



**Centro de Investigación en Alimentación y
Desarrollo, A.C.**

**ADOPCIÓN DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN ESBELTA EN
LA INDUSTRIA MAQUILADORA DE HERMOSILLO,
GUAYMAS Y EMPALME, SONORA.**

Por:

Roldán Piña Domínguez

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACIÓN DE DESARROLLO REGIONAL

Como requisito parcial para obtener el grado de

DOCTOR EN DESARROLLO REGIONAL

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de Roldán Piña Domínguez, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Desarrollo Regional.



Dr. Jorge Inés León Balderrama
Director de tesis



Dr. Jesús Laborín Álvarez
Integrante del comité de tesis



Dr. Sergio Alfonso Sandoval Godoy
Integrante del comité de tesis



Dr. Juan Martín Preciado Rodríguez
Integrante del comité de tesis

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en la tesis "Adopción de Prácticas de Manufactura Esbelta en Empresas Maquiladoras de Hermosillo, Guaymas y Empalme, Sonora" es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor Roldán Piña Domínguez, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita de quien ocupe la titularidad de la Dirección General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del director(a) de tesis.



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.
Coordinación de Programas Académicos

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Graciela Cáire Juvera', is written over a horizontal line. Below the line, the name and title are printed in a black, sans-serif font.

Dra. Graciela Cáire Juvera
Directora General

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por su apoyo para realizar este posgrado.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD) por brindar todas las necesidades y facilidades para concluir el programa de doctorado y en mi formación profesional.

Al Dr. Jorge Inés León Balderrama, director de la presente tesis, por su invaluable guía, dirección y apoyo tanto en el ámbito académico, como en aspectos de formación profesional y personal. No cabe duda de que, sin su tiempo, dedicación, trabajo y esmero, la culminación de esta tesis no hubiera sido posible. Gracias por estar siempre dispuesto, por la apertura al diálogo, haciendo siempre énfasis en la búsqueda de soluciones y no de culpables. Gracias también por los consejos, sugerencias y múltiples correcciones, por encima de todo, gracias por su amistad.

Al comité de tesis, los doctores Sergio Alfonso Sandoval Godoy, Jesús Laborín Álvarez y Juan Martín Preciado Rodríguez, les agradezco por el tiempo, guía, apoyo y orientación brindada durante estos años, sobre todo por su ejemplo y calidad humana, procurando siempre colaborar de forma enriquecedora con las mejores intenciones tanto para el desarrollo de la tesis, como para el desarrollo profesional de mi persona.

A mis compañeros de doctorado quienes, de alguna u otra forma, fueron partícipes del desarrollo del trabajo, quienes además me apoyaron compartiéndome consejos, cuestionamientos y lo más valioso; su amistad.

A los profesores de la asignatura de Seminario de Investigación por su valiosa labor. Dr. Jesús Martín Robles Parra, Dra. Juana María Meléndez Torres, Dr. Carlos Gabriel Borbón Morales, Dr. Sergio Alfonso Sandoval Godoy, Dr. Juan Martín Preciado Rodríguez, Dr. José Ángel Vera Noriega

Al personal de la Coordinación de Programas Académicos por su valioso y amable apoyo durante la duración del posgrado y en todos los trámites. Gracias Dra. Adriana Sañudo Barajas, Verónica Araiza Salazar, Argelia Marín, Laura García Cruz, Héctor Galindo y Alfonso Coronado.

Al personal de todos los departamentos de la coordinación de Desarrollo Regional en Hermosillo.

Al personal de la biblioteca Dr. Inocencio Higuera Ciapara por las facilidades y apoyo.

DEDICATORIA

A mi querida madre, por su inmenso amor, por el esfuerzo por brindarme las mejores opciones y oportunidades de vida, por su gran ejemplo de vida y de éxito, mismo que me impulsa a siempre dar lo mejor de mí y mostrar siempre la mejor versión del ser humano que puedo ser. Se lo dedico a mis padres, pues me han dado la vida y la oportunidad de vivirla siguiendo su guía, consejo y amor incondicional, por eso estaré siempre agradecido y bendecido.

CONTENIDO

APROBACIÓN	2
DECLARACIÓN INSTITUCIONAL	3
AGRADECIMIENTOS	4
DEDICATORIA	5
CONTENIDO	6
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE CUADROS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	14
1. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Problematización	21
1.2. Justificación	22
1.3. Objetivos.....	23
1.4. Hipótesis.....	24
2. LOS ANTECEDENTES: EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA, DESARROLLO DEL CONCEPTO ESBELTO Y SUS IMPLICACIONES EN EL DESARROLLO PRODUCTIVO REGIONAL	25
2.1. Albores del Sistema de Producción Esbelta	25
2.2. Las Primeras Formas de Producción Artesanal.....	25
2.2.1. La Primera Revolución Industrial (1750 – 1840)	26
2.2.2. La Segunda Revolución Industrial (1880 - 1914).....	27
2.2.3. El Taylorismo: La Administración Científica	28
2.3. Fordismo: El Auge de La Producción en Masa.....	28
2.4. Toyotismo: Sistemas de Producción Flexibles.....	29
2.5. El Sistema de Producción Toyota.....	31
2.6. Origen Histórico y Evolución del Concepto Esbelto	32
2.6.1. Difusión Del Modelo de Producción Esbelta	35
2.7. Desarrollo de La Industria Manufacturera en México.....	36
2.7.1. Etapa de Reestructuración y Apertura Comercial.....	38
2.7.2. Modernización Industrial: Adopción Regional de Mejores Prácticas	40
2.8. Conclusiones.....	42
3. ESTUDIO DEL NIVEL DE ADOPCIÓN DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN ESBELTA, LOS BENEFICIOS ESPERADOS POR LA ADOPCIÓN Y LOS OBSTÁCULOS ASOCIADOS	45
3.1. Antecedentes: Libros Previos al Sistema de Producción Toyota	46
3.2. La Búsqueda De Consenso por Una Definición.....	47
3.3. Estudios Empíricos Sobre el Nivel de Adopción	51
3.3.1. Estudios Sobre la Adopción en México.....	54

CONTENIDO (continuación)

3.3.2. Estudios Sobre la Adopción en Sonora.....	56
3.4. Estudios Sobre los Beneficios Esperados.....	59
3.5. Estudios Sobre Obstáculos Asociados.....	62
3.6. Estudios Sobre la Adopción y su Impacto en el Desempeño	69
3.7. Principales Prácticas Identificadas en Estudios Previos.....	70
3.7.1. Criterios Empleados en Estudios Previos	74
3.8. Conclusiones.....	76
4. TEORIA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA: CONCEPTOS, PRINCIPIOS, MÉTODOS, PRÁCTICAS Y ESBELTAS	79
4.1. Antecedentes Históricos y de Contexto del Sistema de Producción Toyota.....	79
4.2. Fundamentos del Sistema de Producción Toyota.....	80
4.2.1. Las 3M's de Toyota	81
4.2.2. Los 8 Tipos de Desperdicio	83
4.3. Los Principios del Pensamiento Esbelto.....	85
4.4. La Casa del Sistema de Producción Toyota	87
4.5. Principales Prácticas de Producción Esbelta	90
4.5.1. Justo-a-tiempo (JIT).....	90
4.5.2. Jidoka	91
4.5.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)	91
4.5.4. Kaizen (Mejora Continua)	93
4.6. Conclusiones.....	93
5. ANÁLISIS MACROECONOMICO DE LAS INDUSTRIAS, UBICACIÓN Y TAMAÑO DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO	95
5.1. Estructura Económica Actual en Sonora.....	95
5.2. Importancia de la Industria Maquiladora en Sonora	95
5.3. Industria Automotriz	98
5.3.1. El Sector Automotriz en México	100
5.3.2. Oportunidades Estratégicas de la Industria Automotriz	103
5.4. Industria Aeroespacial	104
5.4.1. El Sector Aeroespacial en México.....	105
5.4.2. Clúster Aeroespacial de Sonora.....	107
5.4.3. Oportunidades Estratégicas de la Industria Aeroespacial.....	107
5.5. Industria de Componentes Eléctricos y Electrónicos	108
5.5.1. Oportunidades Estratégicas del Sector de Componentes Electrónicos.....	109
5.6. Industria de Dispositivos Médico.....	110
5.6.1. El Sector de Dispositivos Médicos en México	111
5.6.2. Oportunidades del Sector de Dispositivos Médicos en México	112
5.7. Conclusiones.....	112
6. METODOLOGIA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: MEDICIÓN DEL NIVEL DE ADOPCIÓN DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN ESBELTA, BENEFICIOS ESPERADOS Y OBSTÁCULOS ASOCIADOS	115

CONTENIDO (continuación)

6.1. El Enfoque Cuantitativo de Investigación	115
6.2. Diseño de la Investigación.....	116
6.3. El Método del Estudio: Modelo de Ecuaciones Estructurales.....	117
6.3.1. Técnica de Mínimos Cuadrados Parciales	118
6.3.2. Modelo Estructural del Estudio	119
6.3.3. Modelo de Medida del Estudio.....	120
6.4. La Encuesta Como Técnica de Investigación.....	121
6.5. Selección de Variables y Elaboración del Cuestionario.....	123
6.5.1. Nivel de Adopción	124
6.5.2. Beneficios Esperados.....	124
6.5.3. Obstáculos Asociados	127
6.5.4. Datos de Identificación	128
6.5.5. Validación del Instrumento: Panel de Expertos y Prueba Piloto.....	128
6.6. Estrategia de Investigación.....	129
6.6.1. Población, Muestreo y Participantes.....	129
6.6.2. Selección de Participantes: Criterios de Inclusión y Exclusión.....	133
6.6.3. Trabajo de Campo: Aplicación del Cuestionario.....	133
6.7. Procesamiento y Análisis de los Datos.....	135
6.7.1. Secuencia del Proceso Analítico de los Datos en SmartPLS3.....	136
6.8. Conclusiones.....	146
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	148
7.1. Descripción de la Muestra	148
7.2. Análisis Estadístico Descriptivo y Prueba de Hipótesis.....	151
7.2.1. Nivel de Adopción de Prácticas y Métodos.....	154
7.2.2. Las Prácticas Adoptadas y Las Que No.....	154
7.2.3. Beneficios Esperados por la Adopción	155
7.2.4. Obstáculos Asociados a la Adopción.....	157
7.3. Modelo de Ecuaciones Estructurales.....	161
7.3.1. Validación del Modelo de Medida.....	161
7.3.2. Evaluación del Modelo Estructural.....	165
7.3.3. Determinación Si Existe Mediación	166
7.4. Validación de Hipótesis.....	160
7.5. Conclusiones.....	168
8. CONCLUSIONES.....	169
8.1. Conclusiones Empíricas	170
8.2. Conclusiones Teóricas.....	174
8.3. Limitaciones de la Investigación	178
8.4. Futuras Líneas de Investigación.....	174
9. REFERENCIAS	176
10. ANEXOS	195
10.1. Cuestionario.....	195

CONTENIDO (continuación)

10.2. Prueba de Confiabilidad del Instrumento.....	200
10.3. Descripción de las Prácticas Incluidas en el Cuestionario.....	201

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Publicaciones por año que incluyen “lean” en el título (1988-2020).....	35
2	Los 5 principios del pensamiento esbelto.....	88
3	La casa del Sistema de Producción Toyota.....	91
4	Conformación sectorial del PIB estatal en 2020.....	98
5	Principales actividades económicas en Sonora.....	98
6	Número de vehículos (en millones) fabricados en 2022.....	101
7	PIB de la industria automotriz en México.....	102
8	Aportación al PIB manufacturero.....	103
9	Plantas fabricantes de vehículos ligeros y motores en México.....	103
10	Distribución geográfica de la industria aeroespacial.....	107
11	Modelo teórico o estructural.....	119
12	Modelo de medida.....	123
13	Estrategia de investigación y recolección de datos.....	131
14	Proceso analítico en SmartPLS3.....	137
15	Esquema de ponderación factorial.....	139
16	Bootstrapping para obtener los valores p	140
17	Análisis de mediación.....	146
18	Diagrama del procedimiento de análisis de mediación.....	146
19	Modelo de medición final.....	159

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Características de la empresa rígida y la empresa flexible.....	34
2	Prácticas incluidas en la categoría nivel de adopción.....	124
3	VARIABLES incluidas en la categoría beneficios esperados.....	127
4	VARIABLES incluidas en la categoría obstáculos asociados.....	128
5	VARIABLES incluidas en la categoría identificación.....	129
6	Distribución de la muestra.....	148
7	Tamaño de las empresas.....	149
8	Nivel de experiencia.....	150
9	Distribución muestral por tamaño y experiencia.....	150
10	Análisis estadístico descriptivo y prueba de hipótesis nivel adopción.....	152
11	Nivel de adopción por sector industrial.....	153
12	Análisis estadístico descriptivo y prueba de hipótesis beneficios esperados...	155
13	Análisis estadístico descriptivo y prueba de hipótesis: obstáculos asociados.....	157
14	Resumen de resultados del análisis descriptivo.....	158
15	Matriz de correlaciones variables latentes de primer orden.....	161
16	Cargas factoriales indicadores y variables latentes primer orden.....	162
17	Matriz de correlaciones variables latentes de segundo orden.....	163
18	Matriz de cargas factoriales cruzadas variables latentes segundo orden.....	163
19	Resultados validación modelo estructural.....	164
20	Tabla de mediación.....	166
21	Análisis de confiabilidad del cuestionario.....	200

RESUMEN

La producción esbelta (PE) es un modelo de gestión para la reducción de costos, basado en la mejora continua. Su finalidad es crear un flujo de producción idóneo, eliminando toda fuente de desperdicio, lo que da como resultado un valor creciente de las actividades en los procesos de producción. El enfoque esbelto ha permitido a las empresas alcanzar altos niveles de desempeño y rendimiento, permitiéndoles posicionarse en entornos altamente complejos y competitivos; al incidir satisfactoriamente en su capacidad para ofrecer productos de mejor calidad, en menos tiempo y con menor costo. Ahora bien, a pesar de los beneficios ampliamente reconocidos, en paralelo, organizaciones de diversos sectores industriales y países han reportado dificultades con la puesta en uso del modelo, afirmando que los resultados no son proporcionales al esfuerzo realizado. El objetivo de esta tesis es explicar las relación entre el nivel de adopción de diversas prácticas de PE, los beneficios esperados y los obstáculos asociados, en empresas industriales del contexto local. El estudio se basa en información obtenida mediante la aplicación de un cuestionario aplicado a 60 empresas de sectores considerados estratégicos para el desarrollo económico regional. Los resultados advierten que prácticas enfocadas a la satisfacción del cliente y a mejorar la productividad son de mayor relevancia. Los beneficios que otorga la adopción de prácticas esbeltas son el incremento de productividad y la reducción de costos. Así mismo, la resistencia al cambio, las rutinas de la compañía y la incapacidad para reconocer los beneficios son los principales obstáculos para la difusión del sistema de producción esbelta. Las limitantes de la investigación: los datos obtenidos apoyan el modelo, pero los resultados pueden ser diferentes en otros sectores industriales y países con diferente cultura laboral y nivel tecnológico. La relación entre el nivel de adopción, los beneficios esperados y los obstáculos asociados no han sido abordados en estudios realizados en Sonora, este trabajo contribuye atendiendo dicha ausencia. Además, la adopción de PE es considerado prerrequisito en la transición hacia el nuevo paradigma tecnológico industrial, llamado fábrica inteligente 4.0 caracterizado por la digitalización y automatización de los procesos de fabricación, por lo que su estudio resulta, hoy más que nunca, pertinente y de gran relevancia en la antesala del nuevo orden económico mundial.

Palabras clave: Adopción, Producción Esbelta, Beneficios, Obstáculos, Sonora.

ABSTRACT

Lean production is a management model for cost reduction, based on continuous improvement. Its purpose is to create an ideal production flow, eliminating all sources of waste, resulting in an increasing value of the activities in the production processes. The lean approach has enabled companies to achieve high levels of performance and productivity, allowing them to position themselves in highly complex and competitive environments; by successfully impacting their ability to offer better quality products, in less time and at lower cost. However, despite the widely recognized benefits, in parallel, organizations from various industrial sectors and countries have reported difficulties with the implementation of the model, claiming that the results are not proportional to the effort made. The objective of this thesis is to explain the relationship between the level of adoption of various EP practices, the expected benefits and the associated obstacles, in industrial companies in the local context. The study is based on information obtained through the application of a questionnaire applied to 60 companies in sectors considered strategic for regional economic development. The results show that practices focused on customer satisfaction and productivity improvement are of greater relevance. The benefits of adopting lean practices are increased productivity and reduced costs. Also, resistance to change, company routines and the inability to recognize the benefits are the main obstacles to the diffusion of the lean production system. The limitations of the research: the data obtained support the model, but the results may be different in other industrial sectors and countries with different labor culture and technological level. The relationship between the level of adoption, the expected benefits and the associated obstacles have not been addressed in studies conducted in Sonora, this work contributes by addressing this absence. In addition, the adoption of EP is considered a prerequisite in the transition to the new industrial technological paradigm, called smart factory 4.0, characterized by the digitalization and automation of manufacturing processes, so its study is, today more than ever, relevant and of great relevance in the prelude to the new world economic order.

Keywords: Adoption, Lean Production, Benefits, Obstacles, Sonora.

1. INTRODUCCIÓN

El avance en los procedimientos y métodos de gestión resulta ante la búsqueda de aquellas formas organizativas más eficientes para la realización de las actividades humanas. Su evolución va emparejada con las transformaciones socioeconómicas, causadas, en gran medida, por el avance tecnológico y los cambios observados en los mercados. Aunque la práctica administrativa tiene un origen bastante lejano, fue hasta que las transformaciones productivas industriales capitalistas durante la revolución industrial, que se hicieron necesarios métodos de gestión, cuando la administración empieza a formar un campo de investigación, práctica y conocimientos específicos. A partir de ese momento la gran mayoría —si no es que todas— las innovaciones desarrolladas relacionados con modelos productivos han estado vinculados al desarrollo de nuevas estructuras organizativas y métodos de gestión. Si bien, es cierto que hasta hace muy poco tiempo la práctica administrativa se enfocaba únicamente en la usura del máximo rendimiento, conforme el desarrollo industrial ha evolucionado y la presión competitiva en los mercados ha aumentado; se ha vuelto necesario para las empresas disponer de métodos de gestión para determinados retos a los que la competencia, el mercado y el entorno institucional las somete. Tales retos están relacionados con: la velocidad con la que se atiende una demanda que, exige cada vez más una oferta amplia de bienes personalizados y adaptados¹, diseño e innovación de nuevos productos, producción de lotes más pequeños y frecuentes, precios con tendencia decreciente, cero defectos y alta fiabilidad de los productos. Este escenario ha propiciado el desarrollo de nuevos y avanzados modelos de gestión enfocados en lo que el cliente necesita y en la optimización; logrando así reforzar la posición competitiva de la empresa. La Producción Esbelta es un modelo de gestión empresarial que, basado en la mejora continua, pretende reducir costos mediante la eliminación de todo tipo de desperdicio. La elección de esta estrategia ha permitido a muchas empresas alcanzar altos niveles de desempeño y

¹ La personalización (para el individuo), y la adaptación (para un nicho) son fenómenos que siempre han ocurrido, sin embargo; siempre han sido campo de los económicamente ricos, con ofertas tales como la confección de prendas y sastrería personalizada, automóviles de alto rendimiento hechos al gusto y medida del cliente. Ya no más. Las tecnologías digitales, especialmente el internet ha hecho que la personalización y la adaptación estén disponibles para un amplio rango de consumidores, haciéndolo más económico y disponible para satisfacer la demanda.

rendimiento, permitiéndoles posicionarse en entornos altamente complejos y competitivos, donde el cambio permanece constante. Su objetivo es crear un flujo de producción idóneo, eliminando continuamente toda causa de mal uso de recursos, lo que da como resultado un valor creciente de las actividades en los procesos de producción. Durante las últimas décadas, empresas industriales en todo el mundo han puesto en práctica sus principios, logrando importantes transformaciones logrando niveles sobresalientes de eficiencia operativa. El enfoque esbelto permite a las empresas posicionarse ante la competencia del mercado al incidir satisfactoriamente en su capacidad para ofrecer mejor calidad, en menos tiempo y con menor costo. La evidencia respecto a su adopción ha demostrado que la incorporación de sus principios fundamentales puede reportar significativas mejoras en términos de productividad, calidad, rentabilidad, calidad, en tiempo de respuesta, en la satisfacción del cliente, planeación, tiempo de entrega, reducción de inventarios, menos desperdicios, reducción de costos, diseño —de producto y proceso—, así como seguridad e higiene laboral. Ahora bien, a pesar de los beneficios ampliamente reconocidos; en paralelo, empresas de diversos sectores industriales y países han reportado dificultades con la puesta en uso del modelo (Almeida y Saurin, 2015). De hecho, la evidencia resulta contundente, al señalar que la efectividad de las iniciativas de adopción empleadas por la mayoría de las empresas es baja y que los resultados no son proporcionales al esfuerzo realizado, pues, al hacer una revisión de la literatura sobre el impacto de PE encontró que de 123 estudios, solo 8 mostraron resultados positivos, consideración realizada en base a estimaciones de la comunidad académica (Arlbjorn y Freytag 2013). Algunos de los obstáculos que se rescatan de la literatura son: la incapacidad de entender el modelo de forma holística, la incompleta o incorrecta comprensión del concepto esbelto, así como del propósito y “know-how²” de las prácticas, por lo que, algunas empresas terminan haciendo mal uso de estas. La revisión del estado del arte permite identificar dos grandes vacíos. Por una parte, el hecho de que existan múltiples definiciones, con tantos matices, planteadas bajo distintas perspectivas y con fines tan divergentes; se debe a que, al día de hoy, no hay consenso respecto a alguna definición que sea tomada como válida. Por tal motivo, el modelo carece de una estructura definida, un

²Conjunto de conocimientos, habilidades y experiencias adquiridas a lo largo de los años, que permiten obtener determinados resultados u operar bajo determinados parámetros. Como obstáculo hace referencia a la ausencia total o parcial de conocimientos y habilidades requeridos para la adopción.

procedimiento para su adopción, así como de indicadores que permitan evaluar su funcionamiento una vez puesto en marcha. Dicho de otra forma, —puesto que paradójicamente, si hay en la literatura cientos de propuestas respecto a nuevas definiciones, aplicaciones, un arreglo particular en cuanto a las prácticas que se utilizan o se observan, así como aplicaciones novedosas o singulares en un escenario determinado— no se cuenta con marco referencial que permita establecer un punto de partida, un estado deseado, o que al menos sea factible reconocer la presencia o ausencia de algún atributo, rasgo o característica determinada, del cual basarse al momento hacer mediciones, validaciones o comparaciones, etc., que sea aceptado y tomado por bueno, por al menos la mayoría. Por tal motivo, todo modelo de adopción sugerido en el pasado fue necesariamente sacado del contexto particular del que, y para el que fue creado, y en paralelo, influenciado e incluso regulado, por el contexto particular y específico de cada empresa. Escenario que, suele ser guiado y dirigido, por la personalidad de aquel responsable o encargado por la adopción del sistema.

