisfacción del cliente y mejorar los resultados finales. Además, se reconoce como una herramienta para desarrollar el liderazgo. [36].

Surgió como un método híbrido a principios de la década de 2000 con el objetivo de maximizar el valor para los accionistas al lograr mejoras más rápidas en la satisfacción del cliente, el costo, la calidad, la velocidad del proceso y el capital invertido [37].

### 2.4 GREEN MANUFACTURING (GM)

La necesidad de un desarrollo sustentable se ha vuelto crucial debido al hecho de que las actividades industriales tienen efectos de deterioro en la Tierra, en 1983, se inició un patrón de

crecimiento ecológico, económico y social aceptable. Gracias a las crecientes preocupaciones por el medio ambiente, las iniciativas de construcción sustentable, en sus tres dimensiones: social, económica y ambiental, se han incluido en los procesos de toma de decisiones en diversos proyectos industriales y gubernamentales. El departamento de comercio en Estados Unidos define la fabricación sustentable como "la fabricación de productos manufacturados que usan procesos que no son contaminantes, conservan la energía y los recursos naturales, y son económicamente firmes y seguros para los empleados, las sociedades y los clientes" [35].

Por ello, Green Manufacturing es una estrategia originada a principios de la década de 1990 y se centró en las preocupaciones ambientales causadas por las actividades humanas, con el objetivo de minimizar el impacto adverso sobre el medio ambiente y reducir los costos de producción [5].

## 2.5 LEAN GREEN (LG)

La metodología Lean Green es una evolución de la metodología Lean, la cual surgió a medida que aumentaba la conciencia sobre el impacto ambiental y la sustentabilidad, es por lo que se considera el enfoque Green, integrarlo debido a que comparten un objetivo en común la eliminación de desperdicios. En este sentido, su adopción puede estimular una mejor relación empresa-cliente o el establecimiento de un factor de diferenciación entre empresas, siendo esta una mejor imagen organizacional [36]. Adicionalmente las organizaciones se ven presionadas no solo para lograr objetivos económicos, como se mencionó anteriormente.

## 2.6 GREEN LEAN SEIS SIGMA (GLSS)

En la actualidad, para mantener su competitividad, las empresas manufactureras deben mantener su enfoque en diversos objetivos simultáneamente, tales como la reducción de desperdicios, la mejora continua y el incremento de las ganancias .

El desarrollo de GLSS se remonta a la evolución del sistema de producción Lean, pero Lean no puede mitigar el daño ambiental asociado con el sistema. Aunque Green Lean (GL) es capaz de reconocer los desechos y cuantificar los impactos ecológicos, no proporciona un método real para reducir los desechos y defectos asociados con los procesos, por lo que se integra también la metodología Seis Sigma ya que proporciona un paso a paso para reducir el desperdicio. Por lo tanto, se necesita un enfoque integrado que reduzca los desechos, las variaciones y mitigue los impactos ambientales negativos [37].

## 2.7 INDUSTRIA MANUFACTURERA, MAQUILADORA Y DE SERVICIOS DE EXPORTACIÓN (IMMEX)

En nuestro país se requieren más empresas que tengan una posición competitiva a nivel internacional y que se enfrentarán a las compañías más relevantes y multinacionales del mundo. Para lograrlo, es fundamental que las empresas mexicanas, especialmente en el sector de la manufactura, se adapten a nuevas metodologías y técnicas de mejora continua y cuenten con las mismas condiciones que los competidores que le permitirán posicionar con éxito sus mercancías y servicios en el mercado internacional [38].

Por ello, el Gobierno Federal emitió el 1 de noviembre de 2006 el Decreto para el Fomento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación (Decreto IMMEX), con el objetivo de fortalecer la competitividad del sector exportador mexicano, brindando certeza, transparencia y continuidad a las operaciones empresariales. Este decreto establece los requisitos de cumplimiento, permitiendo la adopción de nuevos modelos de operación y negocios, la reducción de costos logísticos y administrativos, y la modernización, agilización y simplificación de los trámites, todo esto con el fin de crecer las inversiones en el país [38].

El Programa IMMEX es una herramienta que facilita la importación temporal de bienes requeridos para llevar a cabo procesos industriales o de servicios destinados a la producción, transformación o reparación de productos de origen extranjero que han sido importados temporalmente con el fin de ser exportados, o para la prestación de servicios de exportación. Este programa exige el pago del impuesto general de importación, el impuesto al valor agregado y, en algunos casos, las cuotas compensatorias [38].

Aquellos beneficiarios de este programa, según La Secretaría de Economía (SE) son las empresas residentes en México, que cumplan con los criterios establecidos en el artículo 9, fracción II del Código Fiscal de la Federación y que tributen según las disposiciones del Título II de la Ley del Impuesto sobre la Renta, a participar en un único Programa IMMEX, puede incluir las modalidades de controladora de empresas, industrial, servicios, albergue y terciarización, siempre que cumplan con los requisitos previstos en el Decreto para el Fomento de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicios de Exportación (Decreto IMMEX). La duración de los Programas IMMEX dependerá de que el titular del programa siga cumpliendo con los requisitos establecidos para su obtención y cumpla con las obligaciones establecidas en el Decreto [38].

## 2.8 REVISIÓN DE LITERATURA

Debido al gran progreso en los últimos años tanto en la investigación científica como en el empleo de Internet, no solo contamos con una creciente cantidad de información, sino que esta también se presenta de manera en diversos formatos. Estos formatos incluyen tanto fuentes de información tradicionales como bases de datos, también medios no convencionales, como blogs, wikis y redes sociales. En estos últimos, los lectores tienen la posibilidad de contribuir y enriquecer los contenidos, aportando así un valor adicional [39].

Los pasos básicos para una revisión de literatura son los siguientes [40]:

1. Definir una pregunta claramente, para iniciar es necesario identificar y convertir el problema en una pregunta que pueda ser respondida en términos claros.
2. Especificar los criterios de inclusión y exclusión de los estudios.
3. Formular el propósito de búsqueda de la literatura.
4. Evaluar la calidad de los estudios seleccionados.
5. Interpretar los hallazgos.

## 2.9 BARRERAS

Las barreras de GLSS para proyectos exitosos en la industria manufacturera son difíciles de entender e identificar, primero es necesario identificar todos los obstáculos significativos en el

proceso de implementación [41]. Se comparan las barreras identificadas en la metodología integrada Lean Six Sigma y Lean Green para determinar cuáles tenían en común y cuáles podrían ser las similitudes y/o diferencias entre ambos [42]. Según algunos autores [43], [44] mencionan que aunque la implementación de iniciativas de mejora de la productividad reporta importantes beneficios, pocas empresas realmente lo logran con éxito debido a la gran cantidad de problemas relacionados con fallas que se informan.

Por tanto, se definen las barreras como obstáculos o dificultades en la implementación exitosa de una metodología (GLSS en este caso) para mejorar los procesos de producción o servicio de una organización. Por ello, Syed Ali et al. [45] mencionan que las barreras pueden estar relacionadas con la planificación, la falta de comunicación, la falta de participación de alta dirección, la falta de entrenamiento, la falta de inversión, la infraestructura. Por otra parte, Jadhav et al. [46] menciona que los obstáculos mencionados con más frecuencia son la falta de financiación, la falta de apoyo de la alta dirección y la falta de capacitación de los empleados.

Luego de una revisión de la literatura [7], [41], [45]–[47] se tomaron en consideración las barreras mencionadas con mayor frecuencia en los artículos sobre Lean-Green, Lean Six Sigma y Green Lean Six Sigma, siendo esta falta de inversión, insuficiente participación, ineficiente infraestructura y falta de capacitación/entrenamiento, así como sus efectos sobre los beneficios (económicos, sociales y ambientales) de un proyecto de mejora. En la Tabla 1 se muestran las barreras más significativas de esta investigación junto con su definición.

Tabla 1. Definiciones conceptuales de los constructos de barreras

<b>Constructo</b>	<b>Descripción</b>
<i>Infraestructura ineficiente</i>	La infraestructura ineficiente se define como la carencia de un componente económico que implique crecimiento [48], sin ella no se proporciona la información sobre sus procesos, suministros, transporte, maquinaria, energía [49].
<i>Insuficiente participación</i>	La insuficiente participación es la falta de aportación de un grupo de personas o un departamento como la dirección, los gerentes, los líderes, los supervisores, la logística en los resultados de una empresa [50].
<i>Falta de inversión</i>	La falta de inversión se define como la ausencia de gasto dedicado a la adquisición de bienes que no son de consumo final [51] y a la construcción de bienes públicos [52] se considera una variable económica que, sin ella, no se puede influir en el rendimiento y la demanda de una organización [53].
<i>Falta de capacitación</i>	La falta de capacitación es la ausencia de un proceso de enseñanza de nuevas habilidades, conocimientos y técnicas para realizar un trabajo específico por parte de los empleados [54], esto puede influir en la falta de experiencia en las operaciones del proceso y en el rechazo de los cambios para mejorar la productividad [50].

## 2.10 FACILITADORES

Para las industrias manufactureras, es un reto entender e identificar los facilitadores de GLSS que puedan favorecer implementaciones exitosas, para ello se deben identificar, primeramente, todos aquellos facilitadores significativos en un proceso de implementación [41]. Se empleó la metodología de comparar los facilitadores de Lean Manufacturing y Six Sigma con el fin de

identificar cuales tienen en común. Adicionalmente se identificaron facilitadores en la metodología integrada Lean-Six Sigma y Lean-Green, estos fueron facilitadores compartidos y diferentes entre las metodologías, sugiriendo que es posible que existan puntos en común significativos y/o distinciones entre ellas [42].

Se definieron los facilitadores como aquellas cualidades que son indispensables para lograr los objetivos planteados por la organización, estas son útiles desde el principio hasta la fase de madurez en la implementación GLSS [59] con el fin de permitir un intercambio de conocimientos que puede ser individual y/o colectivo [60] para asegurar el éxito de un proyecto [61]

Revisando literatura [7], [41], [42], [59], [62]–[64] se identificaron como facilitador en la implementación Lean-Green y Lean-Six Sigma, el liderazgo, el involucramiento organización y la medición de desempeño, como los más significativos favoreciendo los beneficios (económicos, sociales, y ambientales) que lograría una organización implementando proyectos bajo esta metodología integrada.

Referente al liderazgo se menciona como un factor esencial en la implementación de proyectos [62], el cual ayuda en la selección y monitoreo de estos, creando un entorno de participación y brindando recompensas en cada logro obtenido por parte de los empleados, siempre contemplando el aporte de todos los departamentos de la organización [41], [59], se considera el iniciador de todo proyecto de mejora debido a que un buen líder aprovecha el potencial de todos para mantener un ambiente proactivo.

Sobre el involucramiento organizacional también conocido como compromiso o apoyo organizacional, se considera un indicador para medir la satisfacción laboral y el compromiso, puede medirse a través del reconocimiento psicológico y del desempeño de un individuo hacia su empleo con el fin que se perciba una estabilidad laboral, se considera un componente que impacta en la obtención de los resultados buscados por la organización y los empleados, además de ser considerada una transacción de incentivos y contribuciones entre ambas partes, logrando que los trabajadores se sientan involucrados con su trabajo y ofrezcan un mejor desempeño [65].

En cuanto a la medición del desempeño es esencial para la recopilación de datos y métricos que brindan una base para gestionar los peligros y las oportunidades, lo que ayuda a establecer procesos y desarrollar sistemas de medición, se considera una herramienta para medir la productividad y el impacto financiero centrándose en la economía de la organización, recientemente se aboga para ser adaptada a contextos específicos, que ayuden a maximizar los beneficios de la organización [7], [41], [62], [66].

Con respecto a maximizar los beneficios de la organización, los beneficios económicos son considerados los más importantes debido ayuda en la administración de recursos, ingresos y gastos que genera realizar un producto o proceso, asimismo se menciona que ya no solo se deben enfocar en lo económico, sino también contemplar lo social y ambiental. Para ello, se considera que algunos beneficios impactan en los tres aspectos, además de ser considerados necesarios para que el entorno laboral sea saludable [37], [67]. En la Tabla 2 se muestran los facilitadores de esta investigación, las cuales fueron significativas en el estudio y su definición.

Tabla 2. Definiciones conceptuales de los constructos de facilitadores

<b>Constructo</b>	<b>Descripción</b>
<i>Liderazgo</i>	El liderazgo se define como la capacidad de influir, motivar, permitir la eficacia y éxito de los miembros de una organización [68], siendo sometidos a un entorno difícil para cumplir tareas y seguir aprendiendo [69] con el objetivo de lograr sus metas, mejorar el rendimiento y motivar al equipo [70] creando un plan para establecer las prioridades, agradeciendo su aporte con el fin de incentivar a mejorar su desempeño [71].
<i>Involucramiento organizacional</i>	El involucramiento organizacional se define como el nivel en que un empleado identifica o percibe sus aportaciones, su participación y su desempeño en el entorno laboral [72], la organización garantizará la seguridad, la salud de sus empleados financiando programas para asegurar el bienestar del empleado [73], con el objetivo de comprender el compromiso de ambas partes [65].
<i>Medición de desempeño</i>	La medición de desempeño se define como un sistema de procedimientos para determinar la eficacia y la rentabilidad de la inversión, esto proporciona la información necesaria para la toma de decisiones y el diagnóstico de posibles soluciones con el fin de identificar el éxito y el impacto en la comprensión de las situaciones [74] y puede obtenerse a través de herramientas que permitan establecer y medir estrategias en proyectos [75].

## 2.11 BENEFICIOS

Un beneficio es considerado como una ventaja a favor de una persona o un grupo de personas interesadas, obtenida por un cambio en la organización [55]. El beneficio de integrar la metodología GLSS se mide en relación con los 3 pilares de la sustentabilidad (Económico, Social y Ambiental).

- El beneficio económico se describe como la ganancia obtenida durante un proceso, este puede medirse a través de la reducción de costos, la reducción de desperdicios, mejorando la eficiencia, la calidad y los tiempos de entrega [56].
- El beneficio ambiental se entiende como la mitigación de pérdidas en el ecosistema, esta puede medirse mediante el control en el consumo de recursos, la restricción de desechos, la disminución de emisiones atmosféricas y protegiendo el medio ambiente [57].
- El beneficio social se entiende como la relación emocional entre los empleados, esta se puede medir a través de la seguridad, la salud y el ambiente laboral [58].

## 2.12 MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES (SEM)

El modelado de ecuaciones estructurales (SEM, por sus siglas en inglés) es un enfoque estadístico multivariante que se emplea para examinar relaciones complejas entre un conjunto de variables. Esta técnica permite realizar comparaciones tanto entre grupos como dentro de ellos, además de validar modelos teóricos y empíricos. El SEM se utiliza para abordar diversas preguntas de investigación, tanto en diseños experimentales como no experimentales [76].

SPSS Amos es un software de modelado de ecuaciones estructurales que le permite respaldar las investigaciones y teorías ampliando los métodos de análisis multivariado estándar, como regresión, análisis de factores, de varianza y de correlación [77].

## CAPÍTULO 3.- MATERIALES Y MÉTODO

### 3.1 MATERIALES

- Software
  - SPSS Statistics
  - AMOS
  - Paquetería Office
  - Formulario Google
- Equipo de computo

### 3.2 MÉTODO

Para llevar a cabo esta investigación, el primer paso fue obtener los facilitadores y las barreras más significativas en proyectos de estrategias de mejora reportados en la literatura. El siguiente paso es diseñar un cuestionario para aplicarlo en las empresas de manufactura en México y con la información recolectada poder realizar su validación. Posteriormente, se verifican los supuestos críticos para examinar que la muestra es susceptible a un análisis factorial. Para esto, se analizan los datos faltantes, datos atípicos, normalidad univariable y multivariable y la multicolinealidad éstos deben cumplir los parámetros establecidos que se describen más adelante. Además, como paso siguiente, se realiza un Análisis Factorial Exploratorio (AFE) para explorar con mayor precisión las variables latentes representadas en un modelo de medición integrando las variables de la encuesta. Para posteriormente aplicar un Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) para la validación de constructos de la encuesta y obtener los ajustes del modelo. Después de evaluar el modelo de medición, se desarrolló y validó un modelo de ecuaciones estructurales (SEM), este método permitió evaluar simultáneamente todas las relaciones y contrastar todas las hipótesis planteadas en la investigación. Por último, se evaluó la significación estadística de las relaciones y se validaron las hipótesis propuestas mediante el análisis de los efectos directos, indirectos y totales entre las variables.

#### 3.2.1 DETERMINACIÓN DE LOS FACILITADORES Y BARRERAS

El primer paso para la revisión de literatura fue definir el problema y convertir ese problema en preguntas que puedan ser respondidas, como ya se ha dicho a lo largo de este trabajo el objetivo es evaluar el impacto económico, ambiental y social de proyectos bajo metodologías de mejora de la industria IMMEX del país, así como identificar cuáles son las barreras y los facilitadores en su implementación, para proponer el uso integrado de Green Lean Seis Sigma en los proyectos.

Para los beneficios, el primer paso consistió en realizar una extensa revisión bibliográfica utilizando las bases de datos EBSCO Host, Elsevier, Emerald, IEEE, Springer y Google Scholar, incluyendo publicaciones de los últimos diez años relacionados con los beneficios obtenidos en la implementación de proyectos de mejora, utilizando palabras claves como barreras, obstáculos, Lean Manufacturing, Facilitadores, Lean Seis Sigma, Green Lean, Green Lean Seis Sigma.

En la revisión de literatura se encontró que alrededor del 68% de los beneficios obtenidos están relacionados con los beneficios económicos, alrededor del 23% con los beneficios ambientales y un 8% con los beneficios sociales.

Para facilitadores, el primer paso consistió en identificar los constructos que se tendrán en cuenta para el estudio, realizando una extensa revisión bibliográfica utilizando las bases de datos EBSCO Host, Elsevier, Emerald, IEEE, Springer y Google Scholar. El estudio utilizado incluyó publicaciones de los últimos diez años relacionados con los facilitadores en la implementación de proyectos de mejora utilizando técnicas y herramientas de Lean Manufacturing y Seis Sigma. Las palabras clave utilizadas en la búsqueda de artículos fueron Lean Manufacturing, Facilitadores, Lean Seis Sigma, Green Lean, Green Lean Seis Sigma.

De acuerdo con la revisión de literatura, los facilitadores más reportados están relacionados en la medición de desempeño, el compromiso de la alta gerencia, el liderazgo, la comunicación, el trabajo en equipo, la relación con proveedores y la satisfacción del cliente. En el Figura 2 se muestran que alrededor de un 25% de los facilitadores están enfocados en la medición de desempeño, el 23% al compromiso de la alta gerencia y el 19% al liderazgo siendo estos los más mencionados.

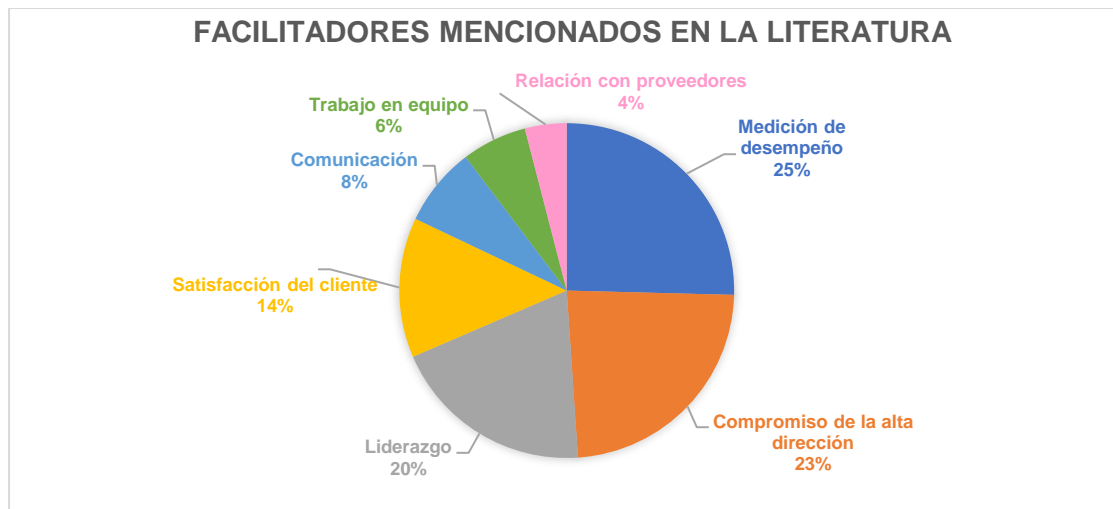


Figura 2. Facilitadores más mencionados en la literatura

Para las barreras, el primer paso fue identificar los constructos que se tendrán en cuenta en este estudio, en la Tabla 3 se muestra los métodos de investigación y los criterios de selección para la búsqueda exhaustiva de literatura.

Tabla 3. Resumen de los métodos de investigación de las barreras

Unidad de análisis	Las fuentes incluyen libros, artículos de investigación, tesis publicadas sobre Lean Manufacturing, Seis Sigma y sustentabilidad de editoriales profesionales y académicas.
Tipo de análisis	Cualitativas
Periodo de análisis	2009 a 2023

Principales bases de datos	Se utilizaron las siguientes bases de datos para buscar las publicaciones adecuadas: Elsevier ( <a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a> ), Emerald ( <a href="http://www.emeraldinsight.com">http://www.emeraldinsight.com</a> ), Springer ( <a href="http://www.springerlink.com">http://www.springerlink.com</a> ), EBSCO ( <a href="http://www.ebsco.com">www.ebsco.com</a> ), Scopus ( <a href="http://www.scopus.com">www.scopus.com</a> ), IEEE ( <a href="https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a> ) y la base de datos de Google Scholar
Palabras clave utilizadas en la búsqueda	Para los criterios de búsqueda se utilizó una combinación de los siguientes términos: 1. Lean Manufacturing 2. Seis Sigma 3. Lean Seis Sigma 4. Green Manufacturing, Sustentabilidad, Fabricación sustentable 5. Green Lean Seis Sigma 6. Barreras, Obstáculos, Limitaciones
Revistas principales	Materials Today: Proceedings, Environmental Impact Assessment Review, Computers & Industrial Engineering, Journal of Cleaner Production, International Journal of Lean Six Sigma.

De acuerdo con la revisión de literatura, las barreras más reportadas están relacionadas con logística, entrenamiento, participación, inversión, infraestructura y algunas barreras independientes como la ausencia de un entorno kaizen, la gestión del tiempo, los recursos insuficientes y el entorno político. En el Figura 3 se muestra que alrededor del 21% de las barreras está enfocadas en logística y entrenamiento, el 15% en la participación, inversión e infraestructura siendo estas las más mencionadas, siendo estos los más mencionados.

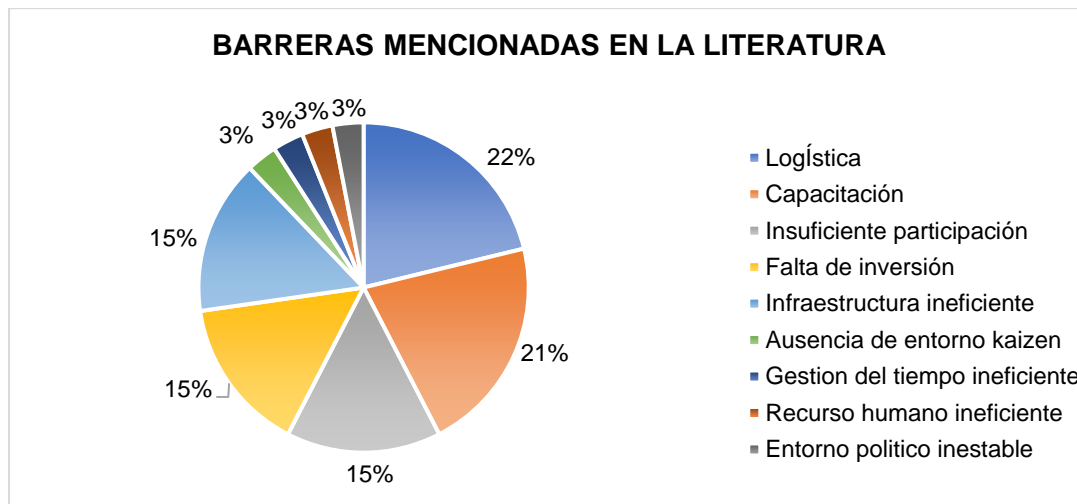


Figura 3. Barreras más mencionadas en la literatura

### 3.2.2 DISEÑO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Utilizando estas barreras y facilitadores identificados en la literatura se construyeron las preguntas con las cuales se diseñó el instrumento. La metodología adoptada para la elaboración y validación del instrumento (encuesta) es la comúnmente utilizada en las ciencias sociales para medir variables mediante el método psicométrico [78]. El proceso de diseño y validación de la encuesta se desarrolló en tres etapas, que se analizan a continuación:

Etapa 1: El diseño del instrumento, las encuestas buscan explorar las variables latentes que pueden estar obstaculizando y facilitar algún proceso. Sin embargo, estas variables no pueden ser medidas directamente, por lo que es necesario operacionalizarlas convirtiéndolas en variables

observables [79], [80]. Para lograr esto, se trabajó a partir de las definiciones conceptuales mostradas en la Tabla 1 y en la Tabla 2 para crear la encuesta final. Se utilizó una escala Likert de 5 puntos, que permite medir el rango de apreciación de Nunca (1) a Siempre (5) para evaluar las variables latentes [81]. La validez del contenido de la encuesta fue verificada por expertos en LM y SS en áreas académicas e industriales, quienes evaluaron la idoneidad y claridad de las preguntas, la importancia de la jerga utilizada en la industria y el tiempo necesario para completar la encuesta. Finalmente, el instrumento fue corregido en base a los comentarios aportados por los expertos.

Adicionalmente, es necesario obtener el permiso por escrito del sujeto que será objeto de la investigación, y para ello se les informó previamente sobre la naturaleza del estudio y se les garantizó que la información proporcionada sería confidencial y utilizada exclusivamente con fines académicos, esto de acuerdo con la declaración de Helsinki [82].

Etapa 2: La administración del instrumento, este estudio fue dirigido a empresas manufactureras de México, y la población objetivo de la encuesta fueron empleados que ocupan cargos en dirección general, gerencias (como gerente de planta, operaciones y producción), supervisores de producción, líderes de proyectos e ingenieros especializados en procesos/producción, mejora continua y nuevos productos.

Etapa 3: El análisis estadístico para la validación del instrumento, para la validación del cuestionario se requieren de dos pruebas: fiabilidad y validez. Se utilizó el análisis factorial, para medir la fiabilidad y validez de las variables observables de manera indirecta [83]. Se deben verificar cuatro aspectos importantes en la validación de encuestas [84], [85]: datos faltantes, valores atípicos, supuestos de normalidad univariante y multivariante, y multicolinealidad.

Para evitar la falta de datos, sólo las encuestas completadas en Google Formulario se incluyeron en el programa utilizado para administrar las encuestas. Luego, se verifica la base de datos para identificar valores atípicos, utilizando la distancia de Mahalanobis [85]. Para medir la normalidad univariante de cada una de las variables del instrumento, se basaron en la asimetría y la curtosis, según DeCarlo [86]. La normalidad multivariante se midió mediante la prueba de Mardia, que se basa en el valor normalizado de la curtosis multivariante [87]. El procedimiento consistió en comparar el coeficiente de Mardia para los datos de estudio con un valor calculado obtenido a partir de la fórmula  $\rho(\rho+2)$ , donde  $\rho$  es el número de variables observadas en el modelo [83]. Para verificar esta hipótesis, se comparó el valor de la curtosis multivariante obtenida mediante el programa SPSS Amos con el valor calculado mediante la fórmula propuesta. Finalmente, se verificó la presencia de multicolinealidad en los datos para evitar que dos o más variables midieran lo mismo debido a una alta correlación [88]. Para ello, se utilizó el factor de inflación de la varianza (VIF) para verificar si una variable podía ser redundante si tenía valores superiores a 10 [89].

### 3.2.3 ANÁLISIS FACTORIAL

#### a. ANÁLISIS FACTORIAL EXPLORATORIO

Después se realizó un Análisis Factorial Exploratorio (AFE) para establecer las dimensiones latentes y los resultados se utilizan para indicar la validez de cada constructo estudiado. En el análisis factorial, se utilizó la estimación de Máxima Verosimilitud para extraer el factor, siendo esta esencial y considerada la herramienta más importante en la interpretación de los AFE [84]. En este estudio, se realizó la rotación Varimax ya que es menos probable que origine soluciones inadecuadas o factores que no estén correlacionados [90].

Otro paso para realizar un AFE fue evaluar la adecuación de la muestra calculando el índice Kaiser Meyer Olkin (KMO), que proporciona una medida que determina si las correlaciones parciales entre las variables son pequeñas [91]. La prueba de esfericidad de Bartlett es otro método utilizado para determinar la viabilidad de un análisis factorial. Otro paso importante es la eliminación de las cargas factoriales insignificantes, para ello, Hatcher [92] menciona que al menos 0.4 cargas de cada elemento en su factor respectivo se consideran adecuadas. Para las estimaciones de fiabilidad de cada constructo se calcularon mediante el coeficiente alfa de Cronbach [93].

#### b. ANÁLISIS FACTORIAL CONFIRMATORIO

Una vez concluido el AFE, se realizó un análisis factorial confirmatorio (AFC) utilizando el programa SPSS. De nuevo, se comprueba la normalidad univariante y multivariante, y se buscaron valores atípicos y multicolinealidad en los datos. Para la validez de un modelo de medición éste depende de los índices aceptables de bondad de ajuste y de que se encuentren pruebas específicas de validez de constructo. Según Kline [89], para validar un modelo de medición deben estimarse al menos los siguientes índices de ajuste del modelo: el estadístico CMIN/DF, el error cuadrático medio de aproximación (RMSEA), la raíz media estandarizada del residuo (SRMR) y el índice de ajuste comparativo (CFI). Además, se recomienda añadir el índice de ajuste de parsimonia estándar (PNFI) para comparar modelos de diferente complejidad.

#### 3.2.4 VALIDEZ DE CONSTRUCTO

La validez de constructo se midió a través de los resultados del análisis factorial. La validez de constructo consiste en realizar la **validez convergente, discriminante y nomológica** de cada constructo, tal como lo recomienda Hair [85].

La validez convergente se evalúa utilizando el índice de varianza media extraída (AVE), el cual debe ser mayor a 0.5 para confirmar que los elementos están midiendo un mismo constructo. Además, la coherencia interna se evalúa utilizando el alfa de Cronbach y el coeficiente de Fiabilidad Compuesto (CR), que es independiente del número de elementos en la variable latente. Se recomienda una fiabilidad mínima de 0.7 en las primeras etapas de investigación y un estricto 0.8 en la investigación básica, según la regla de aceptación de Nunally [94].

Para evaluar la validez discriminante, se compara el AVE de un constructo con la correlación al cuadrado, y el AVE debe ser mayor para confirmar que los constructos son independientes entre sí. Para la validez nomológica, se confirma si las hipótesis planteadas a partir de la teoría se ajustan a lo que se espera con base en la teoría existente, esto con las investigaciones previas.

### 3.2.5 MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES

Después de evaluar el modelo de medición, se desarrolló y validó un Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM, por sus siglas en inglés) utilizando el software AMOS, este método permitió evaluar simultáneamente todas las relaciones y contrastar todas las hipótesis planteadas en la investigación. Se utilizó el software para estimar el modelo, buscando normalidad en los datos y asimetría, además de validar los índices de ajuste del modelo. Por último, se evaluó la significación estadística de las relaciones y se validaron las hipótesis propuestas mediante el análisis de los efectos directos, indirectos y totales entre las variables.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Este estudio, se realizó en 2 partes, primero identificando los facilitadores que impactan en los beneficios sustentables de la metodología GLSS y segundo identificando las barreras que influyen en los beneficios sustentables de GLSS.

### ❖ PARA LOS FACILITADORES

#### 4.1 DISEÑO DEL INSTRUMENTO

Como parte de la primera etapa en el diseño del instrumento, se revisaron alrededor de 50 artículos para obtener los facilitadores con mayor número de menciones en la bibliografía; se identificaron un total de 7 facilitadores que impactan a los beneficios (económicos, sociales, ambientales) que obtienen en proyectos, estos sirvieron como base para el diseño del instrumento de recogida de datos. En la Tabla 2, se enumeraron los tres facilitadores más mencionados en la literatura con sus respectivas definiciones conceptuales y referencias. Estos facilitadores resultantes constituyen el objeto de este estudio: Involucramiento organizacional (IO), Liderazgo (LDR), Medición de desempeño (MD), Beneficio Económico (BE), Beneficio Social (BS) y Beneficios Ambiental (BA).

##### 4.1.1 Operacionalización de las variables

El proceso de operacionalización de la variable latente se explica a continuación a modo de ejemplo con la variable Liderazgo (LDR). La variable LDR se denota mediante cuatro indicadores en función a la selección y priorización de proyectos, la motivación, el entorno de participación e incentivos. A cada indicador le siguen, a su vez, los ítems utilizados para medirlo, junto con sus respectivas referencias. Así, el indicador "Selección y priorización de proyectos" se mide a través del ítem LDR1 y LDR5; el indicador "Motivación" por los ítems LDR2. Por otro lado, los ítems LDR3 y LDR4 miden el indicador "Entorno de participación" y el ítem LDR6 mide el indicador "Incentivos". En la Tabla 4 se encuentra la operacionalización de las seis variables latentes completas.

Tabla 4. Operacionalización de las variables facilitadores

Constructo	Indicador	ítem
Liderazgo	<i>Selección y priorización de proyectos</i> [41], [59]	LD1. En su empresa, el líder del proyecto o jefe inmediato ayuda en la selección y priorización de proyectos. LD5. En su empresa, el líder del proyecto o jefe inmediato proporciona un liderazgo efectivo en proyectos.