En paralelo, deja por descubierto que dichos modelos —basados en la contingencia— han sido guiados por el juicio y sentido común de aquellos que dirigen las acciones. Resultando, por una parte, que existan aún dudas sobre su proclamada universalidad³ como sistema de producción, puesto que, la adopción a menudo se ha caracterizado por su irregularidad y variabilidad en cuanto a los resultados obtenidos entre las empresas adoptantes; imperando, en la mayoría de los casos, una adopción parcial o fragmentada, más que completa. De esta forma, su difusión se ha explicado frecuentemente, por el surgimiento de modelos híbrido-adaptativas⁴, —en mayor o menor medida— características funcionales de modelos de producción previos, como la producción en masa y/o la producción artesanal con prácticas y métodos de PE. Por otro lado, continúan también vigentes cuestionamientos en cuanto a la extensión del modelo fuera de Japón, contexto del qué y para el que fue creado, así como de su transferencia transversal a otras industrias; discusiones que al día de hoy no han sido

³ Womack et. al., (1990) afirman que la adopción del modelo es factible para cualquier empresa, métodos y principios que conforman el PE pueden ser adoptadas y utilizadas sin ningún problema por cualquier empresa que así lo desee, especialmente aquellas cuyas actividades se integren por procesos.

⁴ Híbridas al integrar aspectos o características del modelo en serie o artesanal con características del modelo esbelto- Adaptativas, porque resultan adaptaciones del modelo original, pues es común que no se adoptan ni todas, ni las mismas prácticas, por lo que cada empresa adapta o se adapta durante la adopción.

resueltas. De esta forma, la idea de una difusión desigual entre países e industrias y la evidencia de la adopción parcial de PE han llevado a numerosos académicos a disputar la coherencia teórica y técnica del modelo, así como sobre los beneficios y obstáculos tras su adopción. Aun cuando la PE, en términos generales, ha sido objeto de estudio por numerosos académicos, la ausencia de estudios que integren el análisis conjunto respecto al nivel de adopción, los beneficios y obstáculos acredita y resalta la contribución del presente estudio. Sin dejar de mencionar que, según expertos la adopción del modelo esbelto es considerado un prerequisite esencial en la transición hacia el nuevo tecno paradigma industrial; llamado Industria 4.0⁵, caracterizada por el uso de tecnologías digitales, de automatización, generación, procesamiento y transmisión de datos e información: 5G, Big Data, Internet de las Cosas, Cloud Computing —la Nube—, Cadena de Bloques —Blockchain—, Realidad Aumentada, Fabricación Aditiva (impresión 3D), Robótica Colaborativa, Biología Sintética, Simulación de Entornos Virtuales, etc.

Por este motivo, resultó pertinente la realización de un estudio de carácter empírico para explicar la relación entre el nivel de adopción de diversas prácticas y métodos de PE, los beneficios esperados por la adopción y los obstáculos asociados, en empresas industriales de los sectores automotriz, aeroespacial, eléctrico y médico; ubicadas en Hermosillo, Guaymas y Empalme.

La encuesta soporta la afirmación que la adopción y el uso sostenido de determinadas prácticas tiene un impacto positivo, el cual puede ser medido y que repercute favorable y directamente el desempeño de dichas organizaciones. Los resultados advierten que prácticas enfocadas a la satisfacción del cliente y a mejorar la productividad son de mayor relevancia. Los beneficios que otorga la adopción de prácticas esbeltas son el incremento de productividad y la reducción de costos. Así mismo, la resistencia al cambio, las rutinas de la compañía y la incapacidad para reconocer los beneficios son los principales obstáculos para la difusión del sistema de producción esbelta.

La PE ayuda a mejorar la competitividad de las empresas manufactureras de la región. Tiene la capacidad de impactar positivamente, permitiendo aumentar la eficiencia operacional, la

⁵Hace referencia a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo del sistema de fabricación caracterizado por aplicación de la tecnología digital, priorizando la automatización de los procesos, minimizando la participación humana.

calidad y la reducción de costo de dichas organizaciones. El resultado de estudio concluye que la adopción de PE ayuda a mejorar todos los procesos en general, lo que permite que las empresas localizadas en Sonora compitan con el resto de las organizaciones a nivel mundial. El estudio sugiere que la PE es una gran alternativa para toda empresa que desee mejorar cualquiera de sus procesos internos dentro de la industria.

La estructura de la tesis consta de la presente introducción y siete capítulos. En el segundo capítulo se realiza una revisión de los antecedentes y el proceso histórico y evolutivo de la industria manufacturera, para entender como el proceso histórico, el surgimiento y desarrollo del sistema de PE se inserta en el proceso histórico evolutivo de la Manufactura y como el origen de uno se da como parte de un proceso evolutivo, ante las nuevas necesidades de los mercado y de la industria que, en sus esfuerzos por satisfacer las necesidades de la época es que surge la PE, tomando atributos ya presentes en modelos que le precedieron, desechando los que no se requieren y e innovando en la justa medida ante lo necesario contexto local y regional con la finalidad de comprender como evoluciono, dando lugar al PE. En el segundo apartado del capítulo se describe el desarrollo histórico de la industria manufacturera local, sus transformaciones estructurales por la apertura comercial y sus implicaciones en el desarrollo regional. Por último, el capítulo culmina con la revisión histórica evolutiva de la industria manufacturera en Sonora, su desarrollo en relación a distintos fenómenos económicos, los primeros acercamientos con la PE y sus implicaciones en el desarrollo económico regional.

El tercer capítulo se integra por el análisis del marco de estudio de la adopción de prácticas de PE. De inicio, se reconocen los antecedentes al estudio del fenómeno de PE esbelta, La revisión inicia por la búsqueda de un consenso por una definición, después se revisan los trabajos que se han centrado en la medición del nivel de adopción; primero en el contexto internacional, seguido por el nacional y terminando en lo regional. Después, se analizan los estudios de los beneficios esperados por la adopción, y los obstáculos comúnmente asociados. Por último, se revisan estudios de adopción en relación con el desempeño y se identifican variables estudiadas, y métodos empleados en estudios previos.

El cuarto capítulo se realiza una profunda revisión de la teoría del Sistema de Producción Esbelta, con el objeto de construir de un modelo teórico-conceptual para el abordaje del fenómeno de estudio. Este modelo comprende tres conceptos clave: nivel de adopción,

beneficios esperados y obstáculos asociados. El capítulo inicia con el desarrollo de los fundamentos del sistema: las 3M de Toyota y “el Toyota Way”. Posteriormente describe los 8 tipos Desperdicios, el pensamiento esbelto o “Lean Thinking”. En la última parte se describen las 4 metodologías, filosofías o sistemas fundamentales del modelo esbelto: JIT, Jidoka, el Mantenimiento Productivo Total (TPM) (Total Productive Maintenance) y el Kaizen —Mejora Continua— seguido por la descripción de todas y cada una de las prácticas que componen el modelo.

En el quinto capítulo, se realiza análisis macroeconómico de las industrias de interés para el estudio, con la finalidad de comprender las implicaciones de su presencia en el desarrollo económico de la región. Se analizan las características particulares de cada industria, así como las localidades donde se ubican y las implicaciones de su presencia para el progreso productivo nacional y el desarrollo económico regional.

En el sexto capítulo se describe la metodología y el diseño de la investigación. De esta manera describimos las estrategias, etapas de la investigación, la ficha técnica, el diseño del cuestionario, la descripción del trabajo de campo y el proceso analítico, mismo que contemplo: análisis correlacional multivariada y regresión múltiple. Por un lado, se llevó a cabo análisis de regresión para validar la validez y fiabilidad de la estructura y asociación entre indicadores en cada variable latente y por el otro, las hipótesis H1 a H4 se examinaron con regresión lineal múltiple, útil para verificar o modelar la relación entre múltiples variables.

En el séptimo capítulo, se presentan los resultados y su discusión. El capítulo inicia con una caracterización y descripción de la muestra. Posteriormente analizamos las respuestas de los participantes, mediante un análisis estadístico convencional y prueba de hipótesis. Se determina el nivel de adopción, los beneficios y obstáculos. Posteriormente mediante el Modelo de Ecuaciones Estructurales se revisan fiabilidad y validez de las medidas y se estiman las correlaciones de las variables latentes tanto de primer como de segundo grado, para por último comprobar las hipótesis.

Por último, en el octavo capítulo, se presentan las conclusiones donde se reportan los hallazgos. El capítulo incluye conclusiones teóricas y empíricas, Asimismo, se desarrollan las limitaciones y áreas de oportunidad para investigaciones futuras.

1.1. Problematización

Aunque, existe evidencia suficiente para afirmar que la adopción de PE ha sido objeto de una creciente atención, tanto para académicos como para profesionistas. Resulta pertinente considerar el hecho que, la investigación sobre la adopción de PE en la industria local es limitada y escasa. La literatura existente proviene, predominantemente, de la industria automotriz y, en su mayoría corresponde a estudios realizados en la década de 1990. De igual manera, tanto los beneficios, como los obstáculos son temas que no han sido abordadas a profundidad en el contexto local, a pesar de las numerosas evidencias anecdóticas y empíricas, son mínimos las investigaciones realizadas sobre esta cuestión en el contexto de las empresas ubicadas en Sonora, especialmente en sectores emergentes como el aeroespacial y el de dispositivos médicos. De manera similar, la investigación en cuanto a los beneficios, como los obstáculos asociados es limitada en el contexto local. De modo que, tales condiciones se convierten en una necesidad de investigación. Más aun, el hecho de que todavía existan cuestionamientos sobre su pretendida “universalidad” como sistema de producción, hacen de tales aspectos una necesidad de investigación, en relación con la adopción de las técnicas de PE en empresas industriales ubicadas en Sonora, dibujando así una pregunta fundamental ¿Cuál es el grado o la medida en que las prácticas de PE han sido adoptadas por empresas locales? ¿En qué medida son actualmente utilizadas las prácticas de PE por empresas locales? ¿Cuál es el nivel de adopción actual de las prácticas y métodos de PE en empresas locales? A su vez, dado que los resultados en relación con la difusión del modelo se han caracterizado a menudo, por su divergencia, ya que la mayoría de las veces su adopción es parcial o incompleta, y que no siempre se adopta el conjunto completo de métodos nos lleva a cuestionarnos ¿Cuáles son las prácticas que han sido adoptadas? ¿Cuáles prácticas no han sido adoptadas? En paralelo, continúan vigentes cuestionamientos sobre su grado de extensión fuera de Japón, así como de los beneficios que se obtienen en la transferencia transversal del modelo a otras industrias: discusión que hoy en día no ha sido resuelta y nos lleva a la pregunta ¿Cuáles son los beneficios que se obtienen por la adopción? Además, la idea de una difusión desigual entre países e industrias y la evidencia de la adopción y aplicación parcial de los métodos y prácticas esbeltas hace preguntarnos ¿Existen

diferencias significativas, en cuanto al nivel de adopción, prácticas adoptadas, beneficios u obstáculos asociados respecto a empresas de distintos giros industriales?, tras la evidencia de adopciones parciales diversas, hecho que ha llevado a numerosos académicos a disputar la coherencia técnica del modelo, así como sobre sus beneficios esperados y obstáculos asociados a su adopción genera algunas preguntas ¿Cuáles son los principales beneficios esperados por la adopción? y, en el mismo sentido ¿Cuáles son los principales obstáculos asociados a la adopción de prácticas y métodos de PE? y, por último, como pregunta central de investigación ¿Cuál es la relación entre el nivel de adopción, los beneficios esperados y los obstáculos asociados a la adopción de prácticas de PE?

1.2. Justificación

El desarrollo económico regional ha venido apoyándose en sectores industriales, que por su actual dinamismo, contenido tecnológico y oportunidades de crecimiento resultan estratégicos para el desarrollo regional. El sector industrial de Sonora se compone por cerca de 400 empresas que, no solo son fuente del desarrollo económico regional, pues según cifras del INEGI representan más del 22% del PIB estatal en 2020; sino que, además, fomentan una cultura de innovación en la sociedad al ser fuente de empleo para más de 180 mil personas. Dentro del sector se destacan actividades estratégicas como la automotriz, aeroespacial, eléctrico-electrónico y equipo médico, que en suma representan el 54% del total de las exportaciones del estado, a destinos como: Estados Unidos, Japón, Canadá, Países Bajos, China, Corea, Bélgica, Alemania, entre otros. En la actualidad, no se cuenta con un estudio específico que permita determinar del grado en que se aplican las distintas prácticas de PE al interior de las empresas del sector industrial. En este sentido, se hace necesario determinar el grado de difusión de diversas prácticas de PE en empresas manufactureras ubicada en Sonora, a partir del análisis particular de la Industria Manufacturera, Maquiladora y de Servicio de Exportación (IMMEX) en el contexto territorial de las ciudades Hermosillo, Guaymas y Empalme. Es necesario conocer la situación actual de las empresas ya establecidas en la región, en cuanto al nivel de adopción de PE e identificar si los recursos con los que se cuenta

actualmente, en cuanto a procesos de gestión y/o prácticas productivas, les permiten competir a la par con empresas globales alrededor del mundo. Además el presente estudio pretende complementar y apoyar el escaso cuerpo de conocimientos sobre el ámbito poco investigado. En este sentido, la presente tesis contribuye a la literatura sobre la adopción de PE, revelando las prácticas que se aplican actualmente en la región, los beneficios obtenidos por la adopción, así como los obstáculos asociados. Más concretamente, este estudio se lleva a cabo para aclarar las preguntas mencionadas, que se formularon fundamentalmente para propagar el propósito de la investigación.

1.3. Objetivos

La presente tesis tiene como objetivo general explicar la relación entre el nivel de adopción de prácticas de Producción Esbelta, los beneficios esperados y los obstáculos asociados a la adopción, en empresas industriales de los sectores automotriz, aeroespacial, eléctrico y médico; ubicadas en Hermosillo, Guaymas y Empalme

Para la obtención del objetivo general se desprenden una serie de objetivos específicos los cuales son:

1. Determinar el nivel de adopción de diversas prácticas de PE en empresas maquiladoras ubicadas en Hermosillo, Guaymas y Empalme, desde la percepción de los participantes en el estudio.
2. Identificar las prácticas y métodos de PE que han sido adoptadas, así como las que no han sido adoptadas, desde la percepción de los participantes en el estudio;
3. Identificar los principales beneficios esperados por la adopción de prácticas y métodos de PE, desde la percepción de los participantes en el estudio.
4. Identificar los obstáculos asociados más significativos relacionados a la adopción de prácticas y métodos de PE, desde la percepción de los participantes en el estudio.

1.4. Hipótesis

Como hipótesis de investigación se plantea que los obstáculos asociados a la adopción de prácticas de Producción Esbelta moderan la relación positiva entre el nivel de adopción y los beneficios esperados, de manera que la relación se hace más fuerte a medida que los obstáculos asociados disminuyen.

2. LOS ANTECEDENTES: EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA, DESARROLLO DEL CONCEPTO ESBELTO Y SUS IMPLICACIONES EN EL DESARROLLO PRODUCTIVO REGIONAL

En términos generales la Producción Esbelta (PE) encuentra su origen a principios del siglo XX en Estados Unidos, donde Frederick W. Taylor y Henry Ford, creadores de las primeras líneas de producción industrial, desarrollaron un conjunto de prácticas para optimizar los procesos de fabricación. Posteriormente, los esfuerzos de Taylor y Ford serían llevados al siguiente nivel, en cuanto a excelencia y sofisticación paradigmáticas, por los ingenieros de la empresa Toyota durante la segunda mitad del siglo XX. Lo que hicieron en Toyota fue una síntesis de todas aquellas “mejores prácticas”, desarrolladas desde la aparición de las primeras fábricas industriales, creando un modelo de producción que, basado en la eficiencia y la optimización fue considerado como: el mejor, más rápido y más eficiente modelo de producción jamás creado (Womack *et al.*, 1990). A este respecto, con el objeto de observar de manera más amplia el origen y desarrollo de PE, en el presente capítulo se aborda, desde una perspectiva histórica-evolutiva, el desarrollo de la industria automotriz, misma que por casi todo el siglo pasado fue punta de lanza en la generación de innovaciones. La primera parte del capítulo describe la evolución de la manufactura, partiendo de las primeras formas de producción de bienes: la producción artesanal, seguida por el modelo de producción en masa, y por último, los sistemas de producción flexibles. Después, se revisa el origen del concepto esbelto, su difusión y transferencia a diversos sectores económicos, así como sus implicaciones en el ámbito académico. Para finalizar, el capítulo termina describiendo la manera en que ambos fenómenos —el desarrollo industrial y la difusión de PE— tuvieron lugar en el contexto regional. A partir del surgimiento y desarrollo de la actividad industrial en Sonora, en relación a distintos fenómenos económicos, de índole global, ocurridos durante el último par de décadas del siglo pasado y que, dieron paso a los primeros acercamientos a la adopción del modelo de producción japonés.

2.1. Albores del Sistema de Producción Esbelta

De entrada, hoy en día, varios temas alrededor del concepto esbelto siguen en el centro del debate. No obstante, en donde la mayoría de los autores están de acuerdo es que, los métodos, prácticas y conceptos que integran la PE son de origen japonés y su desarrollo empieza al término de la Segunda Guerra Mundial (SGM), cuando en la empresa fabricante de automóviles Toyota se dieron cuenta que, si querían competir con grandes empresas de Estados Unidos como, Ford y General Motors; no podían permitirse la enorme inversión que significaba imitar el Modelo de Producción en Serie (MPS), el cual desde principios del siglo XX venía marcando la pauta a nivel mundial. Por tal motivo, bajo la dirección del ingeniero industrial Tachi Ohno, fue que la compañía Toyota, desarrollo un modelo de producción basado en la participación proactiva de todo el personal y en la mejora constante de las actividades. En este sentido, la funcionalidad del modelo se sostiene por un par de premisas fundamentales, primero, evitar todo tipo de despilfarro y, segundo, la continua búsqueda de la perfección (Ohno, 2018). De esta forma es que surge el Sistema de Producción Toyota (TPS) (Toyota Production System). No obstante, el verdadero fundamento, no solo del TPS, sino de todos los modelos de producción, incluidos los que le anteceden, radica en el cumulo de pequeñas innovaciones desarrolladas a lo largo del tiempo. Para un mejor entendimiento de este planteamiento, revisemos los antecedentes a la creación del modelo esbelto, para posteriormente abordar más a detalle las características del mismo. En este sentido se hace necesario una revisión histórica-evolutiva de los sistemas de producción y dentro de la industria manufacturera.

2.2. Las Primeras Formas de Producción Artesanal

En la edad media, durante la ilustración, la elaboración de bienes se realizaba a través del sistema doméstico⁶. Se producía solamente para propio consumo y de haber un excedente se

⁶Era una industria de carácter rural que conjugaba el trabajo agrícola con la manufactura casera de

destinaba al trueque entre miembros de la misma comunidad. Posteriormente, surge el sistema domiciliario⁷; en el que intermediario/productor hace la entrega de materias prima, principalmente para la producción de textiles, a familias rurales que eran contratadas a destajo. El constante ir y venir de mercancías y productos hizo necesaria la creación de los primeros métodos de control de producción y materiales. Durante los siglos XIV al XVIII, la actividad productiva evolucionó de manera gradual. Para mediados del siglo XVIII el sistema de producción artesanal era la forma en que se fabricaban la mayoría de los bienes de consumo en Europa. El método artesanal fabrica un artículo a la vez y el artesano maestro está a cargo de prácticamente todas las actividades. La mayor parte del trabajo se realiza de forma manual, con la ayuda de alguna herramienta y/o máquina simple. Dado que no hay división del trabajo, el artesano es dueño de todo el conocimiento generado y obtiene grandes beneficios al vender directamente a los consumidores. Sin embargo, la aparición de la fábrica, el desarrollo de maquinaria y métodos de producción hizo imposible para los artesanos competir e Incluso algunos artesanos tuvieron que convertirse en trabajadores asalariados para sobrevivir, a partir de entonces la mano de obra es controlada por el capitalista industrial (Hofer y Naeve, 2017).

2.2.1. La Primera Revolución Industrial (1750 – 1840)

Representa un período histórico de transformaciones profundas. Tiene sus orígenes en el Reino Unido⁸ a mediados del siglo XVIII. Se caracterizó por un cambio en los instrumentos

textiles. Se desarrolló al margen de las reglamentaciones gremiales, por tanto, no se desarrollaba en fábricas.

⁷Ambos sistemas suelen confundirse, pues ambos se realizan en el hogar. No obstante, la diferencia radica en la propiedad tecnológica: mientras que en el sistema domiciliario la herramienta e instrumentos —por tanto, el conocimiento técnico— es propiedad de las familias, en el sistema doméstico el productor es propietario tanto de la materia prima como de las herramientas y prácticas necesarias para la transformación de esta. Por tal motivo, el sistema domiciliario operaba en contraposición al sistema de producción artesanal, que, en ese punto, no había desplegado aun, el conocimiento técnico que mostraría años más tarde.

⁸En el Reino Unido concurrían factores que permitieron tal desarrollo económico/industrial.

Disponía de capital para invertir en la creación de industrias, resultado de su expansión colonial
Contar con una red de vías fluviales que facilitaban el movimiento de mercancías al interior de su

de trabajo, pasando del trabajo manual/artesanal al uso de máquinas. Una de las innovaciones tecnológicas más importantes de ese periodo fue la máquina de vapor, facilitando el movimiento de gente y mercancías, por lo que un gran número de personas se trasladan del campo a las nuevas fábricas industriales que, al concentrar los factores de producción en un mismo lugar, pretendían la fabricación de bienes de consumo a una escala sin precedentes. Lo anterior resultó en una transformación profunda en los métodos y procedimientos laborales. Mediante una dirección centralizada se intensifica la división del trabajo, la mecanización, la inversión de capitales y los métodos de control sobre los obreros (Alvarado, Yáñez y Moreno, 2018).

2.2.2. La Segunda Revolución Industrial (1880 - 1914)

Se destaca por el desarrollo de la industria eléctrica, la petrolera y del acero. En este sentido la electricidad sustituye al vapor como fuente de energía, el acero sustituye al hierro, y con el petróleo da inicio la industria automotriz, y con ello la producción en masa. En esta segunda fase de industrialización se caracteriza por el aumento desmedido de la mano de obra disponible, hecho que se ve reflejado en la forma en que la producción se organizaba por inercias sustentadas en la experiencia de los trabajadores y directivos, lo que provoca infinidad de desperdicios de recursos y tiempos improductivos. Por otro lado, tal fue el grado alcanzado en cuanto a la división del trabajo y la especialización, que hubo la necesidad de contar con nuevos sistemas de gestión.

territorio.

Tenía una importante fuerza naval debido a su expansión comercial. Mantenía una red comercial internacional de materias primas y mercados a los que exportar sus productos. Se consolidó una mentalidad burguesa empresarial que busca el máximo beneficio.

2.2.3. El Taylorismo: La Administración Científica

El Taylorismo es un término derivado de los trabajos de Frederick Taylor: “Principios de Administración Científica” (1911), quien, basado en un estudio de tiempos y movimientos, pretendió el aumento de la productividad al eliminar la variabilidad de la mano de obra, al minimizar movimientos inútiles. Taylor elaboró un sistema de organización racional del trabajo. Por medio de la aplicación de métodos científicos —de orientación positivista y mecanicista— al estudio de la interacción entre el obrero y las prácticas de producción industrial de la época. La finalidad que perseguía Taylor era proporcionar un fundamento científico, que, basado en la observación de los procesos y la medición y análisis de estos; le permitiera determinar la mejor manera de ejecutar los trabajos. Una vez determinados los métodos, serían estandarizados. Con ello pretendía terminar con el empirismo e improvisación que predominaba por aquella época. De esta forma Taylor concibe las bases teóricas de la cadena de montaje, una forma de organización de la producción en masa, donde a cada empleado se le asigna una etapa específica del proceso. Aunque la idea teórica nace con Taylor ésta no se vuelve realidad, hasta años después, cuando es aplicada con gran éxito por Henry Ford, para la fabricación de automóviles.

2.3. Fordismo: El Auge de la Producción en Masa

Las aspiraciones de Henry Ford eran que el automóvil se convirtiese en un bien de consumo generalizado, por lo que diseñó un automóvil que fuera fácil de producir y sencillo de reparar. Basado en los trabajos de Taylor, Ford desarrolló la cadena de montaje, permitiéndole reducir significativamente el tiempo total de producción, pues los obreros dejaron de desplazarse de un lugar a otro dentro de la fábrica, haciendo que el trabajo se volviera más especializado. De esta forma, logró que actividades complejas se simplificaran; dividiéndolas en una sucesión de tareas mecánicas y repetitivas; realizables por cualquier obrero, por lo que cualquier cualificación técnica o artesanal deja de tener valor. Así, la naciente industria pudo

aprovechar mejor la mano de obra. En paralelo, la alta dirección de la empresa adquiere control total sobre el ritmo de trabajo, regulado ahora por la velocidad que se imprimía a la cadena de montaje. Este aspecto marca una diferencia fundamental respecto al modelo de producción artesanal en el que, el obrero desempeñaba un papel activo y creador en el trabajo; pasando a ser una pieza más del enorme complejo industrial. Los elementos centrales del Fordismo son: aumento de la división del trabajo, severo control de tiempos productivos del obrero, reducción de costos y circulación de mercancías, aumento en el poder adquisitivo de obreros, acuerdos entre sindicatos, los dueños del capital y claro está, la producción en serie (Womack y Jones, 2015).

El consumo observado durante el Fordismo requiere crear continuamente “nuevas necesidades”. Este proceso conduce a una diversificación enorme de la producción, de modo que se debe garantizar una infinidad de variaciones sobre un mismo producto, creando así la ilusión de estar consumiendo bienes nuevos todo el tiempo. De esta forma, para fines de 1960 el modelo empezó a mostrar signos de agotamiento. En los años los mercados exigen más variedad y mayor calidad en los productos; la productividad había disminuido y el capital fijo per cápita empezó a crecer; lo que ocasionó una baja en los niveles de rentabilidad. La palabra clave es ahora flexibilidad. Las innovaciones que incorpora el Toyotismo encuentran algunas salidas a la inflexibilidad de la estructura burocrática de la producción en masa.

2.4. Toyotismo: Sistemas de Producción Flexibles

A final de la década de los cuarenta, los japoneses atravesaban grandes dificultades, su industria y economía se encontraba en un periodo de crisis postguerra y para poder salir adelante era necesario adecuarse a un nuevo sistema productivo que no sólo funcionase con el mínimo de recursos —dadas las condiciones de máxima austeridad postguerra—, sino que les permitiera, al menos, equiparar la productividad de sus competidores occidentales. Que para ese tiempo específico —década de los cincuenta del siglo pasado— un obrero alemán producía tres veces más que un japonés y un norteamericano tres veces más que el alemán, por lo tanto, los norteamericanos producían aproximadamente nueve veces más que los

japoneses; en promedio se necesitaban nueve japoneses para hacer el trabajo de un norteamericano (Ohno, 2019). Sumado a esto, es necesario observar que la producción nipona atendía la demanda nacional, la cual en ese momento era mínima y diversificada. Es decir, aun cuando estaban decididos a usar los métodos de Ford, —producción en serie— con el fin de obtener productos calidad a bajos costos y mínimos tiempos de entrega no contaban con la demanda necesaria para mantener la línea de producción estable. Al contrario, tenían que producir unos cuantos autos de distintos modelos y con el mínimo de recursos —pues no podían darse el lujo de desperdiciar— y además hacerlo de la manera más eficiente. Lo cual iba en contra al paradigma de producción de aquellos días. En definitiva, la industria automotriz japonesa se enfrentaba a todo un reto. El reto consistía en lograr productividad sin utilizar las economías de escala. Por tal motivo y para sorpresa de algunos, Toyota, fue capaz de crear un modelo de producción, acorde a las particulares exigencias del contexto; el Sistema de Producción Toyota (TPS) (Toyota Production System). El objetivo del TPS era claro: mejorar paulatinamente los procesos de manufactura, hasta alcanzar la productividad de Ford. Lo cual, sería posible, desarrollando altos grados de flexibilidad⁹. Además, Ohno concluyo que la base para lograr la eficacia radicaba en la eliminación absoluta de desperdicios. Así, el modelo Toyota introdujo una nueva conceptualización en resonancia con la realidad japonesa. Enfocándose no en la producción de gran volumen, sino de pequeños lotes, no en la estandarización y la uniformidad del producto sino en su diferencia, su variedad. Resulta importante destacar que, el TPS fue creado a partir de la particular exigencia de producir bajo volumen dentro de una gran mezcla o variedad de productos, por tanto, por tanto, es fundamentalmente competitivo en diversificación y flexibilidad. La principal aportación del sistema Toyota está dada por la forma de gestionar el trabajo con la finalidad de producir a bajo costos y volúmenes limitados de productos diferenciados. Mientras que en Ford el mecanismo por el que se reducción de costos consistía en producir grandes volúmenes de muy pocos modelos en Toyota se fabricaba a un buen precio pequeños volúmenes de modelos diferentes. La racionalización

⁹Flexibilidad entendida como la capacidad de pasar de un estado operativo a otro en poco tiempo y con el mínimo de costo, así como de reaccionar ante cambios en la demanda: en cantidades y/o en la mezcla de productos, así como a rediseños e introducción de nuevos productos y, en particular, Desde la perspectiva de la administración de operaciones, la flexibilidad es un determinante del desempeño y responde ante cambios.

del proceso de trabajo implicó el uso del principio de mínimos, que aduce a la reducción de existencias, materiales, equipos, espacios y trabajadores y se complementó con el principio de flexibilidad, mismo que se sustenta en la flexibilidad del trabajo, en la asignación de las operaciones de fabricación para lograr un flujo continuo y atención pronta a la demanda. Lo anterior resultó un nuevo tipo de fábrica; “la fábrica esbelta”, donde los pilares que sostienen el modelo son el sistema Justo-a-tiempo y la autonomización, automatización de procesos con un toque humano.

2.5. El Sistema de Producción Toyota

Desde sus inicios, el principal objetivo del TPS ha sido mejorar la productividad a través de una incansable y sistemática reducción de costos, lo cual es posible: por un lado, categorizando y eliminando todo tipo de desperdicio, y por el otro, enfocándose en satisfacer las necesidades del cliente.

Cuadro 1. Características de la empresa rígida y la empresa flexible

Empresa Rígida (Fordista)	Empresa Flexible (Toyotista)
Opera según el principio de "vender lo que se produce".	Opera según el principio de "producir solo lo que se va a vender".
Esfuerzo centrado en producir más.	Esfuerzo centrado en satisfacer al cliente.
Producción orientada hacia la elaboración de grandes lotes y por proceso.	Producción se orientada hacia pequeños lotes con base en la flexibilidad de los procesos.
Se privilegian altos niveles de inventarios	Se busca reducir al mínimo los inventarios.
La comunicación con clientes y proveedores es muy débil.	Se induce el encadenamiento con clientes y proveedores.
La calidad se asegura por medio de inspección al final de proceso, la calidad es responsabilidad del inspector de calidad y/o área de calidad.	La calidad total se concibe como una filosofía de trabajo a lo largo y ancho de la empresa la calidad es responsabilidad de todos.

Fuente: Ohno, 2019

El TPS se compone por un conjunto de prácticas y métodos de gestión del trabajo enfocado a la optimización de procesos fabriles, los cuales se fundamentan en dos grandes conceptos; los “pilares del sistema”. Por un lado, el sistema Justo a Tiempo (JIT) (Just-in-Time) creado para la organización de la producción con el objeto de fabricar y operar únicamente con justo la cantidad necesaria de recursos, en el momento y lugar justo. El segundo pilar del sistema es Jidoka¹⁰, el cual basado en autocontroles automatizados, permite que los procesos se autorregulen; al detectar y alertar en caso de existir cualquier defecto en el producto o error en el proceso. A lo anterior, se suma un enfoque cultural, enmarcado en “The Toyota Way¹¹”, el cual prioriza la filosofía Kaizen¹² involucrando a todo el personal. Kaizen, por su parte, permite las empresas mantenerse competitivas al promover la Mejora Continua. Además, el Mantenimiento Productivo Total (TPM) (Total Productive Maintenance) resulta una metodología preventiva muy útil, pues elimina potenciales ineficiencias causadas por el mantenimiento y reparación de máquinas y herramientas. Su tarea es la de prever fallas en los procesos, eliminando así paros inesperados, productos de mala calidad y accidentes de trabajo.

2.6. Origen Histórico y Evolución del Concepto Esbelto

La génesis del concepto esbelto se remonta a 1988 cuando un grupo de investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) (Massachusetts Institute of Technology) trabajaban en el Programa Internacional de Vehículos Motorizados¹³, y emplearon por

¹⁰Jidoka es una metodología japonesa que se podría traducir como Autonomización (autónomo y automático) de los defectos o Automatización con enfoque humano.

¹¹ The Toyota Way está basado en los principios rectores de la marca y ayuda a construir el tipo de empresa que Toyota quiere ser. Aglutina la forma de ser y comportarse de la compañía. Define los valores fundamentales y los métodos de negocio que la familia Toyota debe aplicar en todos los aspectos de su trabajo, en el día a día, en todos los niveles de la empresa, en todo el mundo.

¹² Kaizen es una palabra japonesa que significa “cambio a mejor”. En el lenguaje esbelto se refiere a un sistema de Mejora Continua en el que, la suma de pequeñas, pero constantes mejoras, acumulan tras de sí grandes beneficios a largo plazo.

¹³ El Programa de Innovación de Vehículos Motorizados (PVMI) es el consorcio de investigación internacional más grande, antiguo e influyente de la industria automotriz. Desde 1979, más de 50 académicos; expertos en administración, científicos sociales e ingenieros han llevado a cabo

primera vez el término como para referirse de forma genérica al TPS, sin mencionar a la empresa Toyota. Sin embargo, fue hasta su difusión a través de la publicación del exitoso libro: “La máquina que cambió el mundo” (Womack, Jones y Ross, 1990) que, el término Producción Esbelta se popularizó, haciendo que el uso de expresiones que venían siendo utilizadas con el mismo propósito —referir al TPS, sin mencionar a Toyota— se abandonara¹⁴.

Sin lugar a duda, desde su introducción a occidente el concepto esbelto ha sido un fenómeno de interés tanto para profesionistas, como para académicos. Para los primeros, por la resignificación ocurrida, resultado del cumulo de conocimiento generado, concretamente en temas de organización del trabajo. En la academia, el concepto ha venido evolucionando de 1988 como un “concepto vivo” (Gil-Vilda *et al.*, 2021) y ha sido el germen de un sinnúmero de publicaciones con aplicaciones en diversos ámbitos, dando lugar a diversas expresiones; que si bien, por un lado, terminan por hacer más difícil la compleja tarea del armado del rompecabezas conceptual que gira en torno al término esbelto, por otro, evidencia la diversidad de aplicaciones que el concepto ha adquirido. Concretamente, durante sus primeros años el concepto se mantuvo dentro de los límites de su campo original: la administración de operaciones, como modelo de producción bajo términos como: “Producción Esbelta” (Lean Production) y “Manufactura esbelta” (Lean Manufacturing). Los primeros trabajos de investigación se centraron en apoyar o cuestionar el modelo, al mismo tiempo que se describían las primeras experiencias en la adopción y los límites de esta práctica (Cusumano, 1994). Posteriormente, algunos autores intentaron actualizar un nivel más conceptual mediante la introducción de los términos como "Gestión Esbelta" (Lean Managment), "Empresa Esbelta" (Lean Enterprise) y "Pensamiento Esbelto" (Lean Thinking) (Womack y Jones, 1996). Esto abrió la puerta al uso del término en contextos no manufactureros, como el sector de servicios. En paralelo, se dan los primeros intentos de aplicar el concepto a diferentes contextos productivos y surgen términos como “Construcción Esbelta” (Lean Construction), así como a otros fuera de la producción pura “Logística

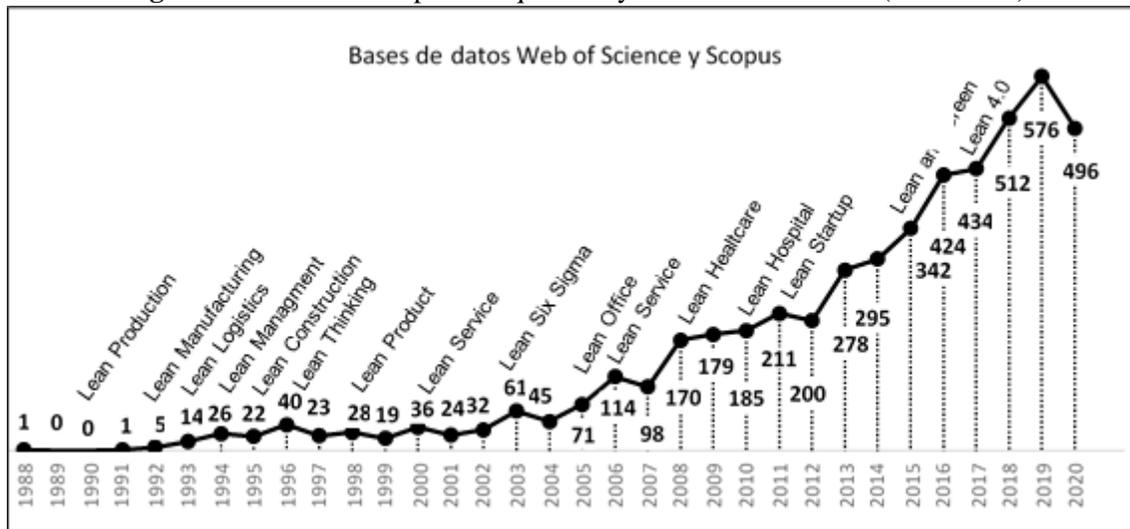
investigaciones interdisciplinarias en más de 25 universidades en seis continentes.

¹⁴ Expresiones como: Prácticas Japonesas, Producción Sin Inventarios, Producción Justo a Tiempo, Producción con Valor Añadido, Producción de Mejora eran utilizadas previo a la aparición de "Lean, como una forma de referir al Sistema de Producción Toyota. El término Justo a Tiempo es el único que todavía es utilizado en la literatura sobre la cadena de suministro.

Esbelta” (Lean Logistic), “Cadena de Suministros Esbelta” (Lean Supply Chain) o combinándolo con temas complementarios “Verde y Esbelto” (Lean and Green), “Producto Esbelto” (Lean Product) o, “Seis Sigma Esbelto” (Lean Six Sigma). Al mismo tiempo, la fragmentación del sistema en sus herramientas creció con libros como “Lean Toolbox” (Bicheno, y Holweg, 2000). Sin embargo, no fue hasta 2005 que el concepto esbelto abrió su alcance al sector de servicios, principalmente bajo el paraguas de lean six sigma, “Oficina Esbelta” (Lean Office), “Salud/Hospital Esbelto” (Lean healthcare/hospital) y, recientemente, “Startup Esbelto” (Lean Startup). Finalmente, en 2017, surge “Esbelto 4.0” (Lean 4.0) como una combinación sinérgica entre la PE y el nuevo tecno paradigma Industrial. Por el momento, se centra únicamente en el campo de la fabricación. El término ha sido considerado como un concepto de gestión que permite a las empresas mantenerse competitivas mediante la eliminación de desperdicios de sus procesos, y ha sido adoptado plenamente por académicos de la gestión de operaciones. Con base en un análisis de bibliométrico realizado por Gil-Vilda, Yagüe-Fabra y Sunyer (2021) se puede afirmar que el interés de investigación en este tema ha crecido exponencialmente desde 1988, ya que el número de artículos publicados ha venido en ascenso desde que empieza su difusión masiva en 1990. En la figura 1 se observa también el surgimiento de diversos conceptos relacionados con el concepto esbelto. De acuerdo a Gil-Vilda *et al.*, (2021) la evolución del concepto esbelto puede atribuirse a los siguientes mecanismos que, en su mayoría se combinaron entre sí a lo largo del tiempo:

- Expansión: extender el concepto en el campo de las operaciones.
- Transferencia: aplicar el concepto más allá del ámbito de la producción.
- Direccionando: enfocar el concepto en un sector en particular.
- Combinación: fusión del concepto con otros conceptos.

Figura 1. Publicaciones por año que incluyen “lean” en el título (1988-2020)



Fuente: Gil-Vilda *et al.*, (2021)

2.6.1. Difusión del Modelo de Producción Esbelta

La difusión de PE se da por la publicación de “La máquina que cambio el mundo” (Womack, Jones y Roos, 2017). En el libro, los autores contrastan dos modelos de producción fundamentalmente divergentes; dos formas distintas de gestión laboral para la creación de valor¹⁵. Por un lado, el Sistema de Producción en Masa, creado inicialmente por la General Motors a principios de 1920, llevado a su máxima expresión por Henry Ford, el cual terminaría siendo imitado por empresas de todo el mundo para finales del siglo XX. Por otro lado, el TPS desarrollado durante los 40 años posteriores a la Segunda Guerra Mundial. De ahí que, sobre todo al inicio, la PE fue entendido como la antítesis del modelo de Fordista, para pronto ser considerado, de forma unánime, como una práctica beneficiosa y el germen de un sin número de investigaciones aplicadas en diversos ámbitos, en las que se ha explorado la aplicación de las prácticas esbeltas; con algunos casos de éxito evidenciados en la literatura. En este sentido, la gran cantidad de artículos relacionados entre sí, convergen al

¹⁵Dentro del lenguaje esbelto el concepto de “valor” va más allá de los atributos físicos del producto o servicio. Refiere a aquellas que son importantes para el cliente, por las cuales está dispuesto a pagar y por las que le es fiel a la marca.

describir la base de sus principios y constituyen un discurso que ha logrado un significativo poder de permanencia; convirtiéndose, sin lugar duda, en una de las referencias más citadas en la literatura de Gestión de Operaciones. Apoyado en otros discursos importantes, como: Justo a tiempo, Calidad Total, Six Sigma, entre otros; constituye un cuerpo de conocimiento claramente delineado que legitima y normaliza el uso de prácticas institucionalizadas ampliamente compartidas (Gil-Vilda *et al.*, 2021). Para lograr tal dominio, las acciones localizadas de un fabricante de automóviles japonés —Toyota— fueron sacadas de su contexto y transformadas a “principios universales”. El PE, originalmente creado por y para la industria automotriz, se ha venido utilizando ampliamente por la adaptación de sus principios, por lo que su aplicación se ha extendido a diversos sectores socioeconómicos. La evidencia indica que empresas de todo el mundo han apostado por la adopción de la metodología esbelta en sus esfuerzos por mantenerse competitivas. En 2018, una red de consultorías de gestión llevó a cabo una encuesta sobre la adopción en Europa (ACE, 2018). Del total de empresas encuestadas, el 57% afirmó utilizar prácticas esbeltas; mientras que el 20% planeaban hacerlo en el futuro. En 2017, la revista *Industry Week*, informó que la aplicación del modelo en Estados Unidos había aumentado de 36% en 2015 a 70% en 2017 (2017). Más aun, el libro: “Lean Thinking...” había vendido más de 300,000 ejemplares en 2003 y se había traducido a nueve idiomas (Womack y Jones 2003).

2.7. Desarrollo de la Industria Manufacturera en México

En sus inicios las primeras maquiladoras se ubicaron en la zona centro del país, en el Estado de México y ciudad de México como simples plantas de ensamblaje basadas en uso intensivo de mano de obra barata. Por su parte, la maquiladora de exportación (IMMEX) surge en 1965 como proyecto alternativo ante una situación grave de desempleo en la frontera norte, debido a la terminación del programa bracero¹⁶. La idea era ensamblar —a bajo costo— los insumos

¹⁶ El Mexican Farm Labor Program mejor conocido como programa bracero, surge por la demanda de mano de obra durante la Segunda Guerra Mundial, para cultivar y cosechar campos agrícolas en la región de Stockton, California. Permitió el cruce de unos 4.5 millones de trabajadores provenientes de México a los Estados Unidos de 1942 a 1964.

importados, principalmente de Estados Unidos, para posteriormente devolverlos libre de impuestos, cobrando solo por la mano de obra. Con el paso del tiempo, las filiales ubicadas en territorio nacional llegaron a coordinarse con sus empresas matrices del vecino del norte, y mediante la institucionalización de mejoras operativas lograron desarrollar y dar forma a la estructura operativa, haciendo que, lo que en su origen formaba parte de una estrategia temporal, paso a ser una pieza fundamental de la política industrial, adquiriendo una importancia enorme para la economía mexicana y para el desarrollo industrial nacional (Carrillo y Zárate, 2009).