	<i>Motivación</i> [41]	LD2. En su empresa, el líder del proyecto o jefe inmediato motiva a los empleados regularmente en su desarrollo.
	<i>Entorno de participación</i> [41]	LD3. En su empresa, el líder del proyecto o jefe inmediato crea un entorno de participación individual. LD4. En su empresa, el líder del proyecto o jefe inmediato aumenta la participación y el apoyo del personal.
	<i>Incentivos</i> [41], [59]	LD6. En su empresa, el líder del proyecto o jefe inmediato recompensa e incentiva a los empleados.
<b>Involucramiento organizacional</b>	<i>Enfoque del cliente</i> [41], [59]	OI2. En su empresa, se aplica benchmarking de desempeño y mejora continua. OI3. En su empresa, se entiende la demanda del cliente.
	<i>Financiamiento</i> [41]	OI6. En su empresa, la alta dirección dispone de financiación y recurso suficiente.
	<i>Desempeño</i> [41]	OI1. En su empresa, se investigan los requerimientos para obtener mejores resultados. OI7. En su empresa, la alta dirección efectúa una revisión periódica del desempeño del personal.
	<i>Entorno laboral</i> [41]	OI5. En su empresa, la alta dirección fomenta el desarrollo de un entorno verde y un sistema de seguridad para los empleados.
	<i>Participación en proyectos</i> [41], [59]	OI4. En su empresa, la alta dirección participa en la implementación de proyectos bajo metodologías de mejora.
		<i>Desarrollo de procedimientos</i> [62], [41]
<b>Medición de desempeño</b>	<i>Uso de herramientas</i> [62], [41]	MD1. En su empresa, se utiliza la herramienta justo a tiempo.
	<i>Desarrollo de sistemas</i> [41]	MD4. En su empresa, crean un sistema de medición del desempeño.
	<i>Análisis de desempeño</i> [7]	MD6. En su empresa, analizan los datos y métricas.
	<i>Planteamiento de soluciones</i> [41]	MD5. En su empresa, los expertos proporcionan la ayuda necesaria para resolver dudas/problemas.
<b>Beneficios Económico</b>	<i>Costos</i> [36], [62]	BE1. La reducción de costos.
	<i>Tiempos</i> [31]	BE2. La reducción de tiempos de entrega.
	<i>Calidad</i> [62], [41]	BE3. La reducción de ppm.
	<i>Desperdicios</i> [36], [42]	BE4. La reducción de desperdicios.
	<i>Eficiencia</i> [36], [42]	BE5. La mejora en la eficiencia de procesos.
<b>Beneficios Ambiental</b>	<i>Emisiones atmosféricas</i> [31], [36]	BA1. La reducción de emisiones atmosféricas.
	<i>Consumo de recursos</i> [36], [59]	BA2. La reducción en el consumo de energía. BA3. La reducción en el consumo de agua.
	<i>Desechos sólidos</i> [36], [42]	BA4. La reducción de desechos sólidos.
<b>Beneficios Social</b>	<i>Seguridad</i> [36], [42]	BS1. La mejora en la seguridad de los trabajadores. BS4. La reducción de áreas de riesgos.
	<i>Salud</i> [36], [42]	BS2. La mejora en la salud de los trabajadores. BS3. La reducción del esfuerzo físico de la mano de obra.
	<i>Ambiente laboral</i> [41], [59]	BS5. La mejora en el ambiente laboral y la motivación de los trabajadores.

#### 4.1.1.1 Validez de contenido

La estructura final del instrumento consta de 7 secciones: La primera ofrece una breve introducción a los objetivos de la encuesta, mientras que la segunda recoge información sobre los datos demográficos de las empresas y el encuestado. La tercera sección evalúa el uso de las metodologías en los proyectos de mejora, la cuarta evalúa los facilitadores en la implementación de un proyecto de mejora, la quinta evalúa las barreras en la implementación de un proyecto de

mejora. La sexta sección ofrece un listado de las herramientas para averiguar el uso de estas y la última sección desea averiguar los beneficios obtenidos para las empresas que ponen en marcha proyectos de mejora utilizando LM y SS.

#### 4.1.2 Administración del instrumento

Como parte de la segunda etapa del diseño, se enviaron alrededor de 500 encuestas a través de diferentes medios como correo electrónico, redes sociales y LinkedIn. La tasa de respuesta fue del 29%, con 146 encuestas completadas de 103 empresas diferentes. Los datos demográficos de las respuestas fueron los siguientes: El puesto con mayor participación fue el de Ingeniero de producción/proceso, con un 29%; y hubo mayor participación masculina (79%); por otro lado, el 38% de los encuestados tenían 2-5 años de experiencia; el tamaño de empleados de la empresa con un 74% es de más de 250 empleados; y el estado de la república con mayor participación en las encuestas con un 80% fue Baja California Norte (véase la caracterización en la Tabla 5)

Tabla 5. Caracterización de la muestra de facilitadores

<b>Caracterización</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Género</b>		
Masculino	116	79
Femenino	30	21
<b>Empleados</b>		
1--10	9	6
11--50	7	5
51--250	22	15
> 250	108	74
<b>Experiencia</b>		
< 2 years	52	36
2-5 years	56	38
5-10 years	24	16
> 10 years	14	10
<b>Posición</b>		
Director general	6	4
Gerente de planta	1	1
Gerente de producción	5	3
Gerente de operaciones	12	8
Ingeniero de producción/procesos	42	29
Ingeniero de mejora continua	11	8
Ingeniero de nuevos productos	15	10
Líder de proyecto	5	3
Supervisor	15	10
Otros	34	23
<b>Ubicación</b>		
Baja California	117	80
Baja California Sur	1	1
Chihuahua	3	2
Ciudad de México	1	1
Coahuila	1	1
Guanajuato	4	3
Hidalgo	1	1
Jalisco	1	1
Nuevo León	6	4
Querétaro	2	1
San Luis Potosí	1	1
Sonora	2	1

#### 4.1.3 Análisis estadístico del instrumento

Como parte de la tercera etapa, una vez filtrados los datos, se eliminaron un total de 4 encuestas identificadas como atípicas, ya que no cumplían un nivel de significancia estadística, donde lo recomendado por Kline,  $p < 0,001$  [89].

Así, los siguientes cálculos para la validación de las encuestas se realizaron considerando únicamente 142 respuestas. Lo anterior fue necesario para mejorar la normalidad de la base de datos ya que, al cumplir con este supuesto, se puede utilizar el método de máxima verosimilitud para extraer los factores [95] tal como se hizo en este trabajo de investigación, resultando en la eliminación de 4 facilitadores que no fueron significativos. Para evaluar la normalidad univariada se obtuvieron valores absolutos inferiores a 1,96 para la asimetría y valores absolutos inferiores a 3 para la curtosis, como puede observarse en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados de las pruebas de validez de los constructos de facilitadores

Constructo/Variable	Asimetría	Curtosis	VIF	Carga factorial	Valores propios	Fiabilidad compuesta	Alfa de Cronbach
<b>LD</b>							
LD1	-0.579	-0.328	3.451	0.767			
LD2	-0.288	-0.717	4.392	0.876			
LD3	-0.492	-0.15	3.411	0.808			
LD4	-0.553	-0.196	5.365	0.905	14.113	0.935	0.932
LD5	-0.567	-0.18	4.992	0.858			
LD6	-0.238	-0.849	4.000	0.828			
<b>MD</b>							
MD1	-0.344	-0.817	2.593	0.696			
MD2	-0.864	0.342	5.431	0.913			
MD3	-0.791	0.123	2.986	0.801			
MD4	-1.24	1.367	4.216	0.812	1.485	0.908	0.907
MD5	-0.708	0.047	3.429	0.762			
MD6	-1.166	0.866	4.422	0.752			
<b>IO</b>							
IO1	-1.107	1.05	3.550	0.785			
IO2	-0.552	-0.495	3.142	0.711			
IO3	-1.28	1.368	3.049	0.762			
IO4	-0.667	-0.217	4.622	0.866	1.858	0.924	0.922
IO5	-0.757	-0.079	3.786	0.808			
IO6	-0.912	0.287	3.773	0.815			
IO7	-0.851	0.44	3.786	0.806			

<b>BE</b>	BE1	-0.796	0.794	3.260	0.734			
	BE2	-0.304	-0.86	2.646	0.635			
	BE3	-0.706	0.041	2.515	0.752	1.314	0.867	0.868
	BE4	-0.658	0.577	3.322	0.84			
	BE5	-0.802	0.632	3.164	0.795			
<b>BS</b>	BS1	-0.783	0.199	7.319	0.849			
	BS2	-0.748	0.068	7.510	0.871			
	BS3	-0.506	-0.487	5.161	0.911	1.01	0.931	0.932
	BS4	-0.633	-0.228	5.239	0.893			
	BS5	-0.525	-0.155	3.244	0.733			
<b>BA</b>	BA1	-0.011	-0.927	7.527	0.914			
	BA2	-0.107	-0.985	8.935	0.947			
	BA3	-0.113	-0.993	8.050	0.926	5.164	0.956	0.956
	BA4	-0.165	-0.809	6.094	0.889			

Considerando las 33 variables contenidas en la encuesta, el índice calculado de Mardia arrojó un valor de 1155; es decir, un valor superior que el índice de curtosis multivariante obtenido a través de SPSS Amos. Al cumplir la condición de que el valor calculado sea mayor que el valor obtenido de 140,01, la hipótesis de normalidad multivariante en el conjunto de datos también se cumplió en el conjunto de datos [88].

Para comprobar la multicolinealidad, la primera prueba fue calcular la correlación bivariada, sin embargo, en este análisis, la correlación bivariada más alta fue de 0,89 por lo que cumple con lo propuesto por Kline [89]. En el estudio, los resultados de la segunda prueba, los VIF indicaron un valor máximo de 8.935 (mostrado en la Tabla 6). Por ello, es posible concluir que este conjunto de datos no presenta problemas de multicolinealidad.

Tabla 7. Estructura factorial de los 33 ítems de facilitadores

Ítems	Factores					
	1	2	3	4	5	6
BA3	0.889					
BA2	0.882					
BA1	0.863					
BA4	0.822					
LD2		0.838				
LD4		0.826				
LD6		0.78				
LD5		0.773				
LD3		0.757				
LD1		0.642				
IO1			0.691			
IO3			0.682			
IO5			0.672			
IO4			0.662			
IO6			0.611			
IO7			0.599			
IO2			0.47			
MD2				0.756		
MD1				0.698		
MD3				0.669		
MD4				0.653		

MD5					0.594	
MD6					0.565	
BE4					0.691	
BE5					0.671	
BE3					0.667	
BE1					0.636	
BE2					0.556	
BS2					0.761	
BS1					0.719	
BS4					0.65	
BS3					0.647	
BS5					0.451	
% de varianza explicada	42.767	15.649	5.632	4.501	3.982	3.06
Varianza acumulada	42.767	58.416	64.048	68.549	72.531	75.59

## 4.2 ANÁLISIS FACTORIAL

### 4.2.1 Análisis factorial exploratorio

Para evaluar la adecuación muestral resultó un valor KMO= 0,912, que es superior a 0,9, lo que indica que los datos actuales son adecuados para el análisis [91]. La prueba de esfericidad de Bartlett fue significativa ( $p < 0,000$ ), mostrando una correlación suficiente entre los elementos, lo que confirma la adecuación del análisis factorial. Las cargas factoriales de los ítems eran significativas, por lo que no fue necesario eliminar ítems.

El AFE permitió identificar seis factores, constituidos por un total de 33 variables con cargas significativas y que explican el 75.59% de la varianza total de los datos. Cabe destacar que los valores propios de todos los factores fueron superiores a 1 como se señala en la Tabla 7 que muestra la estructura factorial resultante para los 33 ítems de la muestra total. Se utilizó N crítico de Hoelter [96], para comprobar la adecuación del tamaño de la muestra, que indicó 103 encuestas como tamaño de muestra suficiente para  $\alpha=0,01$ .

Una vez concluido el AFE, se vuelve a comprobar la normalidad univariante y multivariante, los valores atípicos y multicolinealidad en los datos. Se descarta cualquier problema relacionado con los dos primeros supuestos de normalidad y se mantuvo el tamaño de la muestra de 142 encuestas para las pruebas posteriores.

Tabla 8. Índices de bondad ajuste del modelo de medición para los facilitadores

Índices de bondad de ajuste	Valor obtenido	Valor recomendado	Referencias
CMIN/DF	<b>1.585</b>	< 3	[97]
TLI	<b>0.925</b>	> 0.9	[85], [95]
CFI	<b>0.932</b>	> 0.9	[85], [95]
RMSEA	<b>0.064</b>	< 0.08	[85], [98]
SRMR	<b>0.0637</b>	< 0.08	[99]
PNFI	<b>0.765</b>	Of 0.5 to 1	[100]

### 4.2.2 Análisis factorial confirmatorio

Los resultados del análisis factorial confirmatorio (AFC) indican un ajuste excelente, con un CMIN/DF inferior a 3,0. Además, los valores de CFI y TLI son superiores a 0,9, el valor de RMSEA es inferior a 0.08 y el valor de SRMR es inferior a 0,08. Estos índices de bondad de ajuste confirman la validez del modelo de medición. Por último, un valor PNFI de 0,765 muestra un nivel

de complejidad aceptable (mostrada en la Tabla 8). Los resultados sugieren que estos seis constructos pueden ser utilizados para medir la implementación GLSS en proyectos de mejora de la industria manufacturera en Baja California. Estos constructos se muestran gráficamente en el modelo de medición propuesto (véase en Figura 4). Para continuar con la evaluación convergente, discriminante y nomológica como lo recomienda Hair [85].

Tabla 9. Correlaciones entre constructos, varianza media extraída y correlaciones al cuadrado de facilitadores.

	<b>BE</b>	<b>BA</b>	<b>BS</b>	<b>LD</b>	<b>MD</b>	<b>IO</b>
<b>BE</b>	<b>0.5683</b>	0.3672	0.6084	0.1030	0.3612	0.2470
<b>BA</b>	0.6060	<b>0.8450</b>	0.4597	0.0164	0.1122	0.0600
<b>BS</b>	0.7800	0.6780	<b>0.7303</b>	0.1024	0.3181	0.2820
<b>LD</b>	0.3210	0.1280	0.3200	<b>0.6370</b>	0.3648	0.1024
<b>MD</b>	0.6010	0.3350	0.5640	0.6040	<b>0.7080</b>	0.5791
<b>IO</b>	0.4970	0.2450	0.5310	0.3200	0.7610	<b>0.6250</b>

Nota: Los valores por debajo de la diagonal principal representan la correlación entre constructos, con un nivel de significación de 0,01. Los valores sobre la diagonal principal corresponden a la Varianza Media Extraída (AVE) de los constructos. Los valores por encima de la diagonal principal son las correlaciones al cuadrado.

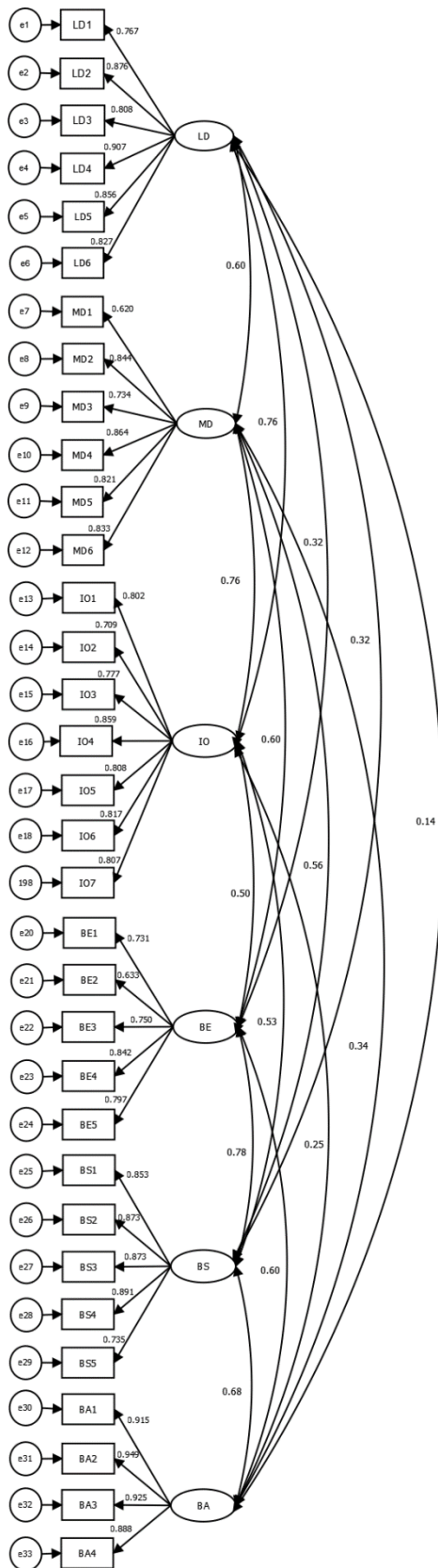


Figura 4. Propuesta para el modelo de medición de los facilitadores

### 4.3 VALIDEZ DE CONSTRUCTO

Para la validez convergente, los valores AVE de los constructos o variables latentes en este estudio se muestran en la diagonal principal mostrada en la Tabla 9, como puede verse, todos ellos son superiores a 0,5 comprobando que el instrumento diseñado en este estudio muestra suficiente validez convergente en todas las variables latentes, ya que presenta valores de alfa de Cronbach superiores a 0,850 y de CR superiores a 0,850 mostrados en la Tabla 6. Para la validez discriminante, en la Tabla 9 se muestra que los constructos tienen un valor AVE superior al cuadrado de todas sus correlaciones, esto demuestra que cada constructo del instrumento es único y puede utilizarse para analizar parte del fenómeno. Por último, se evaluó la validez nomológica y se confirmó que las correlaciones entre constructos, dentro de una teoría de la medida, tenían sentido ya que eran positivas y significativas.