Durante las décadas de 1960 y 1970 las maquiladoras operaron, basadas en mano de obra barata, con escaso valor añadido y escasa vinculación con proveedores locales. El uso de mano de obra no calificada generó críticas, mismas que se intensificaron a mediados de la década de 1970, con el cierre de varias fábricas. Para 1980, las empresas ubicadas en la frontera norte del país empiezan a utilizar innovaciones tecnológicas de producción basadas en información, microelectrónica y robótica. Se empezó a emplear la inserción automática de componentes, equipos de prueba computarizados, sistemas programables para el traslado de materiales y robots tipo “pick and place¹⁷”. Evidentemente al principio, el uso de este tipo de tecnología de punta fue, en gran medida, la excepción, en un contexto caracterizado por un predominio amplio del trabajo manual intensivo. No obstante, la integración al mercado mundial, con la firma del Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) (General Agreement on Tariffs and Trade) en 1986 y el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), en 1994; significaron una serie de modificaciones en el orden económico nacional, debido a la importancia que toman las manufacturas en el comercio exterior. La reestructuración industrial, de aquella época, promovía el progreso técnico mediante la incorporación de tecnología de punta y la implementación de determinadas prácticas —operativas y de gestión— de origen japonés. El objetivo de dicha reestructuración era claro; mejorar la organización de la producción nacional en términos de calidad y reducción de costos, permitiendo ofrecer precios competitivos. De manera que, se dan los primeros esfuerzos de transición del modelo de producción en masa al modelo flexible o esbelto, también conocido como Toyotismo lo cual facilitó la fragmentación de las fases de

¹⁷Algunas de las actividades más comunes del pick and place involucran ordenar, seleccionar, colocar objetos, paletizar y empaquetar un producto o pieza.

producción, en diferentes empresas y territorios, adaptándose a la ventaja comparativa de cada región. En cierto nivel (bajo) se dan los primeros pasos en el aprendizaje socio tecnológico respecto a la introducción de determinadas prácticas, originarias de Japón, relacionadas con sistemas de producción flexible (Contreras 2000).

Sin embargo, la utilización de tecnologías flexibles y de automatización se difundieron con bastante rapidez (Lara y García, 2005). En el caso de los sectores automotriz y electrónico, la actualización de los procedimientos trajo consigo un aumento en la productividad, ya que, a través de procesos de aprendizaje organizativo e individual, se logró una mayor transferencia de tecnología y responsabilidades. La tendencia a la automatización mediante uso de alta tecnología continuó a lo largo de la década de los 2000. Al mismo tiempo, los procesos de fragmentación de la producción, resultado de la globalización de la economía, propiciaron el desarrollo industrial y la creación de redes regionales y globales, por lo que, a partir de 2010, empieza la transición hacia esquemas de segmentos industriales de especialización, basados cada vez más en conocimiento, mayor valor agregado y uso de mano de obra calificada (Kopinak, 1996). En la actualidad hay diversos ejemplos a nivel regional de esfuerzos dirigidos a este tipo de actividad industrial¹⁸.

2.7.1. Etapa de Reestructuración y Apertura Comercial

Pese a no contar con la mejor infraestructura —en comparación con ciudades como Tijuana o Cd. Juárez— la llegada de la primera maquiladora a la ciudad de Nogales en 1967, así como del primer parque industrial, cuatro años más tarde, anunciaban el crecimiento de una base industrial importante. Un rasgo distintivo de las empresas ubicadas en Sonora, dado el crecimiento observado, han sido los cambios organizativos y laborales experimentados desde mediados de la década de 1980. La etapa de reestructuración económica implicaba la reconversión de la planta industrial, pues para el aumento de la productividad y calidad de productos y servicios sería necesario mejorar la calificación de la mano de obra y, mediante la aplicación intensiva de innovaciones tecnológicas; actualizar los procesos y los sistemas

¹⁸Clústeres aeroespaciales, industria de software, industria de dispositivos médicos, etc

administrativos (De la O y Quintero, 2002). En definitiva, objetivos nada sencillos, sobre todo si se observa el desarrollo industrial nacional desde una perspectiva histórica, pues, las empresas mexicanas traen a cuestas problemas ancestrales de desarrollo, particularmente manifestados por mala calidad, baja productividad e ineficiencia productiva. Síntomas que se agudizaban ante el hecho de no contar con una tradición empresarial y mucho menos de un desarrollo tecnológico propio. Sin dejar de mencionar la conducta individualista generalizada —de trabajadores y directivos— por lo que el trabajo en equipo resulta una tarea por demás compleja; llena de conflictos y que al final; impedía realizar proyecciones positivas, sobre todo en el largo plazo, lo que terminó limitando la creatividad y el desarrollo de resiliencia, centrando la atención a la consecución de resultados inmediatos.

Mientras que la reconversión de la planta industrial requiere elevados niveles de energía, tiempo, paciencia y constancia, en primer lugar, el empresario mexicano era —por aquellos años— apenas consciente de lo que, calidad y excelencia, significan (De la Garza, 2005). En segundo lugar, se distingue que la falta de madurez empresarial, la poca perseverancia y la notoria ausencia de seguridad (Lara, 1998) hacen que el empresario prefiriera trabajar aisladamente, que se preocupe por sí mismo y no en el bienestar social. Por último, Lara (2003) advierte que la raíz del problema reside en la ausencia de tecnología “blanda”¹⁹ — métodos y procesos administrativos—. Así, ante la necesidad de ser más productivo y de mejorar la calidad para ser más competitivos; no puede hallarse un enfoque mucho más adecuado a este nuevo medio ambiente más dinámico difícil y complicado. La devaluación del peso, tras la crisis económica de 1994, provocó una expansión del sector industrial que se mantuvo hasta 2001²⁰ propiciando la llegada grandes corporaciones multinacionales al interior del estado, no solo a ciudades con infraestructura bien desarrollada —como Hermosillo—, sino también, en áreas semiurbanas y rurales como Ciudad Obregón y San Luis Rio Colorado (Wong y Ruiz, 1993). Según Lara y Velázquez (1993) La decisión de ubicarse al interior del estado, recae en la necesidad de contar con un mercado inmediato para vender sus productos, además de contar con la infraestructura necesaria. Tal es el caso

¹⁹La tecnología blanda consiste en el conjunto de métodos y procesos que conforman un material o activo

²⁰La recesión de 2001 en Estados Unidos. provocó una pérdida de empleos en la industria maquiladora sin precedentes. Desde entonces, se percibe la gran dependencia que México tiene del país vecino en este sector.

de la planta armadora de Ford ubicada en Hermosillo. Cuando la industrialización rural inició en Sonora, empresas como: Molex, General Instruments, Sistemas y Conexiones establecieron las partes más automatizadas de su producción en Nogales y movieron las plantas que necesitaban un mayor trabajo intensivo hacia el interior del estado, donde esperaban que la tasa de rotación fuera un problema menor. Vázquez (1994) denomina a este proceso “la re-segmentación intrarregional”. Además, empresas japonesas, adscritas legalmente como de origen norteamericano tuvieron la fallida intención de ubicarse en Nogales, por lo que terminaron ubicándose al interior del estado, en Hermosillo y Cajeme principalmente. En temas de la calidad de los productos sonorenses, Ruiz y Wong (1997) encontraron que 65% de las exportaciones sonorenses no llenaban los requerimientos de lo que era considerado como “competitividad auténtica”, basando su rentabilidad en la explotación de mano de obra barata. La integración técnica-manufacturera no ha sido aún desarrollada totalmente. De manera similar, Silvers (1988, p.158) agrega que debido a que la mayoría de las maquiladoras de Sonora son filiales de plantas de los Estados Unidos...“la porción de valor agregado por la maquiladora que incrementa el capital, en gran parte, se va a los Estados Unidos”... Asimismo, asegura que las maquiladoras establecidas en la frontera son el resultado de la devaluación del peso ocurrida en 1994; donde las plantas americanas se beneficiaron enormemente por la mano de obra pagada en pesos y las ventas recibidas en dólares; más que por algún proceso de reestructuración planeado u organizado.

2.7.2. Modernización Industrial: Adopción Regional de Mejores Prácticas

La apertura al comercio internacional representó un periodo de crecimiento en el sector industrial. Tanto las empresas matrices, como las estadounidenses y japonesas empiezan a desarrollar importantes capacidades y funciones en sus plantas filiales. Diversas prácticas orientales empiezan a ser adoptadas entre ellas —si bien no todas al menos las más utilizadas de la época— por empresas ubicadas en la frontera norte de México. Aunque gran parte de las empresas continuaron con sus antiguos esquemas de producción tradicional, las prácticas que más frecuentemente fueron objeto de adopción son aquellas relacionadas con la calidad

y la entrega a tiempo de producto; de acuerdo con el sistema JIT. Este proceso de modernización industrial se ve cristalizado en la elaboración de productos cada vez más complejos y de mucha más calidad. Los estudios sobre la difusión de PE en Sonora indican que la adopción de prácticas niponas ha sido, en su mayoría, de manera parcial, incompleta y/o distinta entre empresas, es decir, adoptando solo algunas prácticas de interés, ya que el modelo no es visto, percibido o entendido como un todo orgánico. En este sentido, para las empresas ubicadas en Sonora, la adopción de PE, resultó ser la vía hacia el desarrollo de capacidades productivas locales y en paralelo, el inicio de diferentes caminos evolutivos (Contreras, Carrillo y Olea, 2007).

La revisión del estado del arte en cuanto al contenido e implicaciones de la adopción es tan divergente que, para algunas empresas las mejoras llevadas a cabo se redujeron a limitar el número de categorías laborales, trabajar en equipos, obligar al trabajo de horas extras, así como restringir el sindicalismo y los derechos laborales (Ramírez, 1996). Mientras que, para otras, simbólicamente hablando, ha sido un continuo y perpetuo ciclo repetitivo Schumpeteriano²¹ de destrucción creativa (Ramírez y Unger, 1997). Respecto al desempeño operativo resultado del proceso de industrialización, Carrillo (2004) concluyó que, se encontraron ligeras diferencias, relacionadas más que nada con el giro industrial y la ubicación geográfica de las empresas (De la O y Quintero, 2002). En el caso de los sectores automotriz y electrónico, la actualización de los procedimientos trajo consigo un aumento en la productividad, ya que, a través de procesos de aprendizaje organizativo e individual, se logró una mayor transferencia de tecnología y responsabilidades (Carrillo y Barajas, 2007). Particularmente, la industria electrónica llegó a organizarse en torno a la fabricación total de ciertos productos originales que al final terminaron por aumentar la capacidad productiva y tecnológica (Carrillo, 2009). Por ejemplo, en el caso del televisor convencional se pasó del ensamblaje final a la fabricación total (Carrillo, Hualde y Quintero, 2005). Posteriormente, se introdujo la producción total de pantallas planas. Tal evolución se dio de manera aún más acelerada en la industria de autopartes, donde las empresas terminaron incorporando actividades de I+D (Contreras, 2000). En este sentido, las mejoras observadas para el año de

²¹Para Schumpeter la destrucción creativa (otra manera de explicar el fundamento de sistema capitalista) es el proceso mediante el cual las empresas que no son capaces de innovar y mantener relevancia tienden a desaparecer.

2001 en maquiladoras del sector electrónico y automotriz resultaban significativas: en calidad, la mejora observada fue del 77% y 79; en competencias gerenciales se vio un aumento del 67% y 63% respectivamente. Por último, el nivel de ingeniería aumentó en 62% en empresas electrónicas y 61% en empresas de autopartes. En cuanto a las condiciones de trabajo, la adopción ha tenido efectos adversos para los empleados directos. En concreto manifestados por ritmos de trabajo intensificados, horarios prolongados, la desaparición de sindicatos, un clima laboral de presión generalizada, en donde el patrón, representado por medio de un líder(es) —gerente(s) o directivo(s)— pretende disponer ilimitadamente del tiempo, habilidades, conocimiento y experiencia de los empleados (Rinehart y Robertson, 2018). Contreras, Carrillo y Olea (2007) concuerdan que el resultado de la reestructuración industrial ocurrida en Sonora ese resume por la divergencia de modelos de producción y métodos de trabajo, así como en los niveles de flexibilidad operativa entre las empresas. Subrayando el hecho que ninguna de las estructuras desarrolladas, representaban verdaderos modelos de especialización flexible. En su lugar, aseguran los autores, las empresas industriales ubicadas en Sonora encajan más con un perfil "neo-taylorista"²², caracterizado por una mayor diversificación de funciones, controlada y dirigida por diversos departamentos que dan soporte al área de operaciones (Contreras *et al.*, 2007).

2.8. Conclusiones

El productor de artesanías se basaba en trabajadores altamente calificados y herramientas simples pero flexibles para hacer exactamente lo que pide el consumidor, un artículo a la vez. Los bienes producidos por el método artesanal cuestan demasiado. Debido a que en la producción en masa el cambio a un nuevo producto cuesta, el productor en masa busca producir el máximo de piezas.

²²El neo taylorismo igual que el taylorismo impone modelos de organización del trabajo basado en la maximización del rendimiento o la productividad, salvo que el primero se sustenta en una infraestructura digital, elemento clave para el modelo económico globalista que, al intensificar la vigilancia sobre el trabajo de las personas, diluye las fronteras entre el tiempo de trabajo y el tiempo de no trabajo, reduciendo a la mínima tareas y tiempos improductivos (Molina Navarrete, 2020)

Después de la Primera Guerra Mundial, Henry Ford, basado en los trabajos de Taylor, trasladó la fabricación mundial, de siglos de producción artesanal liderada por empresas europeas, a la era de la producción en masa. En gran parte como resultado, Estados Unidos pronto dominó la economía global. El PE se originó en Japón, al término de la Segunda Guerra Mundial, cuando en el esfuerzo por superar los estándares de calidad y productividad de empresas de Estados Unidos, lograron adaptar diversas prácticas que venían siendo utilizadas. Además del desarrollo de conceptos, acordes al contexto local, dando como resultado el más ágil, flexible y eficiente modelo de producción. El PE se fundamenta en una filosofía de gestión laboral que tiene por objeto crear un flujo idóneo, por el cual materiales e información son transformados, resultando en un valor creciente de las actividades. El enfoque esbelto permite las empresas permanecer competitivas al incidir positivamente en calidad, productividad, tiempos de respuesta

En sus inicios (1960-1970) las maquiladoras ubicadas en Sonora se caracterizaron por el uso intensivo de mano de obra no calificada, Sin embargo, a partir de 1980 con la llegada de nuevas plantas a la frontera, sobre todo en las industrias electrónica y de autopartes, se introdujeron tecnologías de producción basadas en información, microelectrónica y robótica. Se empezó a emplear la inserción automática de componentes, equipos de prueba computarizados, sistemas programables para el traslado de materiales y robots tipo “pick and place”. Pese a que el uso de tecnología de ese tipo solo fue posible para algunas empresas. Gracias a que la difusión de tecnologías flexibles y de automatización se dio con bastante rapidez. Se observaron impresionantes mejoras en términos de calidad, competencias gerenciales y de ingeniería Respecto a la calidad, la mejora observada fue del 77% y 79%; en competencias gerenciales se vio un aumento del 67% y 63% respectivamente. Por último, el nivel de ingeniería aumentó en 62% en empresas electrónicas y 61% en empresas de autopartes (Contreras, 2009).

3. ESTUDIO DEL NIVEL DE ADOPCIÓN DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN ESBELTA, LOS BENEFICIOS ESPERADOS POR LA ADOPCIÓN Y LOS OBSTÁCULOS ASOCIADOS

La revisión del estado del arte se convierte en una herramienta fundamental pues brinda elementos para conocer el balance actual del objeto de estudio, delimitarlo y relacionarlo con otros objetos de estudio de interés. Al mismo tiempo, permite delinear adecuadamente el problema de investigación e identificar aquellos trabajos y autores que han investigado sobre el tema. En este sentido, el presente capítulo tiene como objetivo mostrar el resultado de la revisión de la bibliografía especializada en la adopción de las principales prácticas, e inicia revisando aquellas investigaciones que se han enfocado en conceptualizar la PE. Posteriormente se revisan estudios empíricos enfocados a medir la esbeltez —*leanness* en inglés— o lo que es lo mismo, el nivel de adopción; primeramente, en el ámbito internacional, después a nivel nacional y por último a nivel regional o estatal. Posteriormente se abordan las investigaciones sobre los beneficios esperados por la adopción, seguido por los estudios que manejan los obstáculos comúnmente asociados a la adopción. De manera muy breve se explican algunos factores que pueden incidir en la adopción; tal como, el sector industrial, el tamaño de la empresa, así como el tiempo o experiencia que se tenga en relación con la aplicación de prácticas esbeltas. Posteriormente se abordan los trabajos que se centran en estudiar la relación entre el nivel de adopción y su impacto en el rendimiento. Por último, se hace un repaso respecto a los métodos y prácticas que más se han estudiado, así como distintos métodos y criterios utilizados para el agrupamiento de datos, prácticas, así como al procesar los datos recabados y al generar información.

3.1. Antecedentes: Libros Previos al Sistema de Producción Toyota

Aun cuando la publicación de “La máquina que cambio el mundo” (Womack *et al.*, 1990) es considerado el inicio su difusión masiva, su difusión en Estados Unidos comenzó antes.

Sugimori, Kusunoki y Uchikawa (1977) explicaban en su artículo: “Sistema de producción Toyota y sistema Kanban. Materialización del sistema Justo a Tiempo y respeto por el ser humano” que, los pilares que sostienen el modelo Toyota son, el Sistema Justo a Tiempo (JIT) centrado en la participación activa de los empleados y en la eliminación de movimientos improductivos y por el otro, el respeto por la humanidad. Posteriormente, en 1981, se publica el primer libro traducido al inglés: “TOYOTA: sistema de producción desde el punto de vista de la ingeniería industrial”. En el que Shingo hizo hincapié respecto a la visión holística esencial para entender el Sistema Toyota. Por otro lado, Monden en 1983: fue el primero en describir ampliamente las prácticas y conceptos del "lenguaje esbelto". En su libro: “Sistema de Producción Toyota: enfoque práctico de la administración de la producción”, destacaba la importancia de utilizar Lotes Pequeños, la Producción de Modelo Mixto o Flexible, los Trabajadores Multifuncionales, el Mantenimiento Preventivo y la entrega JIT por parte de los proveedores.

Por último, en 1988 se tradujo al español el libro de Ohno (1978): “El sistema de producción Toyota: más allá de la producción a gran escala”. Con este libro se cierra la etapa previa, ya que Krafcik (1988) empleó el término "esbelto" en: "El triunfo del sistema de producción esbelta", artículo en el que afirmaba que lo esbelto de un sistema de producción no estaba dado por las prácticas empleadas, sino por el tipo y estilo de gestión y la cultura organizacional. Así, influenciados por estos libros, los primeros académicos occidentales interesados en el tema publicaron sus primeros trabajos entre 1983 y 1988 en donde utilizaron diferentes términos para referirse al TPS, sin mencionar a Toyota. Cabe mencionar que estos primeros estudios de adopción se realizaron sobre alguna técnica aislada e hizo que la visión holística del modelo se viera inmediatamente fragmentada. Prácticas como: Cambios rápidos de Set up o SMED (Shingo, 1985), el uso de tarjetas Kanban (Hall y Hall, 1983), el mismo Kaizen (Imai, 1986) y el Mantenimiento Productivo Total —TPM— (Nakajima, 1988) llegaron a ser consideradas como el modelo en sí; como el todo, dando pie a futuras confusiones semánticas, conceptuales y prácticas en torno al concepto esbelto. En definitiva, los primeros libros japoneses eran más precisos a la hora de definir el SPT, así como de identificar sus componentes (Monden, 1983; Ohno, 1988) en comparación con los artículos académicos, ya que estos últimos se centraban en definir y describir componentes específicos del sistema (Sugimori *et al.*, 1977; Monden, 1981).

Sin embargo, la distinción entre el sistema y sus componentes pasó desapercibida para la mayoría de los primeros investigadores, quizá porque los artículos se publicaron antes que los libros (en inglés) que describían el sistema. La inexistente distinción entre el todo y sus partes se agravó más por la descripción generalmente aceptada que describe al PE desde dos puntos de vista, ya sea desde una perspectiva filosófica relacionada con los principios rectores y los objetivos generales (Womack y Jones, 1996; Spear y Bowen, 1999) o como el un conjunto de prácticas de gestión herramientas o prácticas que pueden observarse directamente (Shah y Ward, 2003). Esta diferencia de orientación no implica necesariamente un desacuerdo, pero sí afecta a la claridad conceptual.

3.2. La Búsqueda de Consenso Por Una Definición

El PE ha sido ampliamente utilizado por empresas de diversos sectores y de diversos contextos, por lo que, en la literatura, se identifican diversas definiciones, planteadas desde diferentes puntos de vista, bajo distintas formas de pensamientos e intenciones académicas de los diferentes autores (Bhamu y Sangwan, 2014). En general, se puede afirmar que existe consenso, entre los autores, en cuanto a que la PE significa fabricar sin — reduciendo y/o eliminando el— desperdicio, en otras palabras; fabricar eliminando o reduciendo los desperdicios, puesto que los investigadores han destacado que se trata de un enfoque para la reducción de costos, el aseguramiento de la calidad y la optimización de los recursos por medio de la identificación y eliminación de todos los tipos de desperdicios. Sin embargo, no existe alguna definición en la que exista consenso, por lo que es común encontrar investigaciones que incluyen su propia definición. Shah y Ward (2003) definieron la PE como un método para ofrecer el máximo valor a los clientes, mediante la eliminación de desperdicios a través del diseño y desarrollo de procesos y del personal. Otras definiciones se centraron también en la eliminación de desperdicios, pero con distinto enfoque, por ejemplo, en la reducción de costos de producción al mínimo posible (Hopp y Spearman, 2004). La eliminación de desperdicios enfocándose en las actividades que conforman el flujo de valor del producto (Shah y Ward, 2007) y la identificación y eliminación de los

desperdicios centrándose en el flujo de valor de la cadena de suministro (Karim y Arif-Uz-Zaman, 2013).