### 4.4 MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES

Para el SEM se comprobaron las hipótesis de investigación que representan las relaciones entre variables latentes o constructos [84] como se muestra en la Figura 5.

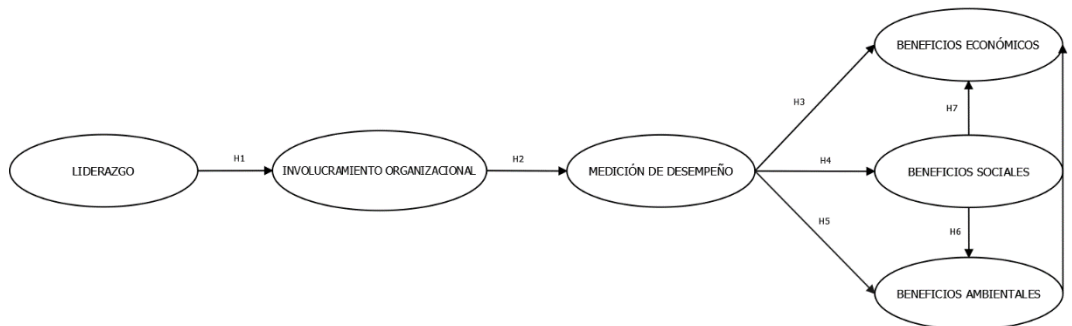


Figura 5. Modelo de ecuaciones estructurales para los facilitadores

Tabla 10. Prueba de las hipótesis para el estudio de facilitadores

	Hipótesis		S.R.W	S.E.	C.R.	P	Resultados	
H1	IO	<---	LD	0.879	0.12	7.321	***	Apoyada
H2	MD	<---	IO	0.632	0.088	7.148	***	Apoyada
H3	BE	<---	MD	0.211	0.073	2.877	***	Apoyada
H4	BS	<---	MD	0.745	0.12	6.227	***	Apoyada
H5	BA	<---	MD	-0.106	0.152	-0.694	0.487	No apoyada
H6	BA	<---	BS	0.959	0.131	7.332	***	Apoyada
H7	BE	<---	BS	0.359	0.078	4.587	***	Apoyada
H8	BE	<---	BA	0.08	0.045	1.787	*	Apoyada

\*\*\* Significativo al nivel 0.001, \* Significativa al nivel 0.1.

Los resultados que se muestran en la Tabla 10 ayudan a confirmar si el modelo se ajusta bien a los datos, incluyendo los coeficientes de regresión estandarizados (SRW), el coeficiente crítico (CR) y el valor de probabilidad (P). Según nuestros resultados, 7 de 8 hipótesis representan relaciones estadísticamente significativas. La relación no significativa fue beneficio ambiental-medición de desempeño.

En la Figura 6 se muestra el modelo final, una vez eliminadas las hipótesis no significativas, también se muestran los efectos directos e indirectos entre las variables que resultaron

significativas para la muestra (explicada en la Tabla 12). Los índices de ajuste del modelo final se detallan en la Tabla 11, estos indican un buen ajuste, con un CMIN/DF inferior a 3,0. Los valores CFI y TLI son superiores a 0,9, el valor RMSEA es inferior a 0,08 y el valor SRMR es inferior a 0,08. Por último, un valor PNFI de 0,755 muestra un nivel aceptable de complejidad.

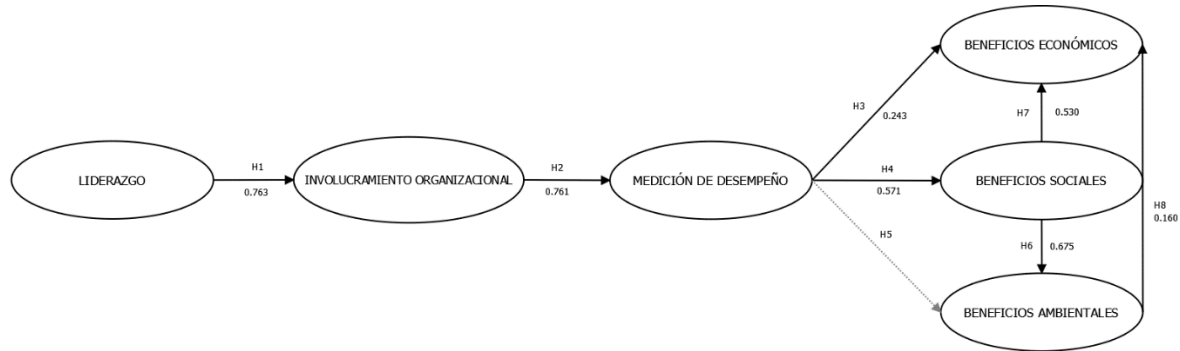


Figura 6. Modelo final de ecuaciones estructurales para los facilitadores

Tabla 11. Índices de bondad de ajuste del SEM para facilitadores

Índices de bondad de ajuste	Valor obtenido	Valor recomendado	Referencias
CMIN/DF	<b>1.595</b>	< 3	[97]
TLI	<b>0.924</b>	> 0.9	[85], [95]
CFI	<b>0.932</b>	> 0.9	[85], [95]
RMSEA	<b>0.065</b>	< 0.08	[85], [98]
SRMR	<b>0.0569</b>	< 0.08	[99]
PNFI	<b>0.755</b>	De 0.5 a 1	[100]

Tabla 12. Descomposición de efectos del SEM para facilitadores

	Involucramiento organizacional		Medición de desempeño		Beneficio económico		Beneficio social		Beneficio ambiental	
	Unstd	Std	Unstd	Std	Unstd	Std	Unstd	Std	Unstd	Std
<b>Liderazgo</b>										
Efectos directos	0.879	0.763	--	--	--	--	--	--	--	--
Efectos indirectos	--	--	0.554	0.581	0.295	0.353	0.410	0.332	0.373	0.224
Efectos totales	0.879	0.763	0.554	0.581	0.295	0.353	0.410	0.332	0.373	0.224
<b>Involucramiento organizacional</b>										
Efectos directos	--	--	0.630	0.761	--	--	--	--	--	--
Efectos indirectos	--	--	--	--	0.336	0.463	0.467	0.435	0.424	0.294
Efectos totales	--	--	0.630	0.761	0.336	0.463	0.467	0.435	0.424	0.294
<b>Medición de desempeño</b>										
Efectos directos	--	--	--	--	0.214	0.243	0.741	0.571	--	--
Efectos indirectos	--	--	--	--	0.319	0.365	--	--	0.673	0.386
Efectos totales	--	--	--	--	0.533	0.608	0.741	0.571	0.673	0.386
<b>Beneficio social</b>										
Efectos directos	--	--	--	--	0.358	0.530	--	--	0.909	0.675
Efectos indirectos	--	--	--	--	0.073	0.109	--	--	--	--
Efectos totales	--	--	--	--	0.431	0.639	--	--	0.909	0.675
<b>Beneficio ambiental</b>										
Efectos directos	--	--	--	--	0.080	0.160	--	--	--	--
Efectos indirectos	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Efectos totales	--	--	--	--	0.080	0.160	--	--	--	--

Nota. Unstd. No estandarizado; Std. Estandarizado

La variable Liderazgo tuvo efectos indirectos sobre la Medición de Desempeño, Beneficios Económicos, Beneficios Sociales y Beneficios Ambientales; por otra parte, la variable Involucramiento Organizacional tuvo efectos indirectos sobre Beneficios Económicos, Beneficios Sociales y Beneficios Ambientales, también la variable Medición de Desempeño tuvo efecto indirecto en los Beneficios Económicos. Por último, la variable Beneficios Sociales tuvo efecto indirecto en los Beneficios Económicos.

Con base en los resultados, se concluyó que Baja California está capacitada para implementar proyectos bajo la metodología integrada Green Lean Seis Sigma. En las organizaciones se evalúa con un 73% los beneficios económicos, con un 65% se evalúan los beneficios ambientales y con un 38% se evalúan beneficios sociales.

En la India, se propuso un marco de GLSS y, para probarlo, Rathi et al. [37] consideraron una empresa manufacturera situada en la región capital de este país, los resultados obtenidos se traducen en una reducción en el nivel de reelaboración, defectos, desperdicio de capacidad y desperdicios ambientales en dicha organización, junto con una mejora en las métricas operativas y monetarias. El marco también tuvo un efecto positivo en las dimensiones sociales (debido a la reducción del efecto ambiental), ya que se observaron mejoras en la salud humana y la seguridad en el lugar de trabajo.

❖ PARA LAS BARRERAS

4.1 DISEÑO DEL INSTRUMENTO

Como parte de la primera etapa, se examinaron aproximadamente 45 publicaciones para identificar las barreras u obstáculos más mencionados en la bibliografía, de los cuales se encontraron 5 barreras que afectan los beneficios (económicos, sociales, ambientales) obtenidos en proyectos. Estas barreras se utilizaron como punto de partida para desarrollar el instrumento de recopilación de datos. En la Tabla 1 se presentan las definiciones conceptuales y referencias correspondientes a las barreras identificadas, las cuales constituyen el foco de interés de este estudio. Las barreras incluyen Infraestructura ineficiente (INFRA), Insuficiente Participación (PART), Falta de inversión (INV), Falta de capacitación (CAP), Beneficio Económico (BE), Beneficio Social (BS) y Beneficios Ambientales (BA).

4.1.1 Operacionalización de las variables

La operacionalización de variables se describe en detalle en este estudio. Por ejemplo, con la variable falta de inversión (INV) está compuesta de cinco indicadores que miden en función con la escasez de recurso, las restricciones económicas y el apoyo gubernamental. Cada indicador se mide mediante diferentes ítems y se proporcionan las referencias correspondientes. Por ello, el indicador "Escasez de recurso" se mide con el ítem INV1, mientras que el indicador "Restricción económica" se mide con los ítems INV2, INV3, INV4 y por último el ítem INV5 mide el indicador "Apoyo gubernamental". La Tabla 13 incluye la operacionalización completa de las siete variables latentes.

Tabla 13. Operacionalización de las variables barreras

Constructo	Indicador	Ítem
Falta de inversión	Escasez de recurso [101]	INV1. En su empresa, al desarrollar proyectos de mejora en qué medida considera la escasez de recurso como una barrera de la inversión.

		INV2. En su empresa, al desarrollar proyectos de mejora en qué medida considera las inversiones insuficientes como una barrera de la inversión.
	Restricción económica [7]	INV3. En su empresa, al desarrollar proyectos de mejora en qué medida considera las restricciones económicas al implementar proyectos como una barrera de la inversión. INV4. En su empresa, al desarrollar proyectos de mejora en qué medida considera la falta de fondos para desarrollo de nuevos proyectos como una barrera de la inversión.
	Apoyo gubernamental [101]	INV5. En su empresa, al desarrollar proyectos de mejora en qué medida considera la falta de apoyo del gobierno en la implementación y desarrollo de proyectos como una barrera de la inversión.
<b>Falta de capacitación</b>	Desconocimiento ambiental [101]	CAP5. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida se presenta el desconocimiento ambiental como una barrera en el entrenamiento o capacitación. CAP6. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida se presenta la irresponsabilidad en temas ambientales como una barrera en el entrenamiento o capacitación.
	Carencia de información [47]	CAP1. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida se presenta la falta de capacitación y talleres como una barrera en el entrenamiento o capacitación. CAP3. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida se presenta la falta de conocimiento de metodologías como una barrera en el entrenamiento o capacitación.
	Resistencia al cambio [45]	CAP2. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida se presenta la resistencia al cambio por parte de operadores y proveedores como una barrera en el entrenamiento o capacitación.
	Falta de expertos [101]	CAP4. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida se presenta la falta de expertos técnicos como una barrera en el entrenamiento o capacitación.
	Dirección ejecutiva [7]	PART1. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida considera como una barrera la insuficiente participación de la dirección ejecutiva.
<b>Insuficiente participación</b>	Gerentes [45]	PART2. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida considera como una barrera la insuficiente participación de los gerentes.
	Supervisores [47]	PART3. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida considera como una barrera la insuficiente participación de los supervisores.
	Líderes en proyectos [45]	PART4. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida considera como una barrera la insuficiente participación de los líderes en proyectos de mejora.
	Departamento de logística [101]	PART5. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida considera como una barrera la insuficiente participación del departamento de logística.
<b>Infraestructura ineficiente</b>	Configuración [47]	INF1. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida considera como barrera la ineficiente configuración de máquinas y plantas.
	Instalaciones [101]	INF2. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida considera como barrera la ineficiente planificación y diseño de instalaciones.
		INF3. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida considera como barrera la ineficiente infraestructura.

INF4. En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida considera como barrera las ineficientes instalaciones y tecnología avanzada.

<b>Beneficio económico</b>	Costos [36]	BE1. La reducción de costos.
	Tiempos [31]	BE2. La reducción de tiempos de entrega.
	Calidad [41]	BE3. La reducción de ppm.
	Desperdicios [36]	BE4. La reducción de desperdicios.
	Eficiencia [42]	BE5. La mejora en la eficiencia de procesos.
<b>Beneficio ambiental</b>	Emisiones atmosféricas [36]	BA1. La reducción de emisiones atmosféricas.
	Consumo de recursos [36]	BA2. La reducción en el consumo de energía. BA3. La reducción en el consumo de agua.
	Desechos sólidos [36]	BA4. La reducción de desechos sólidos.
	Protección ecosistemas [102]	BA5. La mejora a la protección de ecosistemas y suelos.
<b>Beneficio social</b>	Seguridad [36]	BS1. La mejora en la seguridad de los trabajadores. BS4. La reducción de áreas de riesgos.
	Salud [36]	BS2. La mejora en la salud de los trabajadores. BS3. La reducción de esfuerzo físico de la mano de obra.
	Ambiente laboral [41]	BS5. La mejora en el ambiente laboral y la motivación de los trabajadores.

#### 4.1.1.1 Validez de contenido

El instrumento final consta de siete secciones: la primera proporciona una breve introducción a los objetivos de la encuesta, mientras que la segunda recopila información sobre los datos demográficos de las empresas y el encuestado. La tercera sección evalúa el uso de metodologías en proyectos de mejora, la cuarta evalúa los facilitadores en la implementación de proyectos de mejora, y la quinta evalúa las barreras en la implementación de proyectos de mejora. La sexta sección proporciona una lista de herramientas para averiguar el uso de estas metodologías, y la última sección busca determinar los beneficios obtenidos por las empresas que implementan proyectos de mejora.

#### 4.1.2 Administración del instrumento

Como parte de la segunda etapa, se distribuyeron cerca de 550 cuestionarios a través de distintos medios, como redes sociales, correo electrónico y LinkedIn. Se logró una tasa de respuesta del 30%, con 163 encuestas completadas por parte de 122 empresas distintas. Los datos demográficos de las respuestas se describen a continuación: la ocupación con mayor representación fue la de Ingeniero de Producción/Proceso, con un 29%; el género mayoritario de los encuestados fue el masculino (79%); el 40% de los encuestados tenía entre 2 y 5 años de experiencia; el 74% de las empresas empleaba a más de 250 trabajadores; y el estado de Baja California contó con la mayor participación en las encuestas, con un 80%. La Tabla 14 muestra las características de la muestra.

Tabla 14. Caracterización de la muestra de barreras

	<b>Caracterización</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Género</b>	Masculino	128	79
	Femenino	35	21
<b>Empleados</b>			

1--10	10	6
11--50	8	5
51--250	25	15
> 250	120	74
<b>Experiencia</b>		
< 2 years	57	35
2-5 years	65	40
5-10 years	27	17
> 10 years	14	9
<b>Posición</b>		
Director general	7	4
Gerente de planta	2	1
Gerente de producción	6	4
Gerente de operaciones	12	7
Ingeniero de producción/procesos	48	29
Ingeniero de mejora continua	11	7
Ingeniero de nuevos productos	16	10
Líder de proyecto	5	3
Supervisor	18	11
Otros	38	23
<b>Ubicación</b>		
Baja California	129	80
Baja California Sur	1	1
Chihuahua	4	2
Ciudad de México	2	1
Coahuila	1	1
Guanajuato	4	2
Hidalgo	1	1
Jalisco	2	1
México	1	1
Nuevo León	6	4
Querétaro	2	1
San Luis Potosí	2	1
Sonora	2	1
Otros	6	4

#### 4.1.3 Análisis estadístico del instrumento

Como parte de la tercera etapa, después de filtrar los datos, se identificaron y eliminaron 4 encuestas como atípicas, ya que no cumplían con el nivel de significancia estadística requerido por Kline,  $p < 0,001$  [89]. Por lo tanto, los cálculos de validación de la encuesta se realizaron al total de respuestas completas (163 respuestas) para conocer la normalidad de la base de datos y permitir el uso del método de máxima verosimilitud para extraer los factores [95], tal como se hizo en esta investigación, dando como resultado la eliminación de un barrera. Para evaluar la normalidad univariada se comprobaron valores de asimetría inferiores a 1,96 en valor absoluto y valores de curtosis inferiores a 3 en valor absoluto, como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Resultados de las pruebas de validez de los constructos de barreras

Constructo/Variable	Asimetría	Curtosis	VIF	Carga factorial	Valores propios	Fiabilidad compuesta	Alfa de Cronbach
<b>INFRA</b>							
INFRA1	0.213	-0.402	2.874	0.767	1.568	0.918	0.917
INFRA2	0.205	-0.279	5.641	0.906			

	INFRA3	0.113	-0.268	6.191	0.920			
	INFRA4	0.104	-0.411	4.076	0.839			
<b>PART</b>								
	PART1	0.254	-0.565	5.310	0.745			
	PART2	0.277	-0.718	6.381	0.851			
	PART3	0.254	-0.603	3.308	0.835	2.355	0.919	0.921
	PART4	0.528	-0.445	4.993	0.883			
	PART5	0.299	-0.49	4.028	0.854			
<b>INV</b>								
	INV1	0.233	-0.475	3.788	0.843			
	INV2	0.297	-0.468	4.368	0.852			
	INV3	0.22	-0.493	5.951	0.916	1.844	0.914	0.907
	INV4	0.421	-0.571	4.589	0.874			
	INV5	0.344	-0.761	2.339	0.624			
<b>CAP</b>								
	CAP1	0.335	-0.077	3.188	0.749			
	CAP2	-0.012	-0.621	2.946	0.761			
	CAP3	0.193	-0.23	4.357	0.857			
	CAP4	0.246	-0.525	5.614	0.915	7.442	0.911	0.912
	CAP5	0.11	-0.45	6.119	0.826			
	CAP6	0.378	-0.556	3.758	0.683			
	CAP7	-0.177	-0.305	2.010	0.584			
<b>BE</b>								
	BE1	-0.699	0.621	2.833	0.70			
	BE2	-0.462	-0.264	2.178	0.551			
	BE3	-0.624	-0.093	2.466	0.721	1.682	0.848	0.850
	BE4	-0.603	0.502	3.281	0.863			
	BE5	-0.817	0.634	2.956	0.779			
<b>BA</b>								
	BA1	-0.002	-0.867	6.437	0.903			
	BA2	-0.077	-0.875	8.213	0.921			
	BA3	-0.112	-0.938	7.590	0.885	11.327	0.957	0.960
	BA4	-0.081	-0.903	9.587	0.919			
	BA5	-0.149	-0.795	8.301	0.891			
<b>BS</b>								
	BS1	-0.775	0.235	5.498	0.838			
	BS2	-0.724	0.061	5.488	0.858			
	BS3	-0.508	-0.431	5.160	0.904	1.152	0.922	0.923
	BS4	-0.58	-0.271	4.881	0.885			
	BS5	-0.491	-0.129	2.429	0.704			

Considerando las variables, el índice de Mardia se calculó para las 36 variables de la encuesta, dando como resultado un valor de 1368, que es mayor que el índice de curtosis multivariante obtenido mediante SPSS Amos. Al cumplir con la condición de que el valor calculado sea mayor que el valor obtenido de 252.172, se cumple la hipótesis de normalidad multivariante en el conjunto de datos. En cuanto a la multicolinealidad, se realizó una correlación bivariada y la correlación más alta fue de 0.913, lo cual cumple con lo propuesto por Kline [37]. Además, los resultados de la segunda prueba (VIF) mostraron un valor máximo de 9.587, lo que lleva a la conclusión de que este conjunto de datos no tiene problemas de multicolinealidad (véase en la Tabla 15).

Tabla 16. Estructura factorial de los 36 ítems de barreras

Items	Factores						
	1	2	3	4	5	6	7
INV	0.777						
INV	0.753						
INV	0.840						
INV	0.769						
INV	0.588						
BA		0.838					
BA		0.842					
BA		0.856					
BA		0.894					
BA		0.903					
CAP			0.568				
CAP			0.654				
CAP			0.772				
CAP			0.844				
CAP			0.769				
CAP			0.624				
CAP			0.460				
BE				0.722			
BE				0.541			
BE				0.699			
BE				0.689			
BE				0.690			
PART					0.756		
PART					0.863		
PART					0.707		
PART					0.784		
PART					0.671		
BS						0.735	
BS						0.755	
BS						0.704	
BS						0.682	
BS						0.443	
INFRA							0.639
INFRA							0.823
INFRA							0.826
INFRA							0.711
% de varianza explicada	31.46	20.67	6.541	5.121	4.672	4.356	3.201
Varianza acumulada	31.46	52.14	58.68	63.8	68.47	72.83	76.03

## 4.2 ANÁLISIS FACTORIAL

### 4.2.1 Análisis Factorial Exploratorio

El valor de KMO obtenido para la adecuación muestral fue de 0.878, lo que indica que los datos son adecuados para el análisis ya que es cercano a 1 [91]. Además, la prueba de esfericidad de Bartlett resultó significativa con un valor  $p < 0.000$ , indicando una correlación suficiente entre los elementos y confirmando la adecuación del análisis factorial. Las cargas factoriales de los ítems eran significativas, por lo que no se requirió eliminar ningún ítem. En el análisis factorial exploratorio (AFE), se identificaron siete factores compuestos por 36 variables con cargas significativas que explican el 76.03% de la varianza total de los datos. Todos los factores tenían valores propios superiores a 1, como se muestra en la Tabla 16. Para comprobar la adecuación del tamaño de la muestra, se utilizó el N crítico de Hoelter [96], que indicó un tamaño de muestra

suficiente de 119 encuestas para un  $\alpha$  de 0.01. Después del AFE, se comprobó nuevamente la normalidad univariante y multivariante, así como los valores atípicos y la multicolinealidad en los datos. No se detectó ningún problema relacionado con los dos primeros supuestos de normalidad y se mantuvo el tamaño de la muestra de 163 encuestas para las pruebas posteriores.

Tabla 17. Índices de bondad ajuste del modelo de medición para las barreras

Índices de bondad de ajuste	Valor obtenido	Valor recomendado	Referencias
CMIN/DF	<b>1.57</b>	< 3	[97]
TLI	<b>0.93</b>	> 0.9	[85]
CFI	<b>0.937</b>	> 0.9	[85]
RMSEA	<b>0.059</b>	< 0.08	[85], [98]
SRMR	<b>0.0604</b>	<0.08	[99]
PNFI	<b>0.758</b>	De 0.5 a 1	[100]

#### 4.2.2 Análisis Factorial Confirmatorio

El AFC arrojó resultados que indican un excelente ajuste, con un CMIN/DF inferior a 3,0. Además, se observó que los valores de CFI y TLI son superiores a 0,9, mientras que el valor de RMSEA es inferior a 0,08 y el valor de SRMR es inferior a 0,08. Todos estos índices de bondad de ajuste sugieren que el modelo de medición es válido. El valor PNFI de 0,758 también muestra un nivel aceptable de complejidad, como se puede ver en la Tabla 17. De acuerdo con estos resultados, se puede afirmar que los siete constructos identificados son adecuados para medir las barreras de GLSS en proyectos de mejora en la industria manufacturera mexicana. El modelo de medición propuesto se presenta gráficamente en la Figura 7. Para continuar con la evaluación convergente, discriminante y nomológica, tal como recomienda [85], se deben realizar más análisis.

Tabla 18. Correlaciones entre constructos, varianza media extraída y correlaciones al cuadrado de barreras

	INFRA	PART	INV	CAP	BE	BA	BS
INFRA	<b>0.7390</b>	0	0	0.1218	0	0	0
PART	0	<b>0.7022</b>	0	0.0847	0	0	0
INV	0	0	<b>0.6858</b>	0.2079	0	0	0
CAP	0.3490	0.2910	0.4560	<b>0.5427</b>	0.0250	0	0
BE	0	0	0	-0.1580	<b>0.5312</b>	0.2809	0.4396
BA	0	0	0	0	0.5300	<b>0.8281</b>	0.0724
BS	0	0	0	0	0.6630	0.2690	<b>0.7044</b>

Nota: Los valores por debajo de la diagonal principal representan la correlación entre constructos, con un nivel de significación de 0,01. Los valores sobre la diagonal principal corresponden a la Varianza Media Extraída (AVE) de los constructos. Los valores por encima de la diagonal principal son las correlaciones al cuadrado.

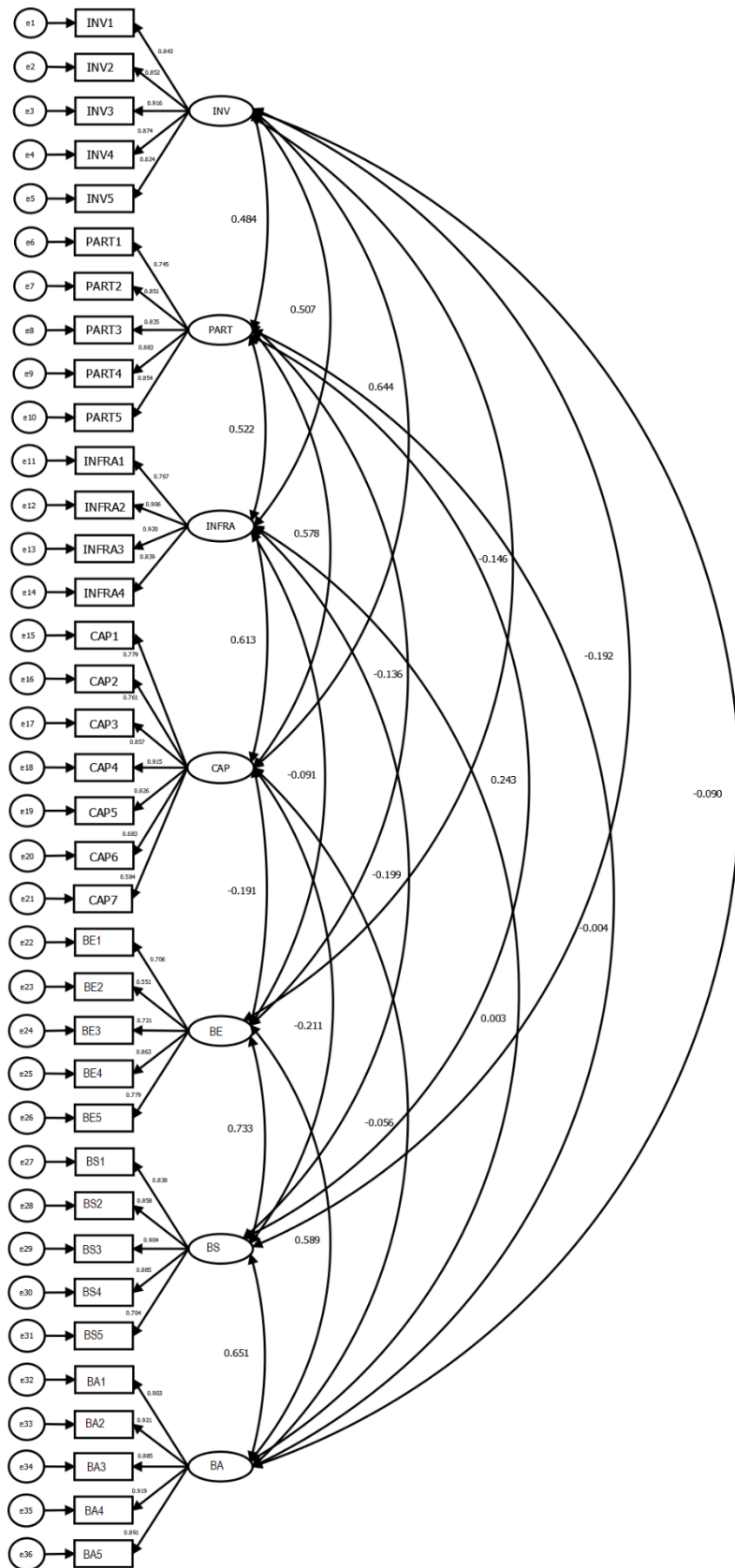


Figura 7. Propuesta para el modelo de medición de las barreras

### 4.3 VALIDEZ DE CONSTRUCTO

En cuanto a la validez convergente, los valores del AVE para los constructos o variables latentes en este estudio se muestran en la diagonal principal de la Tabla 18. Como se puede observar, todos los valores son mayores a 0,5, lo que indica una suficiente validez convergente en todas las variables latentes. Además, los valores del alfa de Cronbach y del CR, que se muestran en la Tabla 15, son superiores a 0,8, lo que también confirma la validez convergente del instrumento diseñado en este estudio. En cuanto a la validez discriminante, la Tabla 18 muestra que los constructos tienen un valor AVE mayor que el cuadrado de todas sus correlaciones, lo que demuestra que cada constructo del instrumento es único y puede utilizarse para analizar parte del fenómeno. Por último, se evaluó la validez nomológica y se confirmó que las correlaciones entre constructos, dentro de una teoría de la medida, ya que eran significativas, lo que indica que las relaciones entre los constructos tienen sentido dentro del contexto teórico.

### 4.4 MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES

Para el SEM se comprobaron las hipótesis de investigación que representan las relaciones entre variables latentes o constructos [84] como se muestra en la Figura 8.

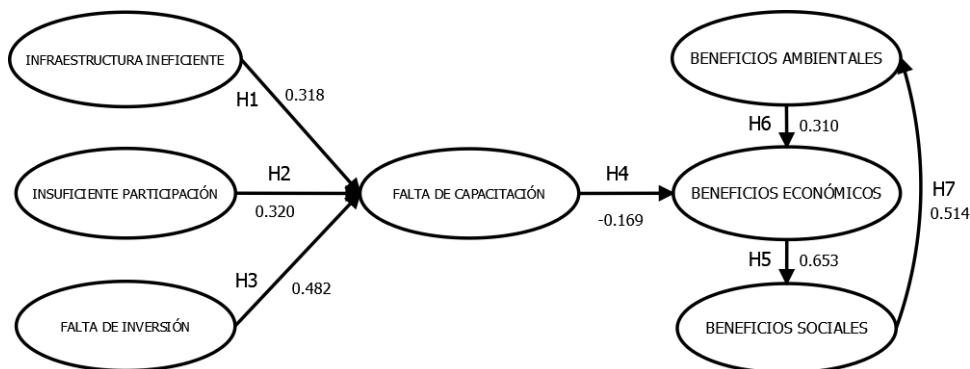


Figura 8. Modelo de ecuaciones estructurales para las barreras

Tabla 19. Prueba de las hipótesis para el estudio de barreras

	Hipótesis		S.R.W	S.E.	C.R.	P	Resultados	
H1	CAP	<---	INFRA	0.318	0.071	4.34	***	Apoyada
H2	CAP	<---	PART	0.32	0.07	4.275	***	Apoyada
H3	CAP	<---	INV	0.482	0.068	6.288	***	Apoyada
H4	BE	<---	CAP	-0.169	0.073	-2.193	**	Apoyada
H5	BS	<---	BE	0.653	0.097	7.446	***	Apoyada
H6	BE	<---	BA	0.31	0.077	2.713	**	Apoyada
H7	BA	<---	BS	0.514	0.129	5.367	***	Apoyada

\*\*\* Significativo al nivel 0.001, \* Significativa al nivel 0.1.

Se verificaron las hipótesis de investigación que describen las relaciones entre variables latentes o constructos mediante el uso de SEM, tal como se ilustra en la Figura 8. Los resultados presentados en la Tabla 19 son importantes para evaluar el ajuste del modelo de regresión entre los constructos mediante los coeficientes de regresión estandarizados, el coeficiente crítico (CR) y el valor de probabilidad (P). Los resultados obtenidos muestran que las siete hipótesis planteadas en el estudio tienen relaciones estadísticamente significativas. La Figura 8 presenta

el modelo final y los efectos directos e indirectos significativos entre las variables, los cuales se explican en detalle en la Tabla 21. Además, los índices de ajuste del modelo final en la Tabla 20 indican un buen ajuste con un CMIN/DF inferior a 3,0, valores CFI y TLI superiores a 0,9, valor de RMSEA inferior a 0,08 y un valor PNFI de 0,757, lo que muestra un nivel aceptable de complejidad.