La PE también ha sido descrita en función de los beneficios esperados o del motivo de su adopción (Melton, 2015). Por ejemplo, Hallgren y Olhager, (2009) lo definieron como un enfoque cuyo objetivo central es aumentar la eficiencia de las operaciones, identificando tanto el valor como los desperdicios, desarrollar el conocimiento y crear una cultura de trabajo de mejora continua para promover la sostenibilidad en las operaciones de los procesos y la gestión empresarial. Otros investigadores han definido la PE basándose en la filosofía de las herramientas. Por ejemplo, Chay, Xu, Tiwari y Chay (2015) caracterizaron el modelo como un sistema de producción orientado a las personas. Además, la PE amplía el alcance de la filosofía de producción de Toyota (Holweg, 2017). No sólo eso, la PE es un enfoque multidimensional que consiste en la producción con una cantidad mínima de desperdicios mediante un flujo continuo e ininterrumpido, el buen mantenimiento del equipo, un sistema de aseguramiento de Calidad Total bien establecido y una mano de obra entrenada bajo un enfoque de Mejora Continua (Kaizen) que impacta de manera positiva el Rendimiento Operativo y/o Competitivo (Rahani y Al-Ashraf, 2012; Taj y Morosan, 2011). Sin embargo, Samuel, Found y Williams, (2015) indicaron que muchos investigadores no están de acuerdo con ninguna definición en particular. Sus debates han conducido finalmente a la evolución del concepto esbelto. Aunque tiene carencias en algunas áreas, esta deficiencia ha brindado a los investigadores la oportunidad de explorar una mejor concepción de PE. Por lo tanto, la PE puede ser entendido como un enfoque cuyo objetivo principal es el obtener beneficios de las prácticas y métodos, mediante la eliminación de los desperdicios, la generación de conocimientos y una nueva cultura de trabajo (Sarhan y Fox, 2013).

En definitiva, dada la falta de una única definición precisa (Pettersen, 2009), es imposible especificar una ruta de adopción que pueda considerarse universalmente válida. Los métodos de adopción existentes se basan, por lo tanto, en la contingencia, siguiendo el sentido común y el juicio de los gerentes de negocio que se involucran en él (Karim y Arif-Uz-Zaman, 2013). No obstante, dentro de la literatura se identifican varios modelos de adopción, cada uno acompañado de su propio método de evaluación, pero todos con un común denominador: una descontextualización de la realidad empresarial particular para la que fueron propuestos. Esto revela que el proceso de adopción está fuertemente influenciado, si no regulado, por las

condiciones específicas de cada empresa. Además, el intento de aplicar un modelo universal general, en la mayoría de los casos, tiene un efecto contrario al deseado, provocando un mayor desperdicio en lugar de mejoras (Karim y Arif-Uz-Zaman, 2013). Brinzer, Banerjee y Hauth (2017) afirman que, paradójicamente, por un lado, la adopción de PE puede tener consecuencias negativas en la confianza de los empleados y la calidad de su trabajo; por otro lado, la PE se considera el medio para lograr un desempeño de clase mundial con efectos positivos en los empleados.

El tema de los empleados es tal vez uno de los aspectos más analizados. Evidentemente, el rol de los trabajadores en una empresa tiene un papel muy importante Oliver *et al.*, (2011). Sobre todo, si se analiza cómo se estructura la gestión del trabajo al interior de las empresas, esto es: en base a equipos y grupos de trabajo, conformados por empleados flexibles y multifuncionales, a quienes se les asignan roles específicos y responsabilidades. Por ejemplo, De Toni y Tonchia (2001) observaron un aumento en la participación de los operadores dándoles la posibilidad de detener la producción, al momento de presentarse cualquier defecto, falla o problema. Al hacerlo, pueden resolver el problema de inmediato con la participación conjunta de todos. Esto, concluyen los autores, ha contribuido a crear tanto un sentido de responsabilidad, como cierta versatilidad en los trabajadores, lo que ha resultado en la oportunidad de desempeñar distintos roles dentro de la empresa. En esta línea, Hayes y Pisano (2004) señalan que, para adoptar el modelo esbelto en occidente, es necesario que los empleados reciban entrenamiento multifuncional en lugar de uno altamente especializado. Otros autores, incluidos Midor (2014), señalan que además del entrenamiento, es fundamental que los empleados comprendan la necesidad real de cambio y las modificaciones que se producirán con la adopción del modelo esbelto, para que puedan involucrarse directamente al proceso de cambio.

Otro aspecto que surge del análisis al estado del arte es la ausencia de medidas retributivas basadas en el desempeño para promover la participación, la motivación y el empoderamiento de los empleados, cuando una empresa ha de realizar cambios importantes en su estructura. Esta ausencia pudiera explicarse por el enfoque determinista de quienes promueven y apoyan la universalidad del modelo. De esta forma, el elemento con mayor potencial de los llamados factores de producción, el factor humano, queda relegado. Ésta podría ser una de las razones por las que ha habido recurrentes casos de fallos en la adopción en empresas occidentales.

Por ejemplo, Cerruti (2015) analizó cómo el modelo de “fabrica integrada”, basado en el modelo esbelto, adoptado por Fiat²³ durante la última década del siglo pasado, no ha tenido éxito. Atribuye el fracaso a la forma de entender la realidad por parte de la fuerza laboral de Fiat —principalmente de origen italiano— debido a un trasfondo cultural casi opuesto al japonés. Por este motivo, en muchos de los artículos referentes al modelo esbelto, se subraya fuertemente la importancia de un cambio cultural. En este tenor, los trabajadores, deben recibir una capacitación rigurosa in situ y además sistema de incentivos orientado a cómo comprender rápidamente la nueva mentalidad. De esta forma, pese a no contar con una definición que sea aceptada por la mayoría, los beneficios de PE se han publicado desde hace poco más de cuatro décadas (Pearce *et al.*, 2015). Ciertamente ha evolucionado enormemente, al grado de convertirse en el estándar en cuanto a la estrategia operativa en manufactura. La revisión a la literatura hace notar que la PE es una de las iniciativas que muchas de las principales empresas de Estados Unidos, Europa y Asia han estado tratando de adoptar para mantenerse competitivas (Chen, 2015; Abdallah *et al.*, 2019). Como muestra, la encuesta realizada a 3,000 fabricantes estadounidenses en 2018, en la cual, Kotter encontró que, el 90% habían iniciado proyectos de mejora en base a los principios de PE. Por su parte Schouteten y Benders (2017) afirman que, la PE ha sido adoptada por empresas chinas con el fin de reducir los costos y aumentar su competitividad. De manera similar, diversos autores afirman que las empresas manufactureras en la India han empezado a adoptar prácticas de PE (Khadse, Sarode y Wasu, 2013; Buttha, *et al.*, (2017). Desde que Womack *et al.*, (1990) introdujeron a occidente no solo el concepto, sino el cuerpo práctico de PE, su amplia aceptación permitió que sus alcances se extendieran más allá de los límites para los que fue originalmente pensado —giro automotriz—. La perspectiva de su estudio ha cambiado con el tiempo; pasando de una visión práctica-operativa, como el conjunto de prácticas y herramientas de origen japonés, a un modelo de prácticas administrativas, a un sistema avanzado de manufactura, una tipología de empresa de clase mundial, una forma de pensamiento, una filosofía de vida, entre otras (Narayanamurth y Gurumurthy, 2016). La PE ha sido ampliamente utilizado por empresas de diversos sectores y de diversos contextos, por lo que, en la literatura, se identifican diversas definiciones, planteadas desde diferentes

²³ Siglas de Fabbrica Italiana Automobili Torino, histórica marca italiana de automóviles, bajo la que se comercializan vehículos desde 1899, origen del mayor grupo industrial italiano.

puntos de vista, bajo distintas formas de pensamientos e intenciones académicas de los diferentes autores (Bhamu y Sangwan, 2014). En general, se puede afirmar que existe consenso, entre los autores, en cuanto a que la PE significa fabricar sin —reduciendo y/o eliminando el— desperdicio, en otras palabras; fabricar eliminando o reduciendo los desperdicios, puesto que los investigadores han destacado que se trata de un enfoque para la reducción de costos, el aseguramiento de la calidad y la optimización de los recursos por medio de la identificación y eliminación de todos los tipos de desperdicios. Sin embargo, no existe alguna definición en la que exista consenso, por lo que es común encontrar investigaciones que incluyen su propia definición. Por ejemplo, Shah y Ward (2003) definieron la PE como un método para ofrecer el máximo valor a los clientes, mediante la eliminación de desperdicios a través del diseño y desarrollo de procesos y del personal. Otras definiciones se centraron también en la eliminación de desperdicios, pero con distinto enfoque, por ejemplo, en la reducción de costos de producción al mínimo posible (Hopp y Spearman, 2004), la eliminación de los desperdicios enfocándose en las actividades que conforman el flujo de valor del producto (Shah y Ward, 2007) y la identificación y eliminación de los desperdicios centrándose en el flujo de valor de la cadena de suministro (Karim y Arif-Uz-Zaman, 2013).

La PE también ha sido descrita en función de los beneficios esperados o del motivo de su adopción (Melton, 2005). Por ejemplo, Bellisario y Pavlov (2018) lo definieron como un enfoque cuyo objetivo central es aumentar la eficiencia de las operaciones, identificando tanto el valor como los desperdicios, desarrollar el conocimiento y crear una cultura de trabajo de mejora continua para promover la sostenibilidad en las operaciones de los procesos y la gestión empresarial. Otros investigadores han definido la PE basándose en la filosofía de las herramientas. Por ejemplo, Chay *et al.*, (2015) caracterizaron el modelo como un sistema de producción orientado a las personas. Además, la PE amplía el alcance de la filosofía de producción de Toyota (Holweg, 2017). No sólo eso, la PE es un enfoque multidimensional que consiste en la producción con una cantidad mínima de desperdicios mediante un flujo continuo e ininterrumpido, el buen mantenimiento del equipo, un sistema de aseguramiento de Calidad Total bien establecido y una mano de obra entrenada bajo un enfoque de Mejora Continua (Kaizen) que impacta de manera positiva el Rendimiento Operativo y/o Competitivo (Rahani y Al-Ashraf, 2012; Taj y Morosan, 2011). Sin embargo, Samuel et al.

(2015) indicaron que muchos investigadores no están de acuerdo con ninguna definición en particular. Sus debates han conducido finalmente a la evolución del concepto esbelto. Aunque tiene carencias en algunas áreas, esta deficiencia ha brindado a los investigadores la oportunidad de explorar una mejor concepción de PE. Por lo tanto, la PE puede ser entendida como un enfoque cuyo objetivo principal es el obtener beneficios de las prácticas y métodos, mediante la eliminación de los desperdicios, la generación de conocimientos y una nueva cultura de trabajo. Así, pese a no contar con una definición que sea aceptada por la mayoría, los beneficios de PE se han publicado desde hace poco más de cuatro décadas (Toledo *et al.*, 2019).

3.3. Estudios Empíricos Sobre el Nivel de Adopción

De la revisión que se hizo al estado del arte se pudo identificar que, diversos autores concuerdan al señalar que el modelo esbelto carece de una estructura precisa, sobre todo de un marco para su adopción e implementación. De igual manera, se hace notar la falta de indicadores que permitan evaluar su desempeño una vez puesto en marcha (Pavnaskar *et al.*, 2018; Mostafa et al, 2018). En este sentido, al estudiar el impacto de la adopción del método esbelto los investigadores han intentado conectar y plasmar el efecto conjunto de las prácticas, que integran el modelo, en un solo indicador (Bayou y De Korvin 2008), conocido popularmente como “leanness” —que al español se traduce como delgadez o esbeltez— y hace referencia al nivel de adopción y aplicación de las diversos métodos y herramientas esbeltas. Varios investigadores han estudiado la adopción de PE en empresas utilizando diferentes indicadores y medidas de medición. Por ejemplo, Bayou y De Korvin (2008) desarrollaron un modelo que mide el nivel de adopción. Basándose en prácticas como Justo a tiempo (JIT) control de calidad y kaizen, compararon a GM y Ford teniendo a Honda como referencia, concluyendo que Ford era 17% más esbelta que GM. Soriano-Meier y Forrester (2002) utilizaron nueve variables para medir la adopción dentro del sector cerámico del Reino Unido y el sector de maquinaria agrícola de Brasil. Por su parte Anvari, Zulkifli y Yusuff (2019) desarrollaron un método para evaluar el impacto de los atributos específicos del

sistema y determinaron que, los defectos, el costo, el tiempo de entrega y el valor agregado son elementos cruciales en la adopción. Wan y Frank Chen (2008) propusieron una medida global para evaluar el nivel de esbeltez y consideraron el costo, el valor y el tiempo para evaluar el nivel de adopción. Por último, Vinodh y Vimal (2012) desarrollaron un modelo que mide el nivel de esbeltez basándose en 30 criterios bajo un enfoque de lógica difusa. Sin embargo, aunque el nivel de adopción se relaciona con el rendimiento operativo, varios autores han investigado el impacto de las prácticas esbeltas en determinadas medidas individuales. Por un lado, Rahman, Laosirihongthong y Sohal (2010) descubrieron que en empresas manufactureras tailandesas el JIT, la reducción de desperdicios y el flujo continuo son las prácticas cuyo impacto sobre el rendimiento operativo resultó ser más significativo. Además, determinaron que la adopción del JIT es mayor en empresas grandes, mientras que la reducción de desperdicios es más utilizada por Pymes. Shah y Ward (2007) proporcionaron un marco que incluye métodos como JIT, Gestión de Calidad Total (TQM), Mantenimiento Preventivo Total (MPT), Gestión de Recursos Humanos (GRH), todos, por cierto, relacionados positivamente con el rendimiento operativo. En otro estudio, Shah y Ward (2003) determinaron que no siempre el hecho de ser empresa grande no significa un rendimiento operativo superior y que, cuando se tienen en cuenta los efectos del JIT, la TQM, el TPM y la Kaizen su impacto resulta negativo. En este tenor Bhasin y Burcher (2016) encontraron que, en comparación con las Pymes, las empresas grandes lograron mayores mejoras. Cua, McKone-Sweet y Schroeder (2006) descubrieron que las prácticas JIT, el TPM y la TQM afectan positiva y significativamente la calidad, la reducción de costos, la flexibilidad y el tiempo de entrega. Taj y Morosan (2011) encontraron que la cadena de suministro, la GRH y el Sistema de Producción Flexible tienen notables efectos positivos en las medidas de Producción flexible y Flujo Continuo, mientras que calidad sólo se relaciona con el diseño del sistema de producción.

Lawrence y Hottenstein (1995) estudiaron el JIT y en contraste con las conclusiones de Sakakibara et al. (1997) encontraron una fuerte asociación con desempeños superiores. Thun, Drüke y Grübner (2010) descubrieron que, a mayor nivel de adopción, mayor es el rendimiento. Bortolotti, Danese y Romano (2013) encontraron un efecto positivo de JIT en el rendimiento operativo, y que este último no se ve afectado por el nivel de personalización del producto, mientras la variabilidad de la demanda tiene un impacto significativo en el

rendimiento, en términos de capacidad de respuesta y eficiencia. Searcy (2009) consideró que el estudio del nivel de adopción resultaba clave para su éxito. Fullerton and Wempe (2009) encontraron que indicadores no financieros mediaban la relación entre el rendimiento financiero y el nivel de adopción. Hallgren y Olhager (2009) encontraron que la PE impacta al rendimiento de los costes a gran escala, mientras que la fabricación ágil tiene un impacto significativo en el volumen y en la flexibilidad de la mezcla de productos, algo que la PE no hace. Rivera y Chen (2007). Dora et al. (2013) descubrieron que la productividad y la calidad fueron las que más mejoraron gracias a la adopción de PE. Además, el análisis reveló diferencias significativas, en la mejora de las medidas operativas estudiadas, entre los países en los que se adoptó la PE.

Karlsson y Ahlstrom (1996) utilizaron un conjunto de medidas resumidas en forma de lista de control para evaluar el grado de adopción. Por su parte McIvor (2001) y SorianoMeier y Forrester (2002) apostaron por el uso de algunas variables clave (oferta ajustada, costos de producción y calidad) para evaluar la delgadez de la organización. Las medidas dependen en gran medida del contexto y se basan en necesidades y objetivos de cada organización (Bateman, Radnor y Glennon, 2018). Los investigadores Kumar y Kumar realizaron un estudio de carácter empírico en 2015, en el cual se trata de evaluar el impacto de varios factores sobre el grado de adopción de la PE en la industria manufacturera en la India. Los datos para dicho estudio se obtuvieron a través de una encuesta, donde se podía medir el nivel de implementación de las distintas herramientas de PE, así como de los beneficios percibidos después de la implementación y los principales obstáculos a los cuales se enfrentaron las organizaciones en la India durante la implementación. Los resultados de dicho estudio advierten que la PE ayuda a mejorar la competitividad y el rendimiento productivo en general. Al mismo tiempo el estudio plantea algunos potenciales escenarios adversos cuando la metodología no se implementa y no se practica de manera equilibrada. Kumar y Kumar (2015) agregan que, para sacar el máximo provecho de PE, es necesario hacer frente a los obstáculos con cautela, al mismo tiempo que todos los inconvenientes deben ser bien analizados, tanto a lo largo de la implementación, como una vez en la ejecución. Así mismo, hacen énfasis en los potenciales efectos adversos de una incorrecta adopción.

En sus inicios, el enfoque de PE estuvo puesto en dos temas, por un lado, en la eliminación de desperdicios. Por el otro, en la adopción y aplicación de las distintas prácticas y

herramientas (Narayanamurthy y Gurumurthy, 2016). En algunos casos, las investigaciones reportan que las empresas obtuvieron beneficios derivados de la adopción (Sheridan, 2004; Sohal y Eggleston, 1994; Taylor y Brunt, 2001). Los vínculos entre la aplicación de las prácticas y sus efectos en el desempeño también han sido estudiados en profundidad (Negrao, Godinho, y Marodin, 2017). Diversas empresas industriales en todo el mundo han puesto en práctica los principios esbeltos y han logrado importantes transformaciones hacia la mejora continua, la creación de valor y la eliminación de desperdicios, logrando niveles sobresalientes de eficiencia operativa (Holweg, 2007). En el campo académico, numerosos autores han abordado el tema de forma empírica, los resultados sugieren que las iniciativas de adopción de PE en efecto mejoran el desempeño operativo de las empresas (Shah y Ward, 2003; Matyusz *et al.*, 2015).

3.3.1. Estudios Sobre la Adopción en México

De la revisión al estado del arte se advierte que, la transferencia y difusión de innovaciones de origen japonés al interior de México se ha dado, en cierta medida, a través de empresas que transfieren procesos de manufactura a nuestro país buscando inicialmente la reducción de costos. De acuerdo con Ramírez (1999), las firmas internacionales han encontrado en México una opción para la manufactura o ensamble de productos diversos, debido a ciertos factores: primero, el desarrollo de procesamiento de datos; segundo, la estandarización de la tecnología de procesos; tercero, factores económicos relacionados con la maduración del producto —estructura de demanda y costos— y; cuarto, los elementos institucionales— aranceles, subsidios gubernamentales— (Ramírez y Unger, 1997).

La revisión a la literatura revela que la PE han probado ser, el medio más utilizado por empresas manufactureras para producir bajo estándares internacionales de mejora continua. Las empresas localizadas en México presentan limitaciones en la adopción del modelo esbelto, condicionando sus capacidades competitivas. La aplicación de estas metodologías no se observa en Pymes a pesar de ser factible su implementación. Sandoval-Godoy (2003) afirma que, los sistemas esbeltos han favorecido la concentración de proveedores en torno a

ensambladuras de exportación. Se ha encontrado que entre mayor es la magnitud del proyecto exportador de la ensambladora, mayor es la probabilidad de observar formas modulares de asociación entre ella y sus proveedores (Ramírez, 1997). Aun cuando los sistemas flexibles son, en teoría, indisolubles y sólo a través de su aplicación simultánea es posible producir con niveles competitivos, (Schonberger y Ebrahimpour, 1984). La adopción en México dista mucho de ser completa e igual entre empresas y/o sectores industriales (Contreras *et al.*, 2007). Los estudios al respecto muestran que la aplicación de esos sistemas en la industria manufacturera es, en términos generales, inconexa y sin un enfoque integral (Shaiken, 1991). En la mayoría de los casos, los gerentes tienden a confundir métodos como JIT o TQM, con algunas prácticas de menor jerarquía y/o suelen interpretarlos como meras prácticas de reducción de costos. Las empresas locales están más interesadas en resolver problemas urgentes e inmediatos, con a veces soluciones superficiales o salidas rápidas. La mayor parte no incorpora la noción de aprendizaje gradual a través de diferentes etapas de desarrollo. El grado de "madurez organizacional" de una compañía no es considerado en la planeación y diseño de los procesos. En el contexto de la ciudad de Hermosillo, podemos tomar como referencia los estudios realizados por Sandoval-Godoy y Wong-González (2005), quienes ofrecen una aproximación al contexto industrial de principio de siglo en la industria automotriz, afirmando que la adopción de métodos esbeltos para la gestión de la eficiencia técnica y productiva ha sido, sin duda alguna, desigual y contradictoria, según las regiones y las circunstancias particulares, aun cuando éstos pretenden y asumen ser hegemónicos y homogeneizantes al trascender fronteras culturales, y con ello, enganchar la diversidad de prácticas productivas en un destino único.

Respecto a las empresas transnacionales, una vez establecidas en territorio nacional, las empresas han encontrado que, en términos generales, el empleado mexicano aprende rápido, es disciplinado, creativo y con capacidad de asimilación de cualquier sistema de producción o diseño (Lara *et al.*, 2005). Lo anterior ha favorecido a las empresas a implantar áreas de diseño y desarrollo, así como a trasladar nuevas líneas de producción con mayor valor agregado. Tal es el caso del emplazamiento de empresas automotrices exportadoras en el norte y centro de México (Ramírez, 1996). Ramírez (1999, p52), en su trabajo sobre los factores de localización industrial en México, afirma que: ... "La importancia de dichas organizaciones no solo radica en el hecho de que constituyen la base exportadora más grande

del país sino, sobre todo, porque son los mayores usuarios de sistemas JIT en el mundo”... Dicho sistema, es un elemento fundamental de PE. El mismo Ramírez (1999) advierte que: la adopción de sistemas JIT han probado ser la estrategia más utilizada por plantas localizadas en el norte de México, con la finalidad primordial de exportar con estándares internacionales bajo un sistema de mejora continua.