Tabla 20. Índices de bondad de ajuste del SEM para barreras

índices de bondad de ajuste	Valor obtenido	Valor recomendado	Referencias
CMIN/DF	<b>1.706</b>	< 3	[97]
TLI	<b>0.913</b>	> 0.9	[85]
CFI	<b>0.921</b>	> 0.9	[85]
RMSEA	<b>0.066</b>	< 0.08	[85], [98]
SRMR		<0.08	[99]
PNFI	<b>0.757</b>	De 0.5 a 1	[100]

Tabla 21. Descomposición de efectos del SEM para barreras

	Falta de capacitación		Beneficio económico		Beneficio social		Beneficio ambiental	
	Unstd	Std	Unstd	Std	Unstd	Std	Unstd	Std
Falta de inversión								
Efectos directos	0.427	0.482	--	--	--	--	--	--
Efectos indirectos	--	--	-0.076	-0.091	-0.055	-0.059	-0.038	-0.031
Efectos totales	0.427	0.482	-0.076	-0.091	-0.055	-0.059	-0.038	-0.031
Insuficiente participación								
Efectos directos	0.300	0.320	--	--	--	--	--	--
Efectos indirectos	--	--	-0.054	-0.060	-0.039	-0.040	-0.027	-0.020
Efectos totales	0.300	0.320	-0.054	-0.060	-0.039	-0.040	-0.027	-0.020
Infraestructura ineficiente								
Efectos directos	0.309	0.318	--	--	--	--	--	--
Efectos indirectos	--	--	-0.055	-0.060	-0.040	-0.039	-0.027	-0.020
Efectos totales	0.309	0.318	-0.055	-0.060	-0.040	-0.039	-0.027	-0.020
Beneficio económico								
Efectos directos	-0.160	-0.169	--	--	--	--	0.209	0.310
Efectos indirectos	-0.019	-0.020	0.116	0.116	0.162	0.178	0.024	0.036
Efectos totales	-0.179	-0.189	0.116	0.116	0.162	0.178	0.234	0.346
Beneficio social								
Efectos directos	--	--	0.719	0.653	--	--	--	--
Efectos indirectos	-0.128	-0.123	0.084	0.076	0.116	0.116	0.168	0.226
Efectos totales	-0.128	-0.123	0.802	0.729	0.116	0.116	0.168	0.226
Beneficio ambiental								
Efectos directos	--	--	--	--	0.692	0.514	--	--
Efectos indirectos	-0.089	-0.063	0.555	0.375	0.080	0.060	0.116	0.116
Efectos totales	-0.089	-0.063	0.555	0.375	0.773	0.574	0.116	0.116

Nota. Unstd. No estandarizado; Std. Estandarizado

La variable de Inversión se correlaciona directamente de forma positiva con la Capacitación y de forma indirecta de forma negativa con los beneficios económicos, sociales y ambientales. Del mismo modo, la variable de Participación muestra una relación directa y positiva con la Capacitación, pero una relación indirecta y negativa con los beneficios económicos, sociales y ambientales. Por otro lado, la variable de Infraestructura presenta un efecto directo y positivo en la Capacitación, pero un efecto indirecto y negativo en los beneficios económicos, sociales y ambientales.

Además, existen relaciones entre los beneficios. La variable de Beneficio económico muestra un efecto directo e indirecto negativo en la Capacitación, pero un efecto positivo en el Beneficio ambiental y una relación indirecta con los beneficios sociales y consigue la misma. Por su parte, la variable de Beneficio social presenta un efecto directo e indirecto positivo en el Beneficio económico, una relación indirecta y negativa con la Capacitación, y un efecto positivo en el Beneficio ambiental y consigue la misma. Finalmente, la variable de Beneficio ambiental tiene un efecto directo e indirecto positivo en los Beneficios sociales, un efecto indirecto y negativo en la Capacitación, y un efecto positivo en el Beneficio económico y consigo misma.

## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES

### 5.1 DISCUSIÓN

En el presente capítulo se discuten los resultados en 2 partes, primero los resultados de los facilitadores que impactan en los beneficios sustentables de la metodología GLSS y como segunda parte los resultados de las barreras que influyen en los beneficios sustentables de GLSS.

#### ❖ PARA LOS FACILITADORES

En este trabajo explora y evalúa las relaciones entre los constructos de liderazgo, involucramiento organizacional, medición de desempeño, beneficios económicos, beneficios sociales y beneficios ambientales para proponer un modelo que sirva como base en la implementación de proyectos de mejora bajo la metodología integrada GLSS.

Según los resultados de nuestra investigación, el liderazgo tiene un impacto directo con el involucramiento e indirecto con los demás constructos, lo que facilita la implementación de proyectos de mejora y el logro de beneficios. Autores como Mohammad et al. [68], Srimathi et al. [69], Mohammed et al. [70] mencionan que el liderazgo puede garantizar una adopción exitosa de nuevas técnicas para la mejora continua, sin ella los proyectos pueden causar el fracaso por lo cual es indispensable y tiene un papel clave en la organización. Consideran que los líderes enfrentan dificultades pero son superadas al tener el apoyo y compromiso de la dirección, esto genera líderes que impulsan la iniciativa de resolver problemas y lograr los objetivos teniendo la visión clara de ellos.

De ahí que Vikas et al. [41] mencionan que el liderazgo es un factor clave en el éxito de las industrias y es fundamental para lograr la obtención de mejoras en la organización. También Laureani et al. [103] mencionan que el liderazgo se puede visualizar en distintas perspectivas desde la conductual (que identifica el comportamiento de los líderes y se orienta a las personas y las tareas), la contextual o por objetivos (consiste en establecer, apoyar, participar y orientar por parte del líder en las mejoras de la organización), la perspectiva de competencias o aptitudes (identifica rasgos de la personalidad que sean propicios para la eficacia establecida), la transformacional (crean, comunican y modelan la visión para la organización o un equipo para alcanzar sus objetivos de manera más eficaz) hasta la perspectiva que considera la importancia del liderazgo una exageración. También mencionan que los líderes deben permitirle a una organización cambiar de paradigma cuando se requiera o del método de trabajo a otro, sin dejar de lado la mejora continua. De igual forma, Loh et al. [104] mencionan que el liderazgo

desempeña un papel fundamental en la interacción entre personas, siendo necesario un estilo para la solución de problemas contemplando la personalidad y experiencia del líder, además, mencionan que debe estar presente en todos los niveles de la organización y en la implementación de mejora pueden llegar al éxito de estos.

Por otra parte, el involucramiento organizacional tiene un impacto directamente en la medición de desempeño e indirectamente en los beneficios (económico, ambiental y social). Por esto, Cuya et al. [65] mencionan que en el involucramiento organizacional debe existir la confianza ya que esta genera un buen ambiente laboral para que los trabajadores perciban estabilidad con la finalidad de mejorar u optimizar su conexión dentro de la organización y esto se refleja en un aumento de productividad.

Por ello, Singh et al. [59] mencionan que el involucramiento organizacional garantiza la disponibilidad de recurso (humano, técnico, económico) para el desarrollo de proyectos de mejora. Además, Vikas et al. [41] mencionan que el involucramiento ayuda a aumentar la participación del personal y conduce a la colaboración interdepartamental. De igual forma, Francescatto et al. [105] mencionan que el liderazgo apoya al compromiso e involucramiento de la organización en la búsqueda de la mejora continua en la aplicación exitosa de proyectos. También López et al. [106] menciona que aumentar el involucramiento es importante para lograr los objetivos de la organización, concluyen que algunas empresas consideran que sólo cumpliendo con su horario ya se comprometieron, sin embargo, esto no demuestra un desempeño óptimo ni un involucramiento hacia la organización.

Mientras que la medición de desempeño tiene un impacto directo con los beneficios económicos y sociales e indirecto con los beneficios ambientales. Por ende, Vikas et al. [41] mencionan que la medición de desempeño puede medir el rendimiento del empleado, la sustentabilidad, mejorar la comunicación, la eficiencia de procesos/producción, en general, el desempeño organizacional tanto lo económico, social y ambiental, además consideran que el grado de involucramiento organizacional y el nivel de implementación son factores clave para mejorar el desempeño. Asimismo, Singh et al. [59] mencionan que adoptando LSS como metodología integrada ofrece buenos resultados en la mejora del desempeño en Pymes proporcionando ideas con aspectos ambientales. Por ello, Teixeira et al. [36] mencionan que actualmente no basta con obtener beneficios económicos, si no que los aspectos ambientales y sociales se incorporan a las inquietudes de la organización para aumentar el desempeño sustentable, consideran que se necesita un énfasis en los aspectos sociales.

Con relación al beneficio social, el cual tiene un impacto directo con los beneficios económicos y ambientales e indirecto con los beneficios económicos. Asimismo, Teixeira et al. [36] mencionan que las organizaciones se hallan obligadas a lograr objetivos sociales y ambientales ya no solo económicos. Para ello, Solaimani et al. [107] mencionan que algunas técnicas LSS puede tener efectos positivos en todos los pilares de la sustentabilidad, como ejemplo la estandarización del trabajo, esta implica una reducción de la variabilidad, lo que conduce a menores costo de producción (efecto económico) y mayor seguridad para los trabajadores (efecto social), que puede conducir a menos reprocesamiento (efecto económico), menos desperdicio de recursos (efecto ambiental) y menor actividades peligrosas (efecto social).

Por último, el beneficio ambiental tiene un impacto directo en los beneficios económicos. Para ello, Singh et al. [59] consideran que al incluir el aspecto ambiental este proporciona beneficios empresariales, como la creación de procesos respetuosos con el medio ambiente o la disminución de impacto negativo de la fabricación en el medio ambiente, dando lugar a una producción más limpia. Así mismo mencionan que las organizaciones dudan de adoptar esta estrategia sin haber estudiado sus facilitadores, debido a que esta integración ha sido poco explorada.

#### ❖ PARA LAS BARRERAS

En este estudio se examina y valora las relaciones entre los constructos de falta de inversión, falta de capacitación, insuficiente participación, infraestructura ineficiente, beneficios económicos, beneficios sociales y beneficios ambientales, con el fin de presentar un modelo que pueda ser utilizado como fundamento para la identificación de obstáculos o barreras que se presentan en la implementación de proyectos de mejora.

Estudios como [101] mencionan que la falta de apoyo gubernamental es una de las más importantes en el sector de la construcción de Pakistán, además de reconocerla para adoptar políticas respetuosas con el medio ambiente siendo un obstáculo importante para volverse ecológico y lograr la sostenibilidad medioambiental. Igualmente menciona que la falta de apoyo por parte de alta dirección y la falta de fondos conlleva a otro nivel siendo estas, la falta de responsabilidad la cual conduce a la falta de instalaciones y tecnología avanzada, la falta de recursos humanos y la falta de expertos, siendo estas barreras que impiden la aplicación de GLSS en Pakistán. También mencionan que los impactos medioambientales deben medirse, controlarse y minimizarse de forma eficaz. Además debe aplicarse inmediatamente para hacer frente a problemas medioambientales como el calentamiento global y la escasez de agua, asignando los recursos utilizando nuevas tecnologías y aplicando reformas en el sector de la construcción.

Rathi et al. [47] en su estudio, indican que los fracasos en la implementación de proyectos se deben a un error entre las prioridades de la organización y las necesidades del cliente. En su estudio realizado en empresas de la India, identificaron un total de 31 barreras en proyectos de Green Lean Seis Sigma (GLSS). Estas barreras fueron clasificadas y se encontró que las más destacadas están relacionadas con aspectos administrativos, costos, conocimiento y problemas asociados con la organización y su gestión. Por otro lado, [108] señalan que los proyectos de GLSS han enfrentado dificultades en su etapa inicial, atribuidas a la falta de conocimiento debido a que es una metodología relativamente nueva, así como a las diferencias culturales. Para abordar estas deficiencias en la implementación, su estudio establece una relación entre las barreras identificadas y la adopción de GLSS. Estas barreras se clasificaron en categorías como barreras ambientales, administrativas, de conocimiento, de capacitación, organizacionales y de mejora continua.

En contraste con estos estudios, se identificaron barreras en el ámbito de la fabricación en México que pueden ser denominados de diferentes formas en otros artículos, pero comparten similitudes en su definición. Estas barreras abarcan aspectos como falta de inversión, falta de capacitación, ineficiente infraestructura e insuficiente participación, ya sea de la organización o de sus miembros, y tienen un impacto ya sea directo o indirecto con los beneficios que se pueden obtener

al implementar proyectos. Esto indica que si la organización se enfoca en reducir la influencia de estas barreras en los proyectos, los beneficios aumentarían.

Según autores como [45]–[47], [101] identificaron diversas barreras significativas para la implementación exitosa del enfoque GLSS. Entre ellas, la insuficiente participación ya que se considera que sin ella no es posible llevar a cabo la implementación GLSS, dado que implica un cambio cultural que afecta a toda la organización. Además, señalan que la falta de capacitación representa una barrera crítica, ya que todos los niveles de la organización deben recibir formación para asegurar el éxito de los proyectos. También mencionan que una barrera importante es la falta de inversión, que no se limita únicamente al apoyo económico, sino que también abarca los recursos humanos y tecnológicos y sin una inversión adecuada al implementar proyectos GLSS, es poco probable lograr el éxito deseado. Por último, destacan la importancia de contar con una infraestructura eficiente, ya que sin ella no se puede garantizar un flujo adecuado de materias primas y recursos, lo cual afecta negativamente los beneficios esperados.

De acuerdo con [109] indican que existen diferentes niveles de barreras que varían en su influencia y dependencia. En su investigación, señalan que los principales obstáculos son la falta de inversión, la participación insuficiente y la infraestructura ineficiente, estos obstáculos tienen un impacto significativo en la organización, ya que sin ellos los proyectos fracasan. Además, la capacitación se ve afectada debido a la falta de inversión para adquirir equipo, maquinaria y recursos necesarios. Asimismo, se resalta la importancia de la participación de la organización para guiar y dirigir los proyectos, así como la necesidad de contar con una infraestructura adecuada para instalar equipos y maquinaria. En resumen, los empleados deben recibir la formación adecuada y tener una visión clara del proyecto para lograr el éxito de proyectos.

Las barreras fueron medidas a través de un mediador, en este estudio, la falta de capacitación tiene un efecto directo negativo con los beneficios económicos y tiene un efecto indirecto con los beneficios sociales y ambientales, debido a que a falta de ella, la organización puede tener pérdidas lo que genera un aumento en costos y de recursos.

### 5.3 RECOMENDACIONES

Una recomendación sería aplicar y validar el instrumento propuesto en sectores adicionales del país, además de considerar su aplicación en otros países que presentan condiciones similares a Baja California, México. Esta ampliación geográfica permitiría examinar la eficacia de la integración de GLSS en diferentes contextos y brindaría una perspectiva más amplia y sólida de los resultados obtenidos.

Otra recomendación sería llevar a cabo un estudio longitudinal exhaustivo que permita realizar un seguimiento a lo largo del tiempo de diversos proyectos implementados con GLSS. Este enfoque longitudinal proporcionaría una comprensión más completa de la implementación de GLSS en la industria manufacturera mexicana y permitiría analizar su impacto a largo plazo.

## CAPÍTULO 6. REFERENCIAS

- [1] D. Mourtzis, «Simulation in the design and operation of manufacturing systems: state of the art and new trends», *International Journal of Production Research*, vol. 58, n.º 7, pp. 1927-1949, abr. 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1636321.
- [2] F. Psarommatis, G. May, P.-A. Dreyfus, y D. Kiritsis, «Zero defect manufacturing: state-of-the-art review, shortcomings and future directions in research», *International Journal of Production Research*, vol. 58, n.º 1, pp. 1-17, ene. 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1605228.
- [3] L. Socconini, *Lean Manufacturing: Paso a Paso*, 1ra edición. México, 2017.
- [4] H. Gutiérrez Pulido y R. de la Vela Salazar, «Estrategia Seis Sigma», en *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*, 3ra edición. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., pp. 396-424.
- [5] A. Prakash, M. Arora, A. Mittal, S. Kampani, y S. Dixit, «Green manufacturing: Related literature over the past decade», *Materials Today: Proceedings*, vol. 69, pp. 468-472, ene. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.09.142.
- [6] A. Fercoq, S. Lamouri, y V. Carbone, «Lean/Green integration focused on waste reduction techniques», *Journal of Cleaner Production*, vol. 137, pp. 567-578, nov. 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.07.107.
- [7] M. S. Kaswan y R. Rathi, «Green Lean Six Sigma for sustainable development: Integration and framework», *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 83, p. 106396, jul. 2020, doi: 10.1016/j.eiar.2020.106396.
- [8] «La manufactura», *Portal Académico del CCH*, 25 de septiembre de 2012. <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/historiauniversal1/unidad3/revolucionindustrial/lamanufactura> (accedido 12 de junio de 2023).
- [9] G. M. D. de Cantú, *Historia de Mexico, Legado Historico Y Pasado Reciente*. Pearson Educación, 2004.
- [10] INEGI, «Industria manufacturera», 2023. <https://www.inegi.org.mx/temas/manufacturas/> (accedido 26 de mayo de 2023).
- [11] INEGI, «Estimación Oportuna del PIB trimestral», *PIB*. <https://www.inegi.org.mx/temas/pibo/> (accedido 12 de junio de 2023).
- [12] S. Dowlatshahi y S. Hooshangi, «Enabling quality management systems in the maquiladoras: An empirical analysis», *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 27, n.º 9, pp. 981-1001, ene. 2010, doi: 10.1108/02656711011084792.
- [13] K. Das, «Integrating lean systems in the design of a sustainable supply chain model», *International Journal of Production Economics*, vol. 198, pp. 177-190, abr. 2018, doi: 10.1016/j.ijpe.2018.01.003.