3.3.2. Estudios Sobre la Adopción en Sonora

Desde que se instalaron las primeras industrias maquiladoras de exportación (IMEX) en la frontera norte, el tema ha sido ampliamente estudiado por un considerable número de académicos, tanto nacionales como internacionales. Algunos autores han destacado la evolución de la industria desde la llegada de las primeras armadoras, hasta su etapa exportadora (Coriat, 1988; Kopinak, 1993; Contreras, 2000; Coriat, 2000; Alonso *et al.*, 2002; Carrillo *et al.*, 2005; Carrillo y Zarate, 2009); otros la han analizado desde una perspectiva regional o de conglomerado (Unger y Chico, 2004; Sandoval-Godoy y Wong-González, 2005) algunos han centrado su estudio en sectores específicos (Dussel, 2003; Juárez, 2005; Lara *et al.*, 2005; Álvarez y Cuadros, 2012) y otros tantos, la han abordado en el marco de periodos o hechos específicos que han marcado a esta industria (Carrillo y Ramírez, 1997; Sandoval-Godoy, 2003) y desde distintas perspectivas teóricas (Delbridge *et al.*, 1992, Quintero, 2004, De la Garza, 2005, De la O, 2006; Carrillo, 2009; Kopinak y Soriano, 2013). En la mayor parte de estos trabajos se hace referencia a la importancia de la industria automotriz como generadora de encadenamientos productivos con importantes implicaciones para el resto de las industrias. En este sentido, se ha argumentado que los encadenamientos con otras industrias le han permitido moldear, directa e indirectamente gran cantidad de actividades económica e influir sobre el resto de los sectores (De Carlo y Richardson-Simioli, 2018). Ya que, como sugiere Buitelar *et al.*, (1999) el desarrollo del sector ha permitido genera empleos, atraer inversiones y transferir tecnología. Más aún, la evolución observada durante el primer parte del siglo XX le permitió revolucionar los procesos organizacionales y productivos para después difundirlos a las demás actividades económicas.

Para mediados de la década de 1980, las maquiladoras en Sonora empiezan reestructurar sus formas tradicionales de producción mediante la adopción de prácticas de origen japonés — p.e. círculos de calidad, reducción de inventarios y maquinaria flexible automáticamente controlada— (Lara 2003). Estos cambios empezaron en solo unas cuantas empresas. No hubo planes estratégicos para su adopción, sino más bien, actividades aisladas e independientes (Contreras, 2000). La forma dependía de cada empresa, o, mejor dicho, de la empresa matriz, de su tamaño, o del tipo de producto y proceso de producción. La mayoría de las empresas continuaron con sus antiguos esquemas de producción tradicional. Sin embargo, para la década de 1990, cada vez empresas estaban en el proceso de adoptar al menos algunas de las prácticas que integraban la metodología JIT. Las prácticas que se trataban de difundir por las empresas ubicadas en Sonora estuvieron relacionadas con la calidad y entregas a tiempo de producto; de acuerdo con el sistema JIT (Almaraz, 1997). En ese sentido Schonberger y Ebrahimpour (1984) fueron de los primeros en estudiar la "universalidad" del sistema JIT en empresas filiales norteamericanas ubicadas en Sonora. Los investigadores encontraron que el mayor impedimento para su adopción era el personal, pues este, carecía de experiencia y conocimiento, respecto a las prácticas de producción de la época. Por su parte, Shaiken (1991) resultado de un estudio de caso donde pretendió verificar la funcionalidad del sistema JIT; paradójicamente encontró que, aunque la empresa estudiada era considerada como exitosa, dada su posición y participación en el mercado, no estaba claro hasta qué punto —su éxito— podría ser atribuible a la adopción y funcionamiento del sistema JIT. Sobre todo, por el hecho de que la materia prima se obtenía a través de un socio estratégico japonés. Lo que quiere decir que, el material había sido fabricado y almacenado, con semanas de anticipación, pues no había proveedores locales que cumplieran con los requerimientos de calidad. De hecho, la escasez de proveedores, retrasos por parte de transportistas y la escasa mano de obra calificada fueron los principales obstáculos que las primeras maquiladoras ubicadas en Sonora enfrentaron al adoptar las prácticas de PE. De manera similar, partiendo de entrevistas realizadas en 18 fábricas, Shaiken y Browne (1993) identificaron los diez obstáculos significativos, a saber: 1) mano de obra no calificada; 2) alta rotación; 3) orientaciones culturales hacia el tiempo y la jerarquía; 4) largos tiempos de entrega debido a las rutas de los transportistas; 5) inconsistencias en las entregas de proveedores, en su mayoría nacionales; 6) baja calidad de

la proveeduría local; 7) incapacidad de la alta gerencia de origen extranjero para transmitir su compromiso con la planta laboral nacional; 8) la influencia de los sindicatos; 9) el acceso limitado a la información y, 10) las barreras de comunicación entre las plantas mexicanas y los equipos de trabajo de las matrices y proveedores de Estados Unidos.

En un estudio de 19 plantas maquiladoras en los sectores eléctrico y electrónico ubicadas en Sonora, 15 de ellas en la ciudad de Nogales, Alonso (2002) encontró diferencias significativas entre el modelo japonés y las innovaciones que se estaban realmente adoptando, principalmente la brecha se atribuía al desconocimiento de tales prácticas orientales, principalmente por parte de los gerentes y en menor medida al predominio de una cultura industrial tradicional a nivel gerencial y la estructura vertical. No obstante, 9 de las 15 plantas ubicadas en Nogales, ya habían comenzado a automatizar algunos de sus procesos; introduciendo maquinaria y nuevas formas de trabajo, mientras que aun mantenían características de la producción en masa. Del resto, solo 3 aumentaron sus actividades, haciéndose cargo del ensamblaje completo de ciertos productos, cuando previamente ensamblaban solo una parte. En otro estudio en el que participaron 68 empresas ubicadas en cinco municipios de Sonora, Lara (1998: 163) concluye lo siguiente... “Es interesante como las IMEX buscan reestructurarse incorporando modernas tecnologías al trabajo, y al mismo tiempo continúan con formas tradicionales de producción”... pues de las 68 empresas; el 70% continuaban produciendo por cuotas mínimas (Lara, 2003).

Respecto a temas de calidad Kopinak (1996) estudió 10 plantas dedicadas a la fabricación de arneses, en la ciudad de Nogales, Sonora. El estudio reveló que determinadas prácticas específicas como: cero inventarios y prácticas de control estadístico de procesos estaban siendo aplicadas, no obstante, la moderna maquinaria recientemente adquirida era considerada, por los directivos y gerentes, un gasto inútil. Por su parte, Kopinak (1996) encontró también que, de los entrevistados, 6 de cada 10 preferían realizar la manufactura bajo métodos artesanales, es decir, de forma manual y sin utilizar las herramientas disponibles para su uso. Además, el mismo estudio reveló que la habilidad desarrollada por los trabajadores surgía como resultado de la especialización, misma que era posible realizando solo unas cuantas tareas por largos periodos de tiempo y no por algún tipo de estrategia o gestión particular. De esta forma, resulto casi imposible identificar algún tipo de polivalencia significativa entre el personal correspondiente a la muestra estudiada. Incluso,

dos de las diez empresas bajo estudio, las cuales fabricaban un mismo tipo de producto —arneses eléctricos para automóviles—, demostraron operaciones divergentes al interior de sus propios procesos (Kopinak, 1996). Los investigadores Shaiken y Browne (1991) después de llevar a cabo entrevistas en 64 plantas manufactureras involucradas en procesos de mejoramiento de calidad, concluyeron que: 1) las empresas están más interesadas en resolver problemas de desperdicio de materia prima, horas de retrabajo y lotes de productos con baja calidad, que en desarrollar nuevos métodos de organización de la producción; 2) los sistemas de calidad total son diseñados, prácticamente, en términos estáticos, debido a que las empresas no incorporan el aprendizaje gradual a través de diferentes etapas de desarrollo y, 3) el grado de "madurez" de una compañía no es considerado en la planeación y diseño de iniciativas de adopción. Además, en un estudio realizado por Jaca et al. (2018), sobre la sostenibilidad de los sistemas de mejora continua en dos comunidades industriales de España y México, ha revelado que el 33% de 360 empresas adoptaron la metodología Kaizen. Sin embargo, el estudio concluye que no hubo evidencia de mejoras debido a un escaso involucramiento y a una gran resistencia al cambio por parte de los empleados. Por su parte, Suárez et al. (2019) determinaron, al analizar 49 empresas ubicadas en la frontera norte de México que las principales causas de abandono de la filosofía Esbelta son la resistencia al cambio por parte de los empleados y la falta de seguimiento a los proyectos de adopción por parte de la gerencia. Además, es importante hacer notar que ninguno de los estudios afirma que la aplicación de la metodología JIT, incidiera en la productividad o en algún tipo de mejora en el rendimiento operativo empresarial.

3.4. Estudios Sobre los Beneficios Esperados

Schmenner (2015) sostiene que la productividad se relaciona positivamente con un adecuado uso de recursos materiales e información. El uso incorrecto de información, tiempo e insumos puede llevar al desperdicio de los recursos disponibles en una empresa. El enfoque esbelto proporciona una estrategia para la identificación y prevención del mal uso de estos insumos, que al final, se verán reflejados en calidad, productividad, rentabilidad y una fuerza laboral

más comprometida, al mismo tiempo que se mantiene el inventario al mínimo.

Como modelo de negocio, genera el ahorro de enormes cantidades de dinero que, de otro modo se gastarían en la eliminación de residuos. Se ha demostrado que las empresas que adoptan este sistema se imponen a la competencia e incluso se convierten en líderes de su sector.

Diversas categorías han sido utilizadas para explicar los beneficios que las empresas obtienen por la adopción, por ejemplo en términos de eficiencia, está la de mano de obra (Arthur, 1994) y la de la maquinaria (Youndt *et al.*, 1996), en cuanto a la conformidad con estándares de calidad (Cua *et al.*, 2001; Swink y Song, 2007), la productividad en el área de operaciones (Ichniowski y Shaw, 2003), el cumplimiento en las entregas (Bozarth *et al.*, 2009), cantidad de entregas a tiempo (Youndt *et al.*, 1996; Sakakibara *et al.*, 1997; Swink *et al.*, 2007), la gestión de inventarios (Hofer *et al.*, 2012), flexibilidad del área de producción (Cua *et al.*, 2001; Swink *et al.*, 2007) y de costes de producción (Swink *et al.*, 2007; Bozarth *et al.*, 2009). En términos generales, en el ámbito de la administración de operaciones los beneficios que se obtienen en el rendimiento operativo, entendiendo el rendimiento operativo como el “output” obtenido en relación con los recursos utilizados, mejoran las capacidades competitivas de una empresa (Jabbour *et al.*, 2013; Swink *et al.*, 2007). Diversos autores coinciden al afirmar que —en términos generales— la adopción repercute positivamente en forma de beneficios o mejoras en diferentes áreas funcionales de la empresa (Shah y Ward, 2007; Belokar, Kumar y Kharb, 2012; Kumar y Kumar, 2015). Destacan una característica que, aunque las prácticas son muchas, algunas similares; otras distintas entre sí: éstas son complementarias y se encuentran fuertemente interrelacionadas entre sí (Flynn *et al.*, 1995; Sakakibara *et al.*, 1997; Shah y Ward, 2003; Birdi *et al.*, 2008; Furlan *et al.*, 2011). Por ejemplo, Flynn *et al.*, (1995) encontraron que, aunque el JIT y la TQM tienen efectos positivos de forma individual, su combinación produce sinergias que conducen a mejoras incrementales en el desempeño. Shah y Ward (2003) llegaron a la conclusión de que los resultados de sus estudios aportan pruebas contundentes del efecto sinérgico de los métodos de PE en el rendimiento, lo que sugiere que las prácticas deben correlacionar. Del mismo modo, los estudios de Cua *et al.*, (2001) y Shah y Ward (2003) también aportaron evidencia de efectos positivos significativos de la adopción sobre el rendimiento operativo.

Por su parte, los beneficios observados en empresas industriales están bien documentados:

de entrada, reduce los tiempos de entrega y los inventarios; favorece la gestión del conocimiento y desarrollo de procesos más robustos, medidos por, la reducción de errores y de retrabajos (Melton, 2015) reducido, plazos de entrega más cortos, que en última instancia significa mejorar el rendimiento (Bellisario y Pavlov, 2018). Womack *et al.*, (2017) sostienen que la aplicación simultánea de conjunto de prácticas específicas debería dar lugar a un mejor desempeño operativo.

La literatura indica que si se adoptan con éxito las prácticas de PE, se está en la posición de crear un sistema de producción eficiente, basado en la optimización y racionalización de recursos, capaz de fabricar productos y servicios de la más alta calidad, con una mayor productividad, un costo En este sentido, James-More y Gibbons (1997) agrupan los potenciales beneficios en cinco dimensiones, las cuales se determinan a partir de la literatura teórica y empírica y de estudios de casos como Womack et al. (1990, 1996) y los informes de Andersen Consultan. El resultado fue una visión inicial de una empresa esbelta que presenta beneficios en cinco áreas, a saber: 1) financieros; disminución de los costos de operación, 2) atención al cliente; mejor comprensión de sus necesidades, 3) calidad; procesos más robustos, lo que reduce las fallas y errores, 4) personal; equipos multidisciplinarios más capacitados, 5) conocimiento; mayor comprensión de todos los procesos.

Por su parte, Niño (2004) afirma que la adopción de PE es importante por los beneficios potenciales en diferentes áreas, ya que emplea diferentes herramientas: 1) reducción de costos de producción, 2) reducción de inventarios, 3) reducción de tiempo de entrega, 4) mejor calidad, 5) menos requerimiento de mano de obra, 6) mayor eficiencia de equipo, y 7) que el enfoque del modelo resulta eficaz para mejorar el rendimiento empresarial, Por este motivo, se ha desarrollado una enorme cantidad de bibliografía con el objeto de evidenciar el impacto de sus métodos y herramientas en el rendimiento operativo. Sin embargo, debido a la naturaleza de la investigación realizada, el efecto global de los métodos y herramientas Lean sobre el rendimiento operativo puede considerarse todavía poco claro. Por ejemplo, la investigación se ha centrado principalmente en métodos y herramientas muy específicos; es decir, no ha incluido todos los componentes esenciales, es decir, JIT, TPM, Jidoka, VSM y Kaizen, los cuales están fuertemente asociados al enfoque esbelto de la empresa. Al mismo tiempo, las variables de rendimiento observables seleccionadas al indagar sobre los efectos que tiene la adopción de PE varían considerablemente de unas investigaciones a otras. En

este sentido Khanchanapong et al. (2014) postularon que la aplicación efectiva de prácticas y métodos de PE muestra una relación positiva con cuatro dimensiones del rendimiento operativo, a saber, calidad, tiempo de respuesta, flexibilidad y costos. Nawanir et al. (2013) señalaron que es un método eficaz para mejorar el rendimiento de las operaciones mediante el mejoramiento en: calidad, la reducción de inventarios, las entregas a tiempo, incrementos en la productividad y la reducción de costos. Por su parte Marodin et al. (2016) estudiaron los diferentes patrones de adopción de prácticas y el rendimiento operativo; descubrieron que las empresas cuyo nivel de adopción es mayor, tienen mejor rendimiento en diversos indicadores como: tiempo de entrega, niveles y rotación de inventario, sin embargo, la relación no fue la misma con la calidad total, ni con la adherencia al plan de producción. El PE también es considerado como una estrategia poderosa para mejorar el rendimiento empresarial mediante la mejora de la rentabilidad, las ventas y la satisfacción del cliente (Nawanir *et al.*, 2013), el rendimiento social (Cherrafi *et al.*, 2016; Henao y Gómez, 2019), el rendimiento de la cadena de suministro ecológica (Cherrafi *et al.*, 2018) y el rendimiento sostenible (Huo y Wang, 2019). Además, Jabbour *et al.*, (2013) estudiaron la influencia de la gestión medio ambiental en el rendimiento operativo de 75 empresas de Brasil y verificaron que las prácticas de PE mostraran una correlación positiva con la gestión ambiental (Lean and Green). Por su parte Caldera et al. (2019) y Dieste et al. (2019) realizaron la revisión sistemática de la literatura sobre cómo la adopción de PE influyó positivamente en la organización empresarial para mejorar su desempeño ambiental. A pesar de los beneficios ampliamente reconocidos y la apuesta competitiva dada la probada eficiencia basada en la historia de éxito de Toyota, se observan importantes complicaciones durante la adopción de PE (Mostafa *et al.*, 2018).

3.5. Estudios Sobre los Obstáculos Asociados

Durante las últimas cuatro décadas, empresas de la industria manufactureras y, cada vez más empresas han venido adoptando la metodología de PE. Sin embargo, en muchos casos estas iniciativas no han sido tan exitosas o sostenibles como sus responsables habían planeado, en

este sentido, se observan importantes complicaciones durante la fase de adopción (Mostafa, 2018). Scherrer et al. (2009) afirman que la adopción de un nuevo sistema es una tarea compleja que suele venir acompañada de un gran número de obstáculos y que normalmente una adopción significativa no se logra rápidamente, esta, es más bien el resultado de estrategias a largo y mediano plazo.

Marvel y Standridge (2019) advierten que son pocas las empresas que logran mejoras significativas en el rendimiento como resultado de la adopción. Dado que, los beneficios obtenidos permanecen localizados, las empresas no pueden sostener las mejoras en el tiempo. Baker (2002), asegura que menos del 10% de las empresas en el Reino Unido, han tenido resultados satisfactorios. Blanchard (2017) basándose en una encuesta de 433 empresas estadounidenses, identificó que sólo el 26% de ellas lograron beneficios sustanciales como resultado de la adopción. Según Marvel y Standridge (2019), son pocas las empresas que han logrado mejoras significativas. Ahora bien, existe cierta tendencia a la simplificación excesiva del modelo, reduciéndolo a un conjunto de prácticas para mejorar la productividad, sin embargo, su adopción tiene implicaciones —directas e indirectas— en varios aspectos dentro de una empresa. Por tanto, el nivel de adopción, en cualquier empresa suele verse afectada por múltiples y diversos factores, ya sea, al interior de esta o provenientes del exterior. Por este motivo, diferentes términos han sido utilizados para referirse a dichos aspectos. Scherrer-Rathje, Boyle y Deflorin (2009) prefirieron una denominación más literal y determinaron que: la falta de comunicación entre los trabajadores de distintos departamentos era la principal causa de fracaso. Autores como, Achanga et al. (2006) y León y Farris (2011) identificaron que la falta, tanto de: recursos humanos, como de recursos financieros incidían en el nivel de adopción, llamándolos: factores clave de éxito. El término barrera ha sido utilizado por diversos autores como: Sim y Rogers (2009), Bhasin y Burcher (2016), Panizzolo et al. (2012) y Moyano-Fuentes y Sacristán-Díaz (2012). Para el desarrollo de esta tesis, elegí el término obstáculo por dos razones, por un lado, porque es menos ambiguo que términos neutros como: factor o aspecto, por el otro, el término obstáculo invita a la superación de este, mientras que la palabra barrera sugiere separación, división. Por su parte Marodin y Saurin (2014) utilizaron el término riesgos, considero que la reinterpretación como obstáculo es más adecuada para este estudio. Pues, la gestión de riesgos hace hincapié a la antelación de posibles resultados —de un proceso futuro—, más que en el análisis de

determinada situación en el momento presente, tal y como se atiende, tal cuestión, en la presente tesis. Así, el término obstáculo hace referencia a cualquier desviación que comprometa la efectividad, eficacia y eficiencia de dicho proceso.

En líneas generales, la literatura en administración de operaciones sugiere que elementos del contexto pueden representar obstáculos que inhiben la adopción de prácticas que técnicamente parecen racionales (Nelson y Winter, 2016). Marodin y Saurin (2013) identificaron 25 factores que limitan al proceso de adopción. Tales factores se agruparon en función de asociación respecto a la teoría socio técnica, es decir, en: factores humanos, factores técnico y factores organización del trabajo (Hendrick y Kleiner, 2001). Tal categorización es coherente con los resultados de estudios anteriores, que señalan que obstáculos culturales y de gestión son los más difíciles de controlar por las empresas y por ende los de mayor incidencia en el nivel de adopción de PE (Bhasin y Burcher, 2006). Además, la diversidad de factores es coherente con el supuesto de que la adopción de PE es una tarea compleja e internacional (Lian y Van Landeghem, 2007). Sarhan y Fox (2018) en su estudio categorizaron sus resultados; encontrando que el 55% mencionan la importancia del apoyo y/o el compromiso de la dirección. Sin embargo, ninguno de ellos describe claramente los criterios para distinguir un equipo directivo que apoya de uno que no apoya. En este sentido, la falta de apoyo por parte de la dirección fue citada por estudios realizados en diferentes regiones, tamaños y tipos de empresas, lo que indica cierta generalización.

Para autores como AlManei et al, (2017) la adopción de la PE representa no sólo cambios en la estructura empresarial, sino la continua renovación en todos los niveles, desde el desarrollo de competencias y habilidades por parte de la mano de obra, modificaciones en el organigrama orientado a la verticalidad en la cadena de mando, así como en el tipo de gestión que ha de desplegar la gerencia, para así; satisfacer las necesidades siempre cambiantes de clientes externos e internos. Al respecto Kotter (2018) indicó que sólo el 30% de todos los programas de cambio aplicados tienen éxito. LaClai y Rao (2020) haciendo eco a la investigación de Kotter, indicaron que el 58% de los programas de adopción no alcanzan a obtener los beneficios esperados. Eaton et al. (2021) presentan datos aún más dramáticos, afirmando que tres de cuatro —75%— de los programas de cambio terminan fracasando.

Otro aspecto importante es que dentro la literatura es más fácil encontrar estudios que evidencien casos de éxito, más no de fracasos. Es común que, éstos últimos, se mantengan

en la sombra Marodin y Saurin (2014). Caso contrario, los estudios de grandes empresas bien posicionadas si se dan a conocer, debido sobre todo al alto perfiles de los proyectos. Por tanto, no es de extrañar que la evidencia disponible respecto a fracasos en la adopción de PE no es el tema más publicado dentro de la literatura. Puesto que ciertamente, las empresas no desean ser evidenciadas por inversiones fallidas. En este respecto, AlManei *et al.*, (2017) indican que las principales causas que impiden —de forma total o parcial—la adopción se relaciona con: incumplimiento los proveedores, el liderazgo de directivos, el involucramiento del personal, las mismas prácticas y el sistema de producción en sí mismo. Kumar y Kumar (2015) determinaron que la falta de recursos —ya sea humanos o financieros—, así como de medios de comunicación adecuados limitan la adopción de PE. Afirman también que, dado que muchas empresas se apoyan en terceros externos para llevar a cabo la introducción e implementación, la calidad de los consultores resulta fundamental. En este sentido, el conocimiento superficial del tema y la ausencia de modelos prácticos de implementación dan lugar a confusión convirtiéndose en obstáculos. Por tanto, es evidente que el conocimiento del tema es también de suma importancia. Por lo que, la ausencia de este, tanto a nivel de práctico — prácticas y herramientas— como a nivel filosófico —actividades de gestión— pueden convertirse en obstáculos importante para la adopción. Kumar y Kumar (2015) simplificaron sus resultados; creando siete categorías. Estas son, gestión, recursos, conocimientos, conflictos, empleados, financieros y experiencia.