- [14]F. J. Gomes Da Silva y R. M. Gouveia, *Cleaner Production: Toward a Better Future*. Cham: Springer International Publishing, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-23165-1.
- [15]M. Dieste, R. Panizzolo, y J. A. Garza-Reyes, «Evaluating the impact of lean practices on environmental performance: evidences from five manufacturing companies», *Production Planning & Control*, vol. 31, n.º 9, pp. 739-756, jul. 2020, doi: 10.1080/09537287.2019.1681535.
- [16]P. K. Dey, C. Malesios, D. De, S. Chowdhury, y F. B. Abdelaziz, «The Impact of Lean Management Practices and Sustainably-Oriented Innovation on Sustainability Performance of Small and Medium-Sized Enterprises: Empirical Evidence from the UK», *British Journal of Management*, vol. 31, n.º 1, pp. 141-161, 2020, doi: 10.1111/1467-8551.12388.
- [17]J. A. Garza-Reyes, V. Kumar, S. Chaikittisilp, y K. H. Tan, «The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations», *International Journal of Production Economics*, vol. 200, pp. 170-180, jun. 2018, doi: 10.1016/j.ijpe.2018.03.030.
- [18]M. F. Abreu, A. C. Alves, y F. Moreira, «Lean-Green models for eco-efficient and sustainable production», *Energy*, vol. 137, pp. 846-853, oct. 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.04.016.
- [19]A. Bhattacharya, A. Nand, y P. Castka, «Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review», *Journal of Cleaner Production*, vol. 236, p. 117697, nov. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.117697.
- [20]A. Shokri y G. Li, «Green implementation of Lean Six Sigma projects in the manufacturing sector», *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 11, n.º 4, pp. 711-729, ene. 2020, doi: 10.1108/IJLSS-12-2018-0138.
- [21]J. A. Garza-Reyes, V. Kumar, F. F. Chen, y Y.-C. Wang, «Editorial», *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 8, n.º 1, pp. 2-6, ene. 2017, doi: 10.1108/IJLSS-01-2017-0005.
- [22]S. Silva, J. C. Sá, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, y G. Santos, «Lean Green—The Importance of Integrating Environment into Lean Philosophy—A Case Study», en *Proceedings of the 6th European Lean Educator Conference*, M. Rossi, M. Rossini, y S. Terzi, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 211-219. doi: 10.1007/978-3-030-41429-0\_21.
- [23]G. Jimenez *et al.*, «Improvement of Productivity and Quality in the Value Chain through Lean Manufacturing – a case study», *Procedia Manufacturing*, vol. 41, pp. 882-889, ene. 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2019.10.011.
- [24]P. Ribeiro, J. C. Sá, L. P. Ferreira, F. J. G. Silva, M. T. Pereira, y G. Santos, «The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study», *Procedia Manufacturing*, vol. 38, pp. 765-775, ene. 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.104.
- [25]Y. Zhan, K. H. Tan, G. Ji, L. Chung, y A. S. F. Chiu, «Green and lean sustainable development path in China: Guanxi, practices and performance», *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 128, pp. 240-249, ene. 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2016.02.006.

- [26] P. J. Martínez-Jurado y J. Moyano-Fuentes, «Lean Management, Supply Chain Management and Sustainability: A Literature Review», *Journal of Cleaner Production*, vol. 85, pp. 134-150, dic. 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.09.042.
- [27] R. Domingo y S. Aguado, «Overall Environmental Equipment Effectiveness as a Metric of a Lean and Green Manufacturing System», *Sustainability*, vol. 7, n.º 7, Art. n.º 7, jul. 2015, doi: 10.3390/su7079031.
- [28] S. Prasad, D. Khanduja, y S. K. Sharma, «An empirical study on applicability of lean and green practices in the foundry industry», *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 27, n.º 3, pp. 408-426, ene. 2016, doi: 10.1108/JMTM-08-2015-0058.
- [29] H. C. Martínez León y J. Calvo-Amodio, «Towards lean for sustainability: Understanding the interrelationships between lean and sustainability from a systems thinking perspective», *Journal of Cleaner Production*, vol. 142, pp. 4384-4402, ene. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.11.132.
- [30] A. R. Ramos, J. C. E. Ferreira, V. Kumar, J. A. Garza-Reyes, y A. Cherrafi, «A lean and cleaner production benchmarking method for sustainability assessment: A study of manufacturing companies in Brazil», *Journal of Cleaner Production*, vol. 177, pp. 218-231, mar. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.145.
- [31] S. Thanki, K. Govindan, y J. Thakkar, «An investigation on lean-green implementation practices in Indian SMEs using analytical hierarchy process (AHP) approach», *Journal of Cleaner Production*, vol. 135, pp. 284-298, nov. 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.06.105.
- [32] A. Cherrafi *et al.*, «Green and lean: a Gemba–Kaizen model for sustainability enhancement», *Production Planning & Control*, vol. 30, n.º 5-6, pp. 385-399, abr. 2019, doi: 10.1080/09537287.2018.1501808.
- [33] B. Verrier, B. Rose, E. Caillaud, y H. Remita, «Combining organizational performance with sustainable development issues: the Lean and Green project benchmarking repository», *Journal of Cleaner Production*, vol. 85, pp. 83-93, dic. 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.12.023.
- [34] H. Gutiérrez Pulido y R. de la Vela Salazar, *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*, 3ra ed. México: McGraw-Hill/Interamericana Editoriales, 2013.
- [35] G. Egilmez, M. Kucukvar, y O. Tatari, «Sustainability assessment of U.S. manufacturing sectors: an economic input output-based frontier approach», *Journal of Cleaner Production*, vol. 53, pp. 91-102, ago. 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.03.037.
- [36] P. Teixeira, J. C. Sá, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, G. Santos, y P. Fontoura, «Connecting lean and green with sustainability towards a conceptual model», *Journal of Cleaner Production*, vol. 322, p. 129047, nov. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129047.
- [37] R. Rathi, M. S. Kaswan, J. A. Garza-Reyes, J. Antony, y J. Cross, «Green Lean Six Sigma for improving manufacturing sustainability: Framework development and validation», *Journal of Cleaner Production*, vol. 345, p. 131130, abr. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131130.

- [38] «Secretaría de Economía - IMMEX». <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/industria-y-comercio/instrumentos-de-comercio-exterior/immex> (accedido 26 de junio de 2023).
- [39] R. Manchado Garabito, S. Tamames Gómez, M. López González, L. Mohedano Macías, M. D'Agostino, y J. Veiga de Cabo, «Revisiones Sistemáticas Exploratorias», *Medicina y Seguridad del Trabajo*, vol. 55, n.º 216, pp. 12-19, sep. 2009.
- [40] O. Beltran, «Revisiones sistemáticas de la literatura», *Revista Colombiana de Gastroenterología*, vol. 20, n.º 1, pp. 60-69, 2005.
- [41] V. Swarnakar, A. R. Singh, J. Antony, A. Kr Tiwari, E. Cudney, y S. Furterer, «A multiple integrated approach for modelling critical success factors in sustainable LSS implementation», *Computers & Industrial Engineering*, vol. 150, p. 106865, dic. 2020, doi: 10.1016/j.cie.2020.106865.
- [42] I. Alhuraish, C. Robledo, y A. Kobi, «A comparative exploration of lean manufacturing and six sigma in terms of their critical success factors», *Journal of Cleaner Production*, vol. 164, pp. 325-337, oct. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.06.146.
- [43] N. Nordin, B. Deros, y D. A. Wahab, «A Survey on Lean Manufacturing Implementation in Malaysian Automotive Industry», *International Journal of Innovation*, vol. 1, n.º 4, pp. 374-380, 2010.
- [44] S. Camagu, «INVESTIGATING FACTORS THAT NEGATIVELY INFLUENCE LEAN IMPLEMENTATION IN THE EASTERN CAPE AUTOMOTIVE INDUSTRY», MASTERS IN BUSINESS ADMINISTRATION, Faculty of Business and Economic Sciences, Nelson Mandela Metropolitan University, 2010.
- [45] A. Syed Mithun, M. A. Hossen, Z. Mahtab, G. Kabir, P. Sanjoy Kumar, y Z. H. Adnan, «Barriers to lean six sigma implementation in the supply chain: An ISM model», *Computers & Industrial Engineering*, vol. 149, p. 106843, nov. 2020, doi: 10.1016/j.cie.2020.106843.
- [46] J. R. Jadhav, S. S. Mantha, y S. B. Rane, «Exploring barriers in lean implementation», *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 5, n.º 2, pp. 122-148, ene. 2014, doi: 10.1108/IJLSS-12-2012-0014.
- [47] R. Rathi, M. Singh, A. K. Verma, R. Singh Gurjar, A. Singh, y S. Bijoy, «Identification of Lean Six Sigma barriers in automobile part manufacturing industry», *Materials Today: Proceedings*, vol. 50, pp. 728-735, ene. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.05.221.
- [48] Y. Yingfei, Z. Mengze, L. Zeyu, B. Ki-Hyung, A. Andriandafiarisoa Ralison Ny Avotra, y A. Nawaz, «Green logistics performance and infrastructure on service trade and environment-Measuring firm's performance and service quality», *Journal of King Saud University - Science*, vol. 34, n.º 1, p. 101683, ene. 2022, doi: 10.1016/j.jksus.2021.101683.
- [49] R. B. Chase, F. R. Jacobs, y N. J. Aquilano, *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros*, Duodécima. México, D.F.: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014.
- [50] I. Chiavenato, *Gestión del talento humano*, Tercera edición. México, D. F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2009.

- [51] M. Cejas *et al.*, *Administración de recursos humanos La arquitectura estratégica de las organizaciones*. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2013.
- [52] L. J. Gitman y M. Joehnk, *Fundamentos de Inversiones*, Décima edición. Mexico: Pearson Educación, 2009.
- [53] M. Y. Recalde, «Determinantes de la inversión en exploración de hidrocarburos: un análisis del caso argentino», *Cuadernos de economía*, vol. 34, n.º 94, pp. 40-53, ene. 2011, doi: 10.1016/S0210-0266(11)70005-X.
- [54] G. Dessler, *Administración de recursos humanos*, Decimoprimer edición. Mexico: Pearson Educación, 2009.
- [55] P. Cunha y P. Ribeiro, «Definition of a technique for characterizing the expected benefits of a project», *Procedia Computer Science*, vol. 196, pp. 1007-1012, ene. 2022, doi: 10.1016/j.procs.2021.12.103.
- [56] H. Xu, H. Shi, Y. Tan, Q. Ye, y X. Liu, «Modeling and assessment of operation economic benefits for hydronic snow melting pavement system», *Applied Energy*, vol. 326, p. 119977, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119977>.
- [57] J. C. Whitehead y A. Z. Rose, «Estimating environmental benefits of natural hazard mitigation with data transfer: results from a benefit-cost analysis of Federal Emergency Management Agency hazard mitigation grants», *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 14, n.º 7, pp. 655-676, oct. 2009, doi: 10.1007/s11027-009-9189-2.
- [58] A. Kusumawati, A. U. Wusko, S. Suharyono, y E. Pangestuti, «Relational Benefits on Customer Satisfaction: Sharia Empirical Study in Indonesia», *Utopía y praxis latinoamericana: revista internacional de filosofía iberoamericana y teoría social*, vol. 26, n.º 1, pp. 312-320, 2021.
- [59] M. S. Kaswan y R. Rathi, «Analysis and modeling the enablers of Green Lean Six Sigma implementation using Interpretive Structural Modeling», *Journal of Cleaner Production*, vol. 231, pp. 1182-1191, sep. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.05.253.
- [60] S. H. Wee, «Important enabler in the knowledge sharing process: Top management support», en *2012 International Conference on Innovation Management and Technology Research*, may 2012, pp. 657-662. doi: 10.1109/ICIMTR.2012.6236477.
- [61] N. Abbes, N. Sejri, J. Xu, y M. Cheikhrouhou, «New Lean Six Sigma readiness assessment model using fuzzy logic: Case study within clothing industry», *Alexandria Engineering Journal*, vol. 61, n.º 11, pp. 9079-9094, nov. 2022, doi: 10.1016/j.aej.2022.02.047.
- [62] A. Sharma, A. Chouhan, L. Pavithran, U. Chadha, y S. K. Selvaraj, «Implementation of LSS framework in automotive component manufacturing: A review, current scenario and future directions», *Materials Today: Proceedings*, vol. 46, n.º 17, pp. 7815-7824, ene. 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.374.
- [63] S. J. Raval, R. Kant, y R. Shankar, «Lean Six Sigma implementation: modelling the interaction among the enablers», *Production Planning & Control*, vol. 29, n.º 12, pp. 1010-1029, sep. 2018, doi: 10.1080/09537287.2018.1495773.

- [64] S. A. Albliwi, J. Antony, N. Arshed, y A. Ghadge, «Implementation of Lean Six Sigma in Saudi Arabian organisations», *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 34, n.º 4, pp. 508-529, ene. 2017, doi: 10.1108/IJQRM-09-2015-0138.
- [65] E. A. Cuya Araujo y Y. P. Hiyane Casanova, «Involucramiento organizacional y satisfacción laboral en una institución estatal», Trabajo de investigación, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/9759>
- [66] Y. Yuliansyah, A. A. Khan, y W. Triwacananingrum, «The “interactive” performance measurement system and team performance – Towards optimal organizational utility», *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 71, n.º 5, pp. 1935-1952, ene. 2022, doi: 10.1108/IJPPM-03-2020-0111.
- [67] J. Mohan, R. Rathi, M. S. Kaswan, y S. S. Nain, «Green lean six sigma journey: Conceptualization and realization», *Materials Today: Proceedings*, vol. 50, pp. 1991-1998, ene. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.09.338.
- [68] M. Alnadi y P. McLaughlin, «Leadership That Facilitates the Successful Implementation of Lean Six Sigma», en *Proceedings of the 3rd International Conference on Information Management and Management Science*, en IMMS '20. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020, pp. 59-66. doi: 10.1145/3416028.3416045.
- [69] K. Srimathi y K. Narashiman, «Leadership styles and their impact on lean six sigma practices in Indian industries», *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 32, n.º 1, pp. 1-13, may 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.7166/32-1-2323>.
- [70] Raed Mohammed Mubarak Saleh, Mohammed Nusari, Ali Ameen, y Ibrahim Alrajawy, «LEADERSHIP IN THE ORGANIZATION: A CONCEPTUAL REVIEW», *International Journal of Management and Human Science*, vol. 2, n.º 4, pp. 52-59, oct. 2018.
- [71] B. Tracy, *Leadership*, vol. 1. New York: American Management Association, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=3h2MBQAAQBAJ>
- [72] J. D. Polo Vargas, J. D. Madrid Contreras, L. A. Gómez Franco, A. Muñoz Álvis, y A. C. Millan de Lange, *Psicología organizacional y del trabajo: Miradas actuales*. Colombia: Editorial Universidad del Norte, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://editorial.uninorte.edu.co/gpd-psicologia-organizacional-y-del-trabajo-9789587893441.html>
- [73] D. Babativa, «Psicología Organizacional», Fundación Universitaria del Área Andina, Bogotá, Colombia, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/1404>
- [74] F. T. S. Chan, «Performance Measurement in a Supply Chain», *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 21, n.º 7, pp. 534-548, may 2003, doi: 10.1007/s001700300063.
- [75] H. F. Castro-Silva, M. I. Montes-Guerra, y H. M. Diez-Silva, «Balanced Scorecard: estrategia para la medición del desempeño en la dirección de proyectos», *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 26, n.º 96, pp. 1269-1288, oct. 2021, doi: 10.52080/rvgluz.26.96.17.

- [76] M. S. Ortiz, M. Fernández-Pera, M. S. Ortiz, y M. Fernández-Pera, «Modelo de Ecuaciones Estructurales: Una guía para ciencias médicas y ciencias de la salud», *Terapia psicológica*, vol. 36, n.º 1, pp. 51-57, abr. 2018, doi: 10.4067/s0718-48082017000300047.
- [77] «SPSS Amos - Descripción», 16 de noviembre de 2020. <https://www.ibm.com/mx-es/products/structural-equation-modeling-sem> (accedido 26 de junio de 2023).
- [78] L. R. Price, *Psychometric methods: Theory into practice*. en *Methodology in the social sciences*. Londres: Guilford Publications, 2016.
- [79] J. Padua, I. Ahman, H. Apezueca, y C. Borsotti, *Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales*. en Sociología. México: FCE - Fondo de Cultura Económica, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=1g9jDwAAQBAJ>
- [80] K. G. Jöreskog, U. H. Olsson, y F. Y. Wallentin, *Multivariate Analysis With LISREL*, 1.ª ed. en Springer Series in Statistics. Switzerland: Springer International Publishing Switzerland, 2016.
- [81] M. Carpita y M. Manisera, «Constructing indicators of unobservable variables from parallel measurements», *Electronic Journal of Applied Statistical Analysis*, vol. 5, n.º 3, pp. 320-326, ene. 2012, doi: 10.1285/i20705948v5n3p320.
- [82] AMM, «DECLARACIÓN DE HELSINKI DE LA AMM – PRINCIPIOS ÉTICOS PARA LAS INVESTIGACIONES MÉDICAS EN SERES HUMANOS», 2023. <https://www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
- [83] T. Raykov y G. A. Marcoulides, *An Introduction to Applied Multivariate Analysis*, 1er ed. New York, USA: Routledge, 2008.
- [84] B. M. Byrne, *Structural Equation Modeling with Amos: Basic Concepts, Applications, and Programming*, 3rd ed. New York, USA: Routledge, 2016.
- [85] J. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, y R. E. Anderson, *Multivariate Data Analysis*, 7th ed. United Kingdom of Great Britain & Northern Ireland: Pearson New International Edition, 2013. [En línea]. Disponible en: <http://148.231.10.114:2048/login?url=http://resolver.vitalsource.com/9781292035116>
- [86] L. T. DeCarlo, «On the meaning and use of kurtosis.», *Psychological Methods*, vol. 2, n.º 3, pp. 292-307, 1997, doi: 10.1037/1082-989X.2.3.292.
- [87] K. V. Mardia, «Applications of Some Measures of Multivariate Skewness and Kurtosis in Testing Normality and Robustness Studies», *Sankhyā: The Indian Journal of Statistics*, vol. 36, n.º 2, pp. 115-128, 1974.
- [88] M. S. Khine, *Application of Structural Equation Modeling in Educational Research and Practice*, 1st ed., vol. 7. en Contemporary Approaches to Research in Learning Innovations (CARL), vol. 7. Australia: SensePublishers Rotterdam, 2013.
- [89] R. Kline, *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*, 4th ed. New York: The Guilford Press, 2016.

- [90] M. B. Vandenberg, «Confirmatory compositional approaches to the development of product spaces», *European Journal of Marketing*, vol. 30, n.º 3, pp. 23-46, 1996, doi: 10.1108/03090569610107418.
- [91] H. F. Kaiser y J. Rice, «Little Jiffy, Mark Iv», *Educational and Psychological Measurement*, vol. 34, n.º 1, pp. 111-117, 1974, doi: 10.1177/001316447403400115.
- [92] Larry. Hatcher y E. J. Stepanski, *A step-by-step approach to using the SAS system for univariate and multivariate statistics*. Cary, NC: SAS Institute, 1994.
- [93] L. J. Cronbach, «Coefficient alpha and the internal structure of tests», *Psychometrika*, vol. 16, n.º 3, pp. 297-334, sep. 1951, doi: 10.1007/BF02310555.
- [94] J. C. Nunnally y J. C. Nunnally, *Psychometric Theory*, 2nd ed. en Psychology. New York, USA: McGraw-Hill, 1978. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=WE59AAAAMAAJ>
- [95] R. E. Schumacker y R. G. Lomax, *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*, 4th ed. New York, USA: Routledge, 2016.
- [96] J. W. Hoelter, «The Analysis of Covariance Structures: Goodness-of-Fit Indices», *Sociological Methods & Research*, vol. 11, n.º 3, pp. 325-344, feb. 1983, doi: 10.1177/0049124183011003003.
- [97] K. A. Bollen, «A New Incremental Fit Index for General Structural Equation Models», *Sociological Methods & Research*, vol. 17, n.º 3, pp. 303-316, 1989, doi: 10.1177/0049124189017003004.
- [98] M. W. Browne y R. Cudeck, «Alternative Ways of Assessing Model Fit», *Sociological Methods & Research*, vol. 21, n.º 2, pp. 230-258, nov. 1992, doi: 10.1177/0049124192021002005.
- [99] L. C. Domínguez y Á. E. Sanabria, «Validez de constructo y confiabilidad del ROTA-Q para la evaluación de la calidad académica de las rotaciones clínicas en estudiantes de medicina», *Educación Médica*, vol. 20, n.º 2, pp. 71-78, mar. 2019, doi: 10.1016/j.edumed.2017.11.010.
- [100] S. Mulaik, L. James, J. Alstine, N. Bennett, S. Lind, y C. Stilwell, «Evaluation of Goodness-of-Fit Indices for Structural Equation Models», *Psychological Bulletin*, vol. 105, n.º 3, pp. 430-445, may 1989, doi: 10.1037/0033-2909.105.3.430.
- [101] K. Hussain, Z. He, N. Ahmad, M. Iqbal, y S. M. Taskheer mumtaz, «Green, lean, Six Sigma barriers at a glance: A case from the construction sector of Pakistan», *Building and Environment*, vol. 161, p. 106225, ago. 2019, doi: 10.1016/j.buildenv.2019.106225.
- [102] M. Singh, R. Rathi, y J. A. Garza-Reyes, «Analysis and prioritization of Lean Six Sigma enablers with environmental facets using best worst method: A case of Indian MSMEs», *Journal of Cleaner Production*, vol. 279, p. 123592, ene. 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123592.

- [103] A. Laureani y J. Antony, «Leadership and Lean Six Sigma: a systematic literature review», *Total Quality Management & Business Excellence*, vol. 30, n.º 1-2, pp. 53-81, ene. 2019, doi: 10.1080/14783363.2017.1288565.
- [104] K. L. Loh, S. Mohd Yusof, y D. H. C. Lau, «Blue ocean leadership in lean sustainability», *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 10, n.º 1, pp. 275-294, ene. 2019, doi: 10.1108/IJLSS-06-2016-0029.
- [105] M. Francescato, A. Neuenfeldt Júnior, F. I. Kubota, G. Guimarães, y B. de Oliveira, «Lean Six Sigma case studies literature overview: critical success factors and difficulties», *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 72, n.º 1, pp. 1-23, ene. 2023, doi: 10.1108/IJPPM-12-2021-0681.
- [106] N. J. L. Bravo y P. P. G. D. Cassano, «Estrategias para aumentar el compromiso organizacional en el área de ventas de una empresa de la industria cosmética y cuidado personal», *INNOVA Research Journal*, vol. 4, n.º 3.1, pp. 184-192, 2019, doi: <https://doi.org/10.33890/innova.v4.n3.1.2019.1087>.
- [107] S. Solaimani y M. Sedighi, «Toward a holistic view on lean sustainable construction: A literature review», *Journal of Cleaner Production*, vol. 248, p. 119213, mar. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119213.
- [108] M. S. Kaswan, R. Rathi, J. A. G. Reyes, y J. Antony, «Exploration and Investigation of Green Lean Six Sigma Adoption Barriers for Manufacturing Sustainability», *IEEE Transactions on Engineering Management*, pp. 1-15, 2021, doi: 10.1109/TEM.2021.3108171.
- [109] M. Singh, P. Kumar, y R. Rathi, «Modelling the barriers of Lean Six Sigma for Indian micro-small medium enterprises: An ISM and MICMAC approach», *The TQM Journal*, vol. 31, n.º 5, pp. 673-695, ene. 2019, doi: 10.1108/TQM-12-2018-0205.

## ANEXO 1. INSTRUMENTO PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS

La aplicación de la metodología integrada Lean Six Sigma (LSS) está enfocada en la mejora de procesos, que busca establecer herramientas estadísticas y análisis de datos para una aplicación práctica en los proyectos de mejora. El objetivo de esta investigación es evaluar el impacto económico, ambiental y social que tienen las herramientas utilizadas de la metodología en proyectos de la industria manufacturera de México, para proponer el uso integrado en proyectos de mejora de este sector.

Es de suma importancia que sus respuestas sean los más apegadas a la realidad, le reiteramos que no hay respuestas correctas ni incorrectas; el cuestionario consta de 6 secciones que podrá contestar en un tiempo aproximado de 10 a 12 minutos.

Cabe mencionar que toda la información aquí proporcionada es confidencial y con fines netamente académicos, y forma parte de una investigación desarrollada por el Cuerpo Académico Calidad y Productividad de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California.

### 1. DATOS DEMOGRÁFICOS

#### 1.1 ¿Cuál es el sector industrial en el que se ubica su empresa?

Industria de alimentos

Fabricación de bebidas  
Fabricación de tabaco  
Industria textil  
Fabricación de productos de cuero y piel  
Industria maderera  
Fabricación de papel  
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón  
Industria química  
Industria del plástico y del hule  
Fabricación de minerales  
Industria metalúrgica  
Fabricación de dispositivos electrónicos  
Fabricación de maquinaria y equipo  
Fabricación de equipo de transporte  
Fabricación de muebles, colchones y persianas  
Fabricación de equipo de computación  
Fabricación de aparatos eléctricos  
Otro \_\_\_\_\_

1.2 ¿Número aproximado de empleados que tiene su empresa?

1-10 (Micro)  
11-50 (Pequeña)  
51-250 (Mediana)  
Mas de 250 (Grande)

1.3 ¿Cuál es el puesto que define su trabajo?

Director General  
Gerente de Planta  
Gerente de Producción  
Gerente de Operaciones  
Ingeniero de producción/procesos  
Ingeniero de Mejora Continua  
Ingeniero de Nuevos Productos  
Líder de Proyecto  
Supervisor  
Otro \_\_\_\_\_

1.4 ¿Cuántos años tiene usted en su puesto actual?

< 2 años  
2-5 años  
5-10 años  
> 10 años

1.5 Género del encuestado

Masculino  
Femenino

1.6 ¿En qué Estado/Municipio se encuentra ubicada su empresa?

1.7 ¿Cuál es el nombre de su empresa?

## 2. ELEMENTOS DE UN PROYECTO DE MEJORA

2.1 ¿Conoce o ha oído hablar de alguna de las siguientes metodologías?

Lean Manufacturing  
Six Sigma  
Lean Six Sigma

2.2 ¿Su organización ha puesto en práctica alguna de las siguientes metodologías?

Lean Manufacturing  
Six Sigma  
Lean Six Sigma

## 3. FACILITADORES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE MEJORA

A continuación indique cual es el nivel de importancia que le asigna a cada uno de los siguientes facilitadores durante el proceso de implementación de un proyecto de mejora

### 3.1 LIDERAZGO

De acuerdo con el liderazgo que se lleva a cabo en su empresa, desde su punto de vista, cuál es nivel en el que considera cada uno de los siguientes elementos al llevar un proyecto de mejora, basándose en la siguiente escala.

Siendo 1 Nunca, 2 Casi nunca, 3 Algunas veces, 4 Casi siempre, 5 Siempre

En su empresa, el líder del proyecto o jefe inmediato

- 3.1.1 Ayuda en la selección y priorización de proyectos
- 3.1.2 Motiva a los empleados regularmente en su desarrollo.
- 3.1.3 Crea un entorno de participación individual.
- 3.1.4 Aumenta la participación y el apoyo del personal.
- 3.1.5 Proporciona un liderazgo efectivo en proyectos.
- 3.1.6 Recompensa e incentiva a empleados.

	1	2	3	4	5

### 3.2 SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

De acuerdo con la satisfacción del cliente en su empresa, desde su punto de vista, cuál es nivel en el que considera cada uno de los siguientes elementos al llevar un proyecto de mejora, basándose en la siguiente escala.

Siendo 1 Nunca, 2 Casi nunca, 3 Algunas veces, 4 Casi siempre, 5 Siempre

En su empresa:

- 3.2.1 Se investiga regularmente los requerimientos para obtener mejores resultados
- 3.2.2 Se escucha la voz de los clientes para cumplir con sus expectativas
- 3.2.3 Se aplica benchmarking de desempeño y mejora continua
- 3.2.4 Se mide la satisfacción y deleite del cliente
- 3.2.5 Se entiende la demanda del cliente

1	2	3	4	5

### 3.3 RELACIÓN DE PROVEEDORES

De acuerdo con la relación con proveedores en su empresa, desde su punto de vista, cuál es nivel en el que considera cada uno de los siguientes elementos al llevar un proyecto de mejora, basándose en la siguiente escala.

Siendo 1 Nunca, 2 Casi nunca, 3 Algunas veces, 4 Casi siempre, 5 Siempre

En su empresa:

- 3.3.1 Se desarrolla una relación confiable con sus proveedores
- 3.3.2 Se identifican y desarrollan proveedores de materia prima
- 3.3.3 Se identifican y desarrollan proveedores de máquinas y equipos
- 3.3.4 Se involucran los proveedores en proyectos de mejora
- 3.3.5 Se evalúa al proveedor basándose en la calidad y el costo.

1	2	3	4	5

### 3.4 COMPROMISO DE LA ALTA DIRECCIÓN

De acuerdo con el compromiso de la alta dirección en su empresa, desde su punto de vista, cuál es nivel en el que considera cada uno de los siguientes elementos al llevar un proyecto de mejora, basándose en la siguiente escala.

Siendo 1 Nunca, 2 Casi nunca, 3 Algunas veces, 4 Casi siempre, 5 Siempre

En su empresa, la alta dirección:

- 3.4.1 Participa en la implementación de proyecto bajo metodologías de mejora
- 3.4.2 Fomenta el desarrollo de un entorno verde y un sistema de seguridad para los empleados
- 3.4.3 Promueve la capacitación de personal
- 3.4.4 Dispone de financiación y recursos suficientes
- 3.4.5 Efectúa una revisión periódica del desempeño del personal.
- 3.4.6 Promueve la producción de productos respetando el medio ambiente.
- 3.4.7 Incentiva a la producción de productos verdes.
- 3.4.8 Se compromete, participa y apoya a los distintos departamentos
- 3.4.9 Administra la relación con proveedores

1	2	3	4	5

### 3.5 MEDICIÓN DE DESEMPEÑO



A continuación indique cual es el nivel de importancia que le asigna a cada una de las siguientes barreras durante el proceso de implementación de un proyecto de mejora, basándose en la siguiente escala.

Siendo 1 Nunca, 2 Casi nunca, 3 Algunas veces, 4 Casi siempre, 5 Siempre

4. En su empresa, al desarrollar proyectos de mejora en qué medida considera los siguientes elementos como una barrera de la inversión:

- 4.1.1 La escasez de recursos
- 4.1.2 Las inversiones insuficientes
- 4.1.3 Las restricciones económicas al implementar proyectos
- 4.1.4 La falta de fondos para desarrollo de nuevos proyectos
- 4.1.5 La falta de apoyo del gobierno en la implementación y desarrollo de proyectos

	1	2	3	4	5

4.2 En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida se presentan los siguientes elementos como una barrera en el entrenamiento o capacitación:

- 4.2.1 La falta de capacitación y talleres
- 4.2.2 La resistencia al cambio por parte de operadores y proveedores
- 4.2.3 La falta de conocimiento de metodologías
- 4.2.4 La falta de expertos técnicos
- 4.2.5 Desconocimiento ambiental
- 4.2.6 Irresponsabilidad en temas ambientales

	1	2	3	4	5

4.3 En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida considera como una barrera la insuficiente participación de:

- 4.3.1 Dirección ejecutiva
- 4.3.2 Gerentes
- 4.3.3 Supervisores
- 4.3.4 Líderes en proyectos de mejora
- 4.3.5 Departamento de Logística

	1	2	3	4	5

4.4 En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida considera como barrera la ineficiente:

- 4.4.1 Configuración de máquinas y plantas
- 4.4.2 Planificación y diseño de instalaciones
- 4.4.3 Infraestructura
- 4.4.4 Instalaciones y tecnología avanzada

	1	2	3	4	5

4.5 En su empresa, al implementar proyectos de mejora en qué medida considera como barrera la ausencia o ineficiencia logística en:

1 2 3 4 5

- 4.5.1 El manejo y transporte de materiales
- 4.5.2 El material suministrado con problemas de calidad
- 4.5.3 El sistema de transporte
- 4.5.4 La gestión de materiales tradicionales
- 4.5.5 La coordinación y comunicación entre los miembros del equipo
- 4.5.6 La coordinación y comunicación interdepartamental


4.6 BARRERAS INDIVIDUALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE MEJORA

En su empresa, ¿al implementar un proyecto de mejora, en qué medida considera como barrera?

	1	2	3	4	5
4.6.1 La gestión del tiempo					
4.6.2 El entorno kaizen					
4.6.3 El entorno político inestable					
4.6.4 El recurso humano					

5. HERRAMIENTAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE MEJORA

Del siguiente listado, indique cuáles herramientas conoce y con qué frecuencia se han utilizado en proyectos de mejora dentro de su organización, basándose en la siguiente escala

Siendo 1 Nunca, 2 Casi nunca, 3 Algunas veces, 4 Casi siempre, 5 Siempre

	1	2	3	4	5
5.1 5S					
5.2 6R					
5.3 TPM					
5.4 VSM					
5.5 Kaizen					
5.6 Poka Yoke					
5.7 SMED					
5.8 Gráfico de Pareto					
5.9 Análisis de regresión					
5.10 Lluvia de ideas					
5.11 Prueba de hipótesis					
5.12 Análisis de causa-efecto					
5.13 FMEA					
5.14 5 Whys					
5.15 DMAIC					

5. BENEFICIOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE MEJORA

Del siguiente listado, indique cuáles beneficios y con qué frecuencia los ha obtenido al aplicar proyectos de mejora dentro de su organización. Utilizando la siguiente escala

Siendo 1 Nunca, 2 Casi nunca, 3 Algunas veces, 4 Casi siempre, 5 Siempre

	1	2	3	4	5
6.1 La reducción de costos					
6.2 La reducción de tiempos de entrega					
6.3 La reducción de ppm					
6.4 La reducción de desperdicio de materiales					
6.5 La mejora en la eficiencia de procesos					
6.6 La reducción de emisiones atmosféricas					
6.7 La reducción en el consumo de energía					
6.8 La reducción en el consumo de agua					
6.9 La reducción de desechos solidos					
6.10 La mejora a la protección de ecosistemas y suelos					
6.11 La mejora en la seguridad de los trabajadores					
6.12 La mejora en la salud de los trabajadores					
6.13 La reducción de esfuerzo físico de la mano de obra					
6.14 La reducción de áreas de riesgos					
6.15 La mejora en el ambiente laboral y la motivación de los trabajadores					