La gerencia puede ser tanto un obstáculo como un motor para la adopción de lean. Cuando se considera a la dirección como un obstáculo, hace referencia a actitudes y conductas específicos, tales como la falta de enfoque, la falta de apoyo a las actividades de adopción, fallos en generar el sentido de urgencia necesario —priorizar otras tareas por encima de la adopción— y el no tener la capacidad de observar los beneficios en el largo plazo, por mencionar algunos. La resistencia al cambio por parte de los empleados es un obstáculo recurrente. Por lo general tiene sus raíces en el miedo; miedo a lo desconocido, miedo a equivocarse y la autocomplacencia (AlManei *et al.*, 2017). En otros estudios, la investigación se ha centrado en identificar y clasificar los factores de éxito como medio para superar los obstáculos. Hamid (2018) identificó ocho factores organizativos internos y dos factores externos

En definitiva, diversos autores concuerdan en que los factores que restringen o limitan la

adopción están relacionados con aspectos culturales y contextuales, así como a aspectos de liderazgo y resistencia al cambio por parte de los empleados (Cooney, 2002; Bhasin y Burcher, 2016; Anand y Kodali, 2010). Scherrer et al, (2014) afirman que la adopción de un nuevo sistema es una tarea compleja que suele venir acompañada de un gran número de obstáculos y que normalmente no se logra implementar rápidamente. Karim (2013), por otra parte, advierte que dos ideas erróneas limitan la implementación de estas prácticas: en primer lugar, la creencia de que todos los procesos en la organización ya son eficientes y no pueden mejorarse y, segundo que, en tanto los beneficios de PE no son inmediatamente tangibles, no son reales. De esta forma, las empresas han encontrado diferentes obstáculos que impiden la adopción, parcial o total de ciertas prácticas (Almeida y Saurin, 2015). Los principales obstáculos identificados en la literatura son: 1) errónea comprensión de los conceptos y principios; 2) falta de compromiso de la gerencia; 3) gestión incorrecta de recursos; 4) desconocimiento en el “know-how”; 5) la resistencia al cambio; 6) la cultura e historia de la empresa; 7) los resultados no son percibidos a simple vista (Marvel y Standridge, 2009).

El argumento ante estos resultados recae en la ausencia de un marco contextual, lo cual genera diversos inconvenientes a la adopción de PE (Lillrank 1995; Strang y Kim 2005). Más aun, se cree que, el principal motivo por el que no se alcanzan mayores beneficios, es la incorrecta comprensión de los principios y la falta del “know-how” particular de cada práctica (Mostafa, Dumrak y Soltan, 2018). Por este motivo, hay empresas que han venido haciendo uso incorrecto de PE de varias maneras. En primer lugar, simplemente al no utilizar la técnica o herramienta adecuada; en segundo lugar, las empresas tienden utilizar una única práctica para atender diversos tipos de problemas y, tercero, suelen utilizar un mismo conjunto de prácticas para cada problema. (Pavnaskar *et al.*, 2013).

Por su parte Hines *et al.*, (2020) atribuyen los resultados negativos de la adopción al enfoque orientado a resultados fáciles en el corto plazo, centrado únicamente en la imitación de formas de trabajo, adoptado por algunas empresas. Al respecto, Bhasin y Burcher (2016) afirman que el éxito del modelo no sólo se trata de replicar y aplicar las prácticas, sino también, de realizar el ajuste —necesario— en la cultura de la empresa. Se debe agregar que, la literatura especializada en gestión de operaciones advierte que, los factores del contexto pueden constituir fuertes fuerzas de inercia para las empresas, las cuales terminan por obstaculizar la adopción, incluso cuando las prácticas de PE parecen, desde el punto de vista

técnico-operacional, racionales (Shah y Ward, 2003).

Habría que decir también que, los autores recalcan que ha de ser necesario entender que la PE es una metodología que, para su completa adopción y exitosa aplicación, requiere ser adaptada al contexto cultural particular. Dicho lo anterior, es posible explicar los bajos índices de adopción reportados. Pongamos por caso a Repenning y Sterman (2001) quienes argumentan que las empresas utilizan la adopción casi como una moda y afirman que mientras el: "número de herramientas para mejorar el rendimiento operativo está creciendo rápidamente, por otro lado, a pesar de los éxitos espectaculares de unas cuantas empresas, la mayoría de los esfuerzos por aplicarlas no consiguen resultados significativos".

Otros investigadores han detectado una tendencia a la adopción de los principios del modelo de PE que no sólo afecta a las empresas internamente, sino también externamente.

Otro rasgo de la aplicación incorrecta es que, conduce al desperdicio de los recursos y disminuye la confianza de los empleados en el uso de PE (Marvel y Standridge, 2019).

La evidencia sugiere que varios factores organizacionales, como la cultura, la estructura y la historia, pueden favorecer o inhibir la adopción de PE entre las empresas dedicadas a la manufactura (Shah y Ward, 2003)- Al mismo tiempo, Kumar y Mitra (2017) sostienen que, para una correcta y efectiva adopción se deben tener en cuenta los obstáculos antes de iniciar con la adopción y deben respaldarse con un plan de acción para superarlos; dado que estos conducen al mal uso de recursos, a la desconfianza y desmotivación del personal (Marvel y Standridge, 2019).

En definitiva, las barreras para la adopción de PE varían entre las distintas empresas. A su vez, estas están directamente relacionadas con el contexto espaciotemporal en el que se lleva a cabo la adopción. Al respecto, en la literatura se identifican un número considerable de variables que interfieren la adopción de las prácticas de PE. En este sentido Bhaasin y Burcher (2006), concluyeron que los obstáculos están relacionados con la resistencia al cambio y la falta de apoyo por parte de la gerencia. Diferentes autores se han dado a la tarea de enumerar las barreras que se presentan con mayor frecuencia, (Turesky y Connell, 2010; Boyle, Scherrer-Rathje, y Stuart, 2011; Losonci, Demeter y Jenei, 2011). Sin embargo, debido a la falta de estudios empíricos cualitativos en el tema, resulta casi imposible describir la naturaleza, el origen, las implicaciones, así como la relación, que tienen estas barreras, con el desempeño de las organizaciones y en qué sentido impacta en la competitividad de esta.

Hay dentro de la literatura, basta información referente a métodos de adopción. Sin embargo, no existe alguna técnica o método que permita a las empresas minimizar, mucho menos evitar la aparición de los obstáculos asociados a la adopción de PE. Es por este motivo que, resulta de suma importancia, realizar un estudio de carácter empírico en la industria Sonorense, para de esta forma identificar y/o comparar si los obstáculos identificados en la literatura están presentes dentro de la industria manufacturera de la región.

La PE como filosofía considera la interrelación y el efecto sinérgico de estas prácticas para mejorar los niveles generales de productividad y calidad de productos y/o procesos, reducción y eliminación de desperdicios, mayor integración e interacción entre departamentos o equipos de trabajo y autonomía de la fuerza laboral. Según lo articulado por Liker (2004, p. 7) "...ser un fabricante esbelto requiere una forma de pensar que se centre en hacer que el producto fluya a través de procesos de valor agregado sin interrupciones, con (flujo de una sola pieza, un sistema de jalón de materiales, y una cultura de mejora continua..."

De manera similar, Shah y Ward (2007, p. 791) definen la producción ajustada como "...un sistema sociotécnico integrado cuyo objetivo principal es eliminar el desperdicio al reducir o minimizar simultáneamente la variabilidad interna de proveedores y clientes..."

El gran volumen de literatura e investigación esbelta, combinada con su adopción internacional en una multitud de industrias, atestigua que este sistema de producción, desarrollado originalmente por Taichí Ohno para la industria automotriz japonesa, ha demostrado su valor mucho más allá de su región geográfica y sector industrial originales. En conclusión, la PE es un concepto multifacético, por lo que su adopción resulta una tarea más que compleja. Con base en la revisión al estado del arte considero que el éxito de una correcta adopción se compone en gran medida por la observancia de ciertos elementos estratégicos y fundamentales de PE, tales como: involucramiento y compromiso por parte de la gerencia, involucramiento y autonomía de los empleados, adecuado flujo de información y recursos, y talvez el más significativo y al mismo tiempo difícil de gestionar, el ajuste cultural, es decir, en qué dirección y en qué medida se debe ajustar la parte técnica al elemento humano, o como la parte social se disuelve entre el conjunto diversificado de las prácticas y herramientas comprendidas en la PE.

3.6. Estudios Sobre la Adopción y su Impacto en el Desempeño

De la revisión que se hizo al estado del arte se pudo identificar que en el quehacer académico cuando de medir el impacto de la adopción del método esbelto se trata, diversos autores han estudiado la adopción de PE en empresas utilizando diferentes indicadores y medidas de medición. Por ejemplo, Bayou y de Korvin (2008) desarrollaron un modelo que mide el nivel de adopción. Basándose en prácticas como Justo a tiempo, control de calidad y kaizen, compararon a GM y Ford teniendo a Honda como referencia, concluyendo que Ford era 17% más esbelta que GM. Soriano-Meier y Forrester (2002) utilizaron nueve variables para medir la adopción dentro del sector cerámico del Reino Unido y el sector de maquinaria agrícola de Brasil (Forrester et al. 2010). Por su parte Anvari, Zulkifli y Yusuff (2013) desarrollaron un método para evaluar el impacto de los atributos específicos de “leanness” y determinaron que, los defectos, el costo, el tiempo de entrega y el valor agregado son elementos cruciales en la adopción. Wan y Frank Chen (2008) propusieron una medida global para evaluar el nivel de esbeltez y consideraron el costo, el valor y el tiempo para evaluar el nivel de adopción. Por último, Vinodh y Vimal (2012) desarrollaron un modelo que mide el nivel de esbeltez basándose en 30 criterios bajo un enfoque de lógica difusa. Sin embargo, aunque el nivel de adopción se relaciona con el rendimiento operativo, varios autores han investigado el impacto de las prácticas esbeltas en determinadas medidas individuales. Por un lado, Rahman, Laosirihongthong y Sohal (2010) descubrieron que en empresas manufactureras tailandesas el JIT, la reducción de desperdicios y el flujo continuo son las prácticas cuyo impacto sobre el rendimiento operativo resultó ser más significativo. Además, determinaron que la adopción del JIT es mayor en empresas grandes, mientras que la reducción de desperdicios es más utilizada por Pymes. Shah y Ward (2007) proporcionaron un marco que incluye métodos como JIT, Gestión de Calidad Total (TQM), Mantenimiento Productivo Total (TPM), Gestión de Recursos Humanos (GRH), todos, por cierto, relacionados positivamente con el rendimiento operativo. En otro estudio, Shah y Ward (2003) determinaron que no siempre el hecho de ser empresa grande no significa un rendimiento operativo superior y que, cuando se tienen en cuenta los efectos del JIT, la TQM, el TPM y el Kaizen su impacto resulta negativo. En este tenor Bhasin (2012) encontró que, en comparación con las Pymes, las empresas grandes lograron mayores mejoras. Cua, McKone-

Sweet y Schroeder (2006) descubrieron que las prácticas JIT, el TPM y la TQM afectan positiva y significativamente la calidad, la reducción de costos, la flexibilidad y el tiempo de entrega. Taj and Morosan (2011) encontraron que la cadena de suministro, la GRH y el Sistema de Producción Flexible tienen notables efectos positivos en las medidas de Producción flexible y Flujo Continuo, mientras que calidad sólo se relaciona con el diseño del sistema de producción. Lawrence y Hottenstein (1995) estudiaron el JIT y, en contraste con las conclusiones de Sakakibara et al, (1997) encontraron una fuerte asociación con desempeños superiores. Thun, Drüke y Grübner (2010) descubrieron que, a mayor nivel de adopción, mayor es el rendimiento. Bortolotti, Danese y Romano (2013) encontraron un efecto positivo de JIT en el rendimiento operativo, y que este último no se ve afectado por el nivel de personalización del producto, mientras la variabilidad de la demanda tiene un impacto significativo en el rendimiento, en términos de capacidad de respuesta y eficiencia. Searcy (2009) consideró que el estudio del nivel de adopción resultaba clave para su éxito. Fullerton y Wempe (2009) encontraron que indicadores no financieros mediaban la relación entre el rendimiento financiero y el nivel de adopción. Hallgren y Olhager, (2009) encontraron que la PE impacta al rendimiento de los costes a gran escala, mientras que la fabricación ágil tiene un impacto significativo en el volumen y en la flexibilidad de la mezcla de productos, algo que la PE no hace. Rivera y Frank Chen (2007). Dora et al, (2013) descubrieron que la productividad y la calidad fueron las que más mejoraron gracias a la adopción de PE. Además, el análisis reveló diferencias significativas, en la mejora de las medidas operativas estudiadas, entre los países en los que se adoptó la PE. Por su parte McIvor (2001) y SorianoMeier y Forrester (2002) apostaron por el uso de algunas variables clave (oferta ajustada, costos de producción y calidad) para evaluar la delgadez de la organización. Las medidas dependen en gran medida del contexto y se basan en necesidades y objetivos de cada organización (Radnor y Boaden 2004).

3.7. Principales Prácticas Identificadas en Estudios Previos

La PE ha evolucionado hasta convertirse en una de las metodologías de mejora de procesos más conocidas, aunque muy debatidas. Su desarrollo parte de una descripción genérica del

TPS, pasando de un listado de prácticas de manufactura a un sistema socio técnico integrado, que comprende no solo un conjunto de prácticas de gestión, sino una filosofía empresarial que incluye tanto las prácticas adoptadas, como los cambios conductuales aplicados para eliminar el desperdicio y crear valor (Dal Pont *et al.*, 2018). La literatura sugiere que las empresas deberían adoptar aquellas prácticas polivalentes e interrelacionadas que operen de forma sinérgica, y así minimizar la posibilidad de generar desperdicio y, por lo tanto, aumentar las opciones de éxito en la adopción del modelo (Karlsson y Åhlström, 1996; Flynn *et al.*, 1999; Shah y Ward, 2003; Furlan *et al.*, 2011; Bertolotti *et al.*, 2015). Por ello, al examinar los estudios que abordan la PE, es importante distinguir entre aquellos que lo hacen desde un enfoque filosófico relacionado con principios rectores u objetivos generales, y aquellos que analizan el concepto desde una perspectiva práctica como un conjunto de prácticas, herramientas y métodos de gestión que pueden ser observadas empíricamente (Shah y Ward, 2007) y que pretenden mejorar el rendimiento operativo de las organizaciones (Bhasin 2012). Karlsson y Ahlstrom (1996) utilizaron un conjunto de medidas resumidas en forma de lista de control para evaluar el grado de adopción. Es posible identificar en la literatura un sin número de prácticas, entre las que se incluyen; producción por celdas de trabajo, mano de obra multifuncional, reducción del tamaño de lote, dispositivos poka-yoke, sistema kanban, personal involucrado, mantenimiento productivo total (TPM), reducción de tiempo de set-up, gestión de la calidad total (TQM), gestión de flujo continuo, estrategias de producción flexible, programas de seguridad e higiene, mediciones de control de proceso y entrenamiento de recursos humanos (HRM) (Karlsson y Åhlström, 1996; Flynn *et al.* 1999; Shah y Ward, 2007). La mayoría de los estudios redujeron una larga lista de prácticas clasificándolas en categorías de un orden mayor, mediante prácticas de reducción de datos (por ejemplo, Panizzolo, 1998; Shah y Ward, 2007; Furlan *et al.*, 2011;). Después de una extensa revisión de la literatura he llegado a la conclusión de que no hay consenso sobre el número ni una morfología específica de prácticas de PE que deberían agruparse. Por ejemplo, Koufteros *et al.* (1998) identificaron siete prácticas generales que conducen a la compresión de la producción basada en el tiempo. Flynn *et al.* (1999) identificaron diez prácticas principales que conducen a la fabricación de clase mundial. Además, los estudios de Shah y Ward (2003), Doolen y Hacker (2005), Karlsson y Åhlström (1996), y Panizzolo (1998) adquieren protagonismo ya que estos intentaron proponer amplias clasificaciones para las prácticas de PE. Shah y Ward (2003), a groso modo, clasificaron las prácticas en cuatro

grupos, a saber, JIT (incluye prácticas como la reducción del tamaño de los lotes, el sistema pull y la reducción del tiempo de ciclo), TQM (incluye prácticas relacionadas a la gestión de calidad, las mediciones de la capacidad de los procesos y el programa formal de mejora continua), TPM (incluye prácticas como el mantenimiento predictivo o preventivo, los programas de mejora de la seguridad y las estrategias de planificación y programación) y HRM (incluye los equipos de trabajo auto dirigidos para la solución de problemas y la mano de obra flexible e multifuncional). Karlsson y Åhlström (1996) identificaron nueve prácticas; eliminación de desperdicio, mejora continua, cero defectos, entregas a tiempo, JIT, reducción de inventarios, equipos multifuncionales, involucramiento del personal, creación de flujo y adherencia al plan de producción. Algunos investigadores como Wheel Wright (1984) y Sakakibara et al. (1997) redujeron las categorías simplificándolas aún más. Wheel Wright (1984) dividió las prácticas en dos amplios grupos de elementos estructurales e infraestructurales. El primero incluía la capacidad instalada, las instalaciones físicas, la tecnología y la integración vertical, mientras que el segundo incluía la mano de obra, calidad, planeación de materia prima e insumos y la programación de operaciones de producción. Sakakibara et al. (1997) también partieron de dos amplias categorías, por un lado, de infraestructura y por otro JIT. El grupo infraestructura estaba formado por: gestión de calidad, gestión de mano de obra, la estrategia operativa y el diseño de los productos, mientras que el grupo JIT comprendía la reducción del tiempo de set-up, producción flexible, el mantenimiento productivo, tiempo de ciclo, sistema Kanban y reducción de lead time. Marodin y Saurin (2013) identificaron cinco criterios comparativos respecto al desarrollo de métodos para evaluar el grado de adopción de PE. Los cinco criterios comunes en los que las empresas encuentran similitudes metodológicas y al mismo tiempo se diferencian de la mayoría son: 1) la cantidad de prácticas/prácticas incluidas; 2) la unidad de análisis; 3) el giro industrial al que pertenecen las empresas; 4) el método utilizado, y 5) las fuentes de evidencia que el método utiliza para reunir la información

En cuanto al número de variables o ítems, la variación en el número de prácticas y métricas de rendimiento adoptadas por cada método es resultado de los desacuerdos sobre el alcance y la estructura de PE. Lo anterior, dificulta el contraste de datos, así como la comparación de resultados obtenidos por diferentes métodos. Respecto a la unidad de análisis, la gran mayoría de estudios se centran en el piso de producción, como una entidad única. La falta de métodos centrados en unidades más pequeñas es un inconveniente, ya que la adopción es gradual y

suele comenzar con la mano de obra, equipo de trabajo o departamento. En cuanto al sector industrial sólo 2 (9%) de los 23 métodos hacen hincapié en el sector servicios. Los demás métodos se dirigen todos a algún tipo de industria manufacturera. En cuanto al método utilizado; cuatro —el 70%— estudios evaluaron únicamente el uso de prácticas lean. Sólo dos métodos evaluaron el uso de prácticas lean y los resultados, al mismo tiempo: uno propuesto por Shah y Ward (2007) y otro por Gurumurthy y Kodali (2009). En cuanto a las fuentes de información cinco —el 83%— estudios utilizaron sólo una fuente de pruebas para recoger los datos para la evaluación. Sólo cuatro estudios utilizaron más de una fuente de evidencia (Bhasin, 2011; Gurumurthy y Kodali, 2009; Lasa, Castro y Laburu, 2009; Saurin, Marodin y Ribeiro, 2011). Además, el 48% de los estudios utilizaron únicamente cuestionarios de autoevaluación, lo que supone un inconveniente, ya que se basaron únicamente en la percepción de los encuestados sobre el nivel de adopción.

Por lo tanto, los métodos de evaluación del nivel de adopción deberían hacer hincapié en el uso de múltiples fuentes de evidencia, que es una buena práctica conocida para la auditoría en general (Chiesa, Coughlan y Voss 1996), ya que permite la triangulación de datos (Yin 2003). Las simulaciones se utilizaron como fuente de pruebas para evaluar el grado de utilización de PE en el 30% de los estudios (Seth y Gupta, 2005; Rivera y Chen, 2007; Anand y Kodali, 2008; Wan y Chen, 2009; Al-Aomar, 2011; Arbós, Santos y Sánchez, 2011; Abdallah et. al, 2019). De hecho, esos fueron los estudios con mayor orientación cuantitativa identificados por esta revisión bibliográfica, considerando todas las áreas de investigación. Estos métodos implican la modelización matemática de procesos de producción, con el objetivo de evaluar cómo la aplicación de PE impacta en las métricas de rendimiento operativo. En concreto, Rocha-Lona, Garza-Reyes y Kumar (2013) consideran que los métodos fundamentales de PE son el Justo a tiempo (JIT), el Mantenimiento Productivo Total (TPM), Jidoka —la autonomización— y el Kaizen —la mejora continua—. El JIT es un método que establece que una organización debe producir el producto adecuado en el momento adecuado (Womack y Jones 2003); esto ayuda a reducir los inventarios, la utilización del espacio y los posibles desperdicios. Las herramientas más asociadas al JIT son el flujo de una pieza (one piece flow), el Sistema Pull, el Takt Time, Celdas de Producción, la Producción Nivelada (Heijunka), el Sistema Kanban, el Control Visual (andón), Empleados Multifuncionales y las Compras JIT (Kumar 2010; McLachlin 1997; Rocha-

Lona, Garza-Reyes y Kumar 2013). En el caso del TPM, se trata de un método de PE que contribuye a la optimización de las actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo para lograr el máximo nivel de eficiencia y beneficio de los equipos de producción (Brah y Chong 2004). Para lograrlo, el TPM se apoya en herramientas como la eficacia global de los equipos (OEE), los cambios rápidos de set up (SMED), las 5S's, el Mantenimiento Autónomo, Círculos de Calidad, y la Seguridad e Higiene en el Trabajo (Brah y Chong 2004; Rocha-Lona, Garza-Reyes y Kumar 2013). La autonomización, mejor conocida como Jidoka, es un método que tiene como objetivo la reducción de los defectos de calidad con el uso de herramientas que incluyen dispositivos de prueba de errores o Poka-Yokes, Sistemas de Control Visual —andones y un sistema de trabajo completo (Shingo 1986). En el caso del VSM, se trata de un método de PE que identifica y mide visualmente las fuentes de desperdicios resultantes de la ineficacia, la falta de fiabilidad y/o la incapacidad de la información, el tiempo, el dinero, el espacio, las personas, las máquinas, el material y las herramientas durante el proceso de transformación de un producto (Pavnaskar, Gershenson y Jambekar 2003). Rocha-Lona, Garza-Reyes y Kumar (2013) consideran que el Control de Proceso, el Kaizen, o Mejora Continua, es uno de los procesos más importantes en una empresa esbelta. El Kaizen se centra en la eliminación de los desperdicios mediante la mejora continua e incremental de los procesos. Una vez integrado en la cultura empresarial, el Kaizen actúa como plataforma para el mantenimiento de las prácticas esbeltas (Imai, 2012; Rocha-Lona, Garza-Reyes y Kumar (2013), Bhuiyan y Baghel (2005) y Lyu (1996) sugieren que las 5S's, la lluvia de ideas, el Flujo Continuo, el Sistema Kanban, la hoja de comprobación de datos, los cinco porqués, los gráficos de ejecución, los Diagramas de Pareto, el VSM, el diagrama de Gantt, los mapas de procesos y los PDCA son las herramientas que más contribuyen a la estrategia Kaizen.

3.7.1. Criterios Empleados en Estudios Previos

Marodin y Saurin (2013) identificaron cinco criterios comparativos respecto al desarrollo de métodos para evaluar el grado de adopción de PE. Los cinco criterios comunes en los que las

empresas encuentran similitudes metodológicas y al mismo tiempo se diferencian de la mayoría son: primero, la cantidad de prácticas/prácticas incluidas; segundo, la unidad de análisis; tercero, el giro industrial al que pertenecen las empresas; cuarto, el método utilizado y, quinto, las fuentes de evidencia que el método utiliza para reunir los datos. En cuanto al número de variables o ítems, la variación en el número de prácticas y métricas de rendimiento adoptadas por cada método es resultado de los desacuerdos sobre el alcance y la estructura de PE. Lo anterior, dificulta el contraste de datos, así como la comparación de resultados obtenidos por diferentes métodos. Respecto a la unidad de análisis, la gran mayoría de estudios se centran en el piso de producción, como una entidad única. La falta de métodos centrados en unidades más pequeñas es un inconveniente, ya que la adopción es gradual y suele comenzar con la mano de obra, equipo de trabajo o departamento. En cuanto al sector industrial sólo 2 (9%) de los 23 métodos hacen hincapié en el sector servicios. Los demás métodos se dirigen todos a algún tipo de industria manufacturera. En cuanto al método utilizado; cuatro —el 70%— estudios evaluaron únicamente el uso de prácticas lean. Sólo dos métodos evaluaron el uso de prácticas lean y los resultados, al mismo tiempo: uno propuesto por Shah y Ward (2007) y otro por Gurumurthy y Kodali (2009). Respecto a las fuentes de información cinco —el 83%— estudios utilizaron sólo una fuente de pruebas para recoger los datos para la evaluación. Sólo cuatro estudios utilizaron más de una fuente de evidencia (Bhasin, 2011; Gurumurthy y Kodali, 2009; Serrano Lasa *et al.*, 2009; Saurin, Marodín y Ribeiro, 2011). Además, el 48% de los estudios utilizaron únicamente cuestionarios de autoevaluación, lo que supone un inconveniente, ya que se basaron únicamente en la percepción de los encuestados sobre el nivel de adopción.

Por lo tanto, los métodos de evaluación del nivel de adopción deberían hacer hincapié en el uso de múltiples fuentes de evidencia, que es una buena práctica conocida para la auditoría en general (Chiesa, Coughlan y Voss 1996), ya que permite la triangulación de datos (Yin, 2003). Las simulaciones se utilizaron como fuente de pruebas para evaluar el grado de utilización de PE en el 30% de los estudios (Al-Aomar, 2011; Anand y Kodali, 2008; Arbós, Santos y Sánchez, 2011; Rivera y Chen, 2007; Seth y Gupta, 2005; Wan y Chen, 2009, Abdallah *et al.*, 2019). De hecho, esos fueron los estudios con mayor orientación cuantitativa identificados por esta revisión bibliográfica, considerando todas las áreas de investigación. Estos métodos implican la modelización matemática de procesos de producción, con el

objetivo de evaluar cómo la aplicación de PE impacta en las métricas de rendimiento operativo.

3.8. Conclusiones

La revisión al estado del arte permite superar la confusión conceptual que gira en torno al concepto esbelto, permitiendo extraer un conjunto de medidas operativas que pueden utilizarse para su estudio. La literatura hace notar que muchas de las empresas de Estados Unidos, Europa y Asia han venido adoptando las prácticas y métodos de PE para mantenerse competitivas. Los resultados advierten que los principios de PE mejoran la competitividad y el rendimiento de la industria manufacturera. La adopción de PE no solo incluye la aplicación de un conjunto de principios y prácticas, sino también la exploración sinérgica de sus elementos y la adaptación a las particularidades de cada empresa. De la revisión que se hizo al estado del arte se pudo identificar que en el quehacer académico al medir el impacto de la adopción varios investigadores han utilizado diferentes indicadores particulares. Además, aunque el nivel de adopción se relaciona con el desempeño operativo, académicos han investigado el impacto de las prácticas esbeltas en determinadas medidas individuales.

La evidencia respecto a la adopción de sus principios fundamentales puede reportar muchos beneficios como, mayor productividad, mayor rentabilidad, mayor calidad, mayor satisfacción del cliente, mejor planeación, reducción de tiempos de entrega, menos desperdicios, reducción de costos, mejoras en la producción, mejoras en el diseño —de producto y proceso— y mayor seguridad en el área de trabajo

Ahora bien, existe cierta tendencia a la simplificación excesiva del modelo, reduciéndolo a un conjunto de herramientas para mejorar la productividad, sin embargo, su adopción tiene implicaciones —directas e indirectas— en varios aspectos en una organización. Por tanto, el nivel de adopción, en cualquier empresa suele verse afectada por múltiples y diversos fenómenos. En líneas generales, la literatura sugiere que factores contextuales pueden significar fuertes obstáculos e inhiben la adopción de prácticas que técnicamente parecen racionales.

Los resultados muestran que las empresas localizadas en México tienen limitaciones en la adopción de sistemas flexibles, lo cual repercute en su competitividad. Reyes-Aguilar, (2002) afirma que la aplicación de estas prácticas es muy limitada en Pymes a pesar de que su adopción es factible. No obstante, en México, la adopción de PE ha favorecido la concentración de proveedores en torno a grandes ensambladoras de exportación. Se ha encontrado que entre mayor es la magnitud del proyecto exportador de la ensambladora, mayor es la probabilidad de observar formas modulares de asociación entre ella y sus proveedores. De igual forma, la integración de elementos, encaminados a una forma de operación más flexible ha probado ser el medio más empleado por las empresas manufactureras para alcanzar estándares internacionales bajo un sistema de mejora continua. Por otra parte, aun cuando los sistemas flexibles son, teóricamente, indisolubles y dado que por su puesta en marcha simultánea es posible operar con niveles internacionalmente competitivos, la adopción en México dista mucho de ser completa. Los estudios al respecto muestran que la adopción de dichos sistemas en la industria manufacturera es en términos generales, inconexa y sin un enfoque integral. Incluso se reportan casos, donde a nivel gerencial llegan a confundir métodos como el JIT o Sistemas de Calidad Total con el uso de algunas de sus herramientas básicas, como el control estadístico de procesos, los diagramas de detección de errores, o a interpretarlos como meros instrumentos para reducir inventarios. Concretamente Gómez-Aguirre (1990) concluyó: por un lado, las compañías están más interesadas en resolver problemas de desperdicio de material, horas de retrabajo o lotes de productos con baja calidad, que en desarrollar estrategias de organización de la producción; por el otro, los sistemas de Calidad Total son básicamente diseñados en términos estáticos, a causa de que las empresas no incorporan la noción de aprendizaje gradual a través de diferentes etapas de desarrollo, y además, el grado de “madurez organizacional” de una compañía no es considerado en la planeación y diseño de los procesos de calidad.

En Sonora, la difusión en cuanto a métodos de gestión y de eficiencia técnica y productiva ha sido, sin duda alguna, desigual y contradictoria, según las regiones y las circunstancias específicas del contexto espacio-tiempo. En general, diversos autores concuerdan que, el resultado de la reestructuración industrial ocurrida en Sonora se resume por la divergencia de modelos de producción y métodos de trabajo, así como en los diversos niveles de flexibilidad operativa alcanzados entre las empresas. Por un lado. Se señalan efectos adversos

en las condiciones de trabajo, principalmente para los empleados, manifestados por ritmos de trabajo intensificados, horarios prolongados, la desaparición de sindicatos, un clima laboral de presiones generalizadas, en donde el patrón por medio de un líder(es), gerente(s) o directivo(s) pretende disponer ilimitadamente del tiempo, habilidades y conocimiento de los empleados.

Gran parte de los estudios sobre programas de adopción del modelo esbelto confirman que en la mayor parte de los casos la aplicación de prácticas niponas ha sido efectiva de manera parcial, incompleta y/o distinta entre empresas, es decir, implementando solo algunas prácticas de interés, ya que el modelo no es visto, percibido o entendido como un todo orgánico (Lara, 1988).

Son muchos los autores que han señalado la falta o insuficiencia de una teoría coherente (Flynn, Sakkakibara, Flynn *et al.*, 1995; Schmenner y Swink, 1998). Otros han criticado la transferibilidad de PE a distintos rubros (Cooney, 2002; James-Moore y Gibbons, 1997). Otro tema muy popular radica en los efectos negativos que tiene el modelo en la mano de obra (Delbridge, *et al.*, 1992; Benders y Morita, 2004; Coffey y Thornley, 2006).

4. TEORIA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA: CONCEPTOS, PRINCIPIOS, MÉTODOS, PRÁCTICAS Y ESBELTAS

El objetivo de este capítulo es profundizar en el complejo mundo de PE a través de sus múltiples prácticas, métodos y prácticas esbeltas. Para lograr tal objetivo el capítulo inicia con los antecedentes históricos y de contexto respecto el desarrollo de las distintas prácticas y métodos desarrollados inicialmente en Toyota y que después serían difundidos como un Sistema de Producción Esbelto. En paralelo se desarrollan conceptos claves, propios del lenguaje "esbelto", así como los fundamentos en la identificación y eliminación de los 8 tipos de desperdicios. Por último, se describen los principales método, prácticas y prácticas de la filosofía esbelta, así como su interrelación como sistema de producción.

4.1. Antecedentes Históricos y de Contexto del Sistema de Producción Toyota

A finales del siglo XIX, en el año de 1894 en Japón, Sakichi Toyoda —fundador del Grupo Toyota— cansado de ver los problemas que tenía su madre al trabajar con telares manuales, desarrolló un telar automático que, por su calidad y productividad, fue considerado el telar más avanzado de su época y, constituyó el primer paso para la revolución textil japonesa (Pavnaskar, Gershenson y Jambekar, 2013). Mediante el uso de sensores —que el mismo Toyoda diseñó— el telar era capaz de detectar variaciones en la posición de los hilos. Así, cuando uno de estos se rompía o perdía su posición, el telar era capaz de detener su funcionamiento, evitando así, la producción de errores y el desperdicio de recursos (Karney y Morris, 2015). El nuevo telar no solo representó el cambio de un trabajo manual a uno automatizado, sino que se añadió también, un dispositivo de detección de errores —Jidoka en japonés—. Lo que permitió que un solo trabajador, previamente entrenado, pudiera controlar hasta treinta telares, en comparación con el telar manual que requería de al menos una persona para su operación y ocasionalmente de algún técnico a capataz a cargo de atender cualquier desperfecto o desajuste, lo que mejoró significativamente la productividad,

reduciendo los costos de producción (Sugimori *et al.*, 1977).

Sakichi Toyoda llegó a tener su propia fábrica de telares automáticos. Estos operaban en base a tres principios: primero; detener las operaciones ante cualquier irregularidad, segundo; nunca fabricar productos defectuosos y, tercero; que el personal no tenga que vigilar constantemente las máquinas (Fujimoto, 1999). Para 1933, Kiichiro Toyoda —hijo de Sakichi— inspirado por la creciente industria automotriz de occidente, funda Automóviles Toyoda, como una división de la empresa de telares de su padre. EN 1935 logró lanzar su primer automóvil: el Toyoda AA. Un par de años después, en 1937, buscando separar el negocio de automóviles del de telares, se cambia el nombre a Toyota Motor Company. Quienes, con el objeto de no malgastar insumos y eficientar los procesos, deciden fabricar solo ante pedido, caso contrario a lo que venían haciendo en Ford que, baso su sistema de producción en economía de escala:

4.2. Fundamentos del Sistema de Producción Toyota

El fundamento del TPS es la reducción de costos mediante la eliminación o minimización de la variabilidad en relación con el suministro, procesamiento y la demanda. En este sentido, como se explicó antes, el modelo se sostiene sobre la base de producir no solo ante órdenes de los clientes, sino producir justo en el momento y en las cantidades requeridas. De esta forma se reducen costos mediante la eliminación de inventarios, actividades y/o recursos innecesarios. En la práctica, desde una perspectiva general el TPS tiene como objetivos: en primer lugar, controlar la cantidad que se fabrica; número dos, asegurar la calidad; por último y más importante —en mi opinión— respeto por la humanidad. En paralelo, los objetivos descritos se consiguen por el desarrollo de cuatro conceptos, todos fundamentales para el sostenimiento del TPS, a saber, el sistema Justo a Tiempo, Jidoka, el Mantenimiento Preventivo Total y el Kaizen o Mejora Continua. En simultaneo, Monden (1983) sostiene que el TPS es la eliminación absoluta de todo tipo desperdicio, por lo que se hace necesario la eliminación de todo desperdicio trabajo con los 8 tipos de desperdicios propuestos en el TPS. El TPS puede resumirse de manera breve y concisa en los siguientes puntos: primero,

la eliminación del desperdicio y suministro justo a tiempo de materiales e información; segundo, la excelente relación con los proveedores —basada en la confianza y transparencia— elegidos en función de su grado de compromiso y colaboración en el largo plazo; tercero, la participación activa y voluntaria de los empleados en decisiones relacionadas con la producción; cuarta, la capacidad del sistema para detener la producción; quinto, realizar tareas de mantenimiento preventivo y, sexto, aportar sugerencias de mejora.

4.2.1. Las 3M's de Toyota

“Mura”, “Muri” y “Muda” son tres palabras japonesas que forman parte de la filosofía de mejora continua —Kaizen—, elemento clave del TPS. Los conceptos trabajan en conjunto y se enfocan en identificar y eliminar todo aquello que entorpece cualquier proceso, es decir: el desperdicio, a veces también llamado despilfarro. La identificación y eliminación de las 3M's supone, a largo plazo, duraderos cambios organizacionales, como, producir sin errores ni defectos y responder a las necesidades del cliente sin incurrir en costos innecesarios.

En primer lugar, Mura, se puede traducir a variabilidad. Hace referencia a todo aquello que cause irregularidades, inconsistencias, incumplimientos, variaciones, o interrupciones en los procesos. Generalmente se debe a la falta de estandarización, provocando desequilibrios en el sistema de trabajo. Aunque, también puede ser causado por variaciones en la demanda, sobreproducción de productos innecesarios o eventos similares. Mura se contrarresta con prácticas como Heijunka —Producción nivelada—, el uso del kanban, control de procesos, Trabajo Estandarizado y, por supuesto, la metodología JIT.

Por su parte, Muri, significa exceso o sobrecarga, alto nivel de estrés o esfuerzo no razonable. Consiste en trabajar a un ritmo por encima de la capacidad del sistema de construcción implementado, provocando ineficiencias por cansancio del personal, deterioro de máquinas o equipos, cuellos de botella y tiempos muertos en el proceso. Surge principalmente a causa de una mala planeación o de la inflexibilidad de los procesos. Muri puede ser el resultado de Mura y, en algunos casos, puede ser causado por la eliminación excesiva de Muda. Muri también existe cuando las máquinas u operadores se utilizan con una capacidad superior al

100% para completar una tarea o de una manera insostenible. Muri durante un período de tiempo puede resultar en el ausentismo de los empleados, enfermedades y averías de las máquinas. Estandarizar el trabajo puede ayudar a evitar Muri al diseñar los procesos de trabajo para distribuir uniformemente la carga de trabajo y no sobrecargar a ningún empleado o equipo en particular. Esto nos lleva a la idea natural de que existen límites que no se deben sobrepasar o, mejor dicho, que no se deben sobrepasar de manera sistemática (no hablamos de esfuerzos puntuales, sino continuados y sistemáticos).

Por último, Muda, que significa desperdicio o despilfarro, palabra acuñada por Ohno e incluye todas las actividades que consumen recursos y no aportan valor al cliente. Desperdicio es también utilizar más recursos —materiales, máquinas y/o mano de obra— de los mínimos requeridos. Los tres conceptos se deben analizar en conjunto, ya que todos ellos son obstáculos para la creación de “valor”. El objetivo debe ser identificar y eliminar las 3M’s en las diferentes etapas del proceso, lo que permitirá, a largo plazo, cambios organizacionales, y así alcanzar una producción de bienes y servicios sin errores ni defectos, capaces de responder a los requerimientos y expectativas del cliente. La mayoría de las empresas sólo se enfocan en eliminar el Muda porque es más visible y fácil de identificar. No obstante, Mura y Muri muchas veces son las causas raíz del Muda, producto de las irregularidades y tensiones existentes. Por lo tanto, es conveniente prestar mucha atención a estos dos obstáculos para realmente hacer frente al Muda.

La variación es el principal enemigo del enfoque esbelto; ésta provoca sobrecargas —Muri— que desencadenan actividades que no aportan valor —Muda—. Asimismo, Muri puede ser una consecuencia de Mura y ambas pueden conducir a muda, incluso en alguna muda que ya habían sido eliminados anteriormente por lo que antes de enfocarse en los 8 desperdicios, es necesario para las empresas desarrollar un sistema de no Mura y no Muri que vaya más allá de la simple observación de un sólo proceso o de una operación en particular; uno que aplique un enfoque holístico en el que se incluya el flujo de valor completo (Womack y Jones, 2015), Cuando un proceso no está equilibrado —Mura—, esto conduce a una sobrecarga en el equipo, las instalaciones y las personas —Muri— que dará lugar a actividades sin “valor” lo que nos conduce a Muda. Para eliminar Mura y Muri hay que observar la totalidad del proceso, hacer un mapeo mediante la técnica Value Stream Mapping (VSM) y analizar el flujo de valor en cada etapa. De aquí la importancia de dar un paseo por el Gemba —Gemba

Walk²⁴—, hacerlo frecuentemente y de forma rutinaria, con el objetivo de observar el proceso, verificar lo que está ocurriendo y detectar a tiempo la aparición de alguna de las 3M's para poderlas analizar, controlar y eliminar.

La definición adecuada de estándares para las tareas a realizar es también parte importante de cualquier proceso y fundamental para evitar irregularidades y variaciones, y hace que las mejoras perduren en el tiempo. El trabajo rutinario diario bien definido, ayuda a los trabajadores a realizar su trabajo de forma correcta, sin causar anomalías. “Sin estándares no hay mejora posible”.

4.2.2. Los 8 Tipos de Desperdicio

Cualquier actividad de un proceso que no agregue "valor" –desde el punto de vista del cliente se denomina “desperdicio” y debe eliminarse. Hay casos donde los desperdicios son una parte necesaria del proceso y no pueden eliminarse, generalmente se consideran actividades secundarias o de soporte, pues existen en función de aquellas actividades primarias que definitivamente sí agregan valor. De lo contrario, todos los "Muda"(como los japoneses llaman a los desperdicios) deben ser eliminados. El modelo esbelto identifica ocho tipos principales de desperdicios. Al principio, pueden identificarse fácilmente en todos los procesos y los primeros cambios pueden suponer un gran ahorro. A medida que los procesos mejoren continuamente, la reducción de desperdicios será más gradual, ya que la empresa se esfuerza por conseguir un proceso sin residuos. La mejora continua es el núcleo del pensamiento esbelto.

Para Womack et, al. (1996), una empresa es rentable cuando controla y reduce al máximo el desperdicio. Para los autores, desperdicio es todo aquel recurso no aprovechado o mal utilizado en la elaboración de cualquier producto. Al mismo tiempo, plantean una tipología

²⁴ Gemba Walk se deriva de la palabra japonesa "Gemba" o "Gembutsu", que significa "el lugar real", por lo que suele definirse literalmente como el acto de ver dónde ocurre el trabajo real. Consiste en un recorrido por el lugar de trabajo cuyo objetivo es observar a los empleados, preguntarles por sus tareas e identificar las mejoras de productividad. Es un método sencillo pero potente para promover la mejora continua.

que integra los 8 tipos más comunes de desperdicio en las organizaciones.

1. **Sobreproducción:** es producir más de lo necesario o lo requerido. Es considerado el peor de los Muda pues automáticamente hace que aparezcan todos los demás. En esencia la sobreproducción, es la antítesis de uno de los fundamentos de TPS: producir únicamente lo que es demandado.
2. **Movimientos:** desplazamiento innecesario o que no agregue valor de personas, materia prima, máquinas, herramientas, etc. Puede ser causado por; diseño incorrecto del layout o del puesto de trabajo, mal estándar de trabajo, falta de organización, entre otros.
3. **Esperas:** tiempo de fabricación o trabajo durante los cuales no se aporta valor al producto. Se deben a innumerables razones como faltas de material, cuellos de botella en el proceso productivo, retrasos en la fabricación, falta de información, averías, impuntualidad, etc.
4. **Transporte:** el transporte en sí mismo no aporta valor al producto por lo que se hace necesario analizar de forma minuciosa cuáles son los flujos, las cantidades a desplazar y la frecuencia de estos de forma eficiente.
5. **Sobre procesamiento:** es común —algunas veces sin ser consciente de ello— que se realicen tareas u operaciones innecesarias, incluso que una misma tarea se realice dos o más veces, o que una misma actividad se realice de formas distinta dentro del mismo proceso. Algunos ejemplos pueden ser: empacar algo para su transporte al siguiente proceso, donde va a ser de nuevo desempaquetada, completar varias veces un mismo formato o documento, repasar una operación dos veces, para asegurarse que no se ha olvidado de algo.
6. **Inventarios:** ya sea de materia prima, material en proceso o producto terminado. Habitualmente, un exceso de cualquiera de los tres tipos suele justificarse como “amortiguador” ante pequeñas variaciones como; esperas, fallos de calidad, etc. En realidad, representan ineficiencia entre dos procesos, tiene un costo muy alto, ocupa espacio, y lleva asociado un costo oculto, de oportunidad. Además de esconder otros problemas, como calidad, movimientos innecesarios, etc.
7. **Defectos:** las fallas y errores son intrínsecamente Muda. No aportan valor y generan desperdicios de diversa índole: costo del material defectuoso, tiempo de producción y de reparación o de gestión del defecto o material, reprocesado, etc. Muchas veces resulta más complicado arreglar algo, que hacerlo de nuevo, por lo que el objetivo debiera ser

cero defectos.

8. Talento no utilizado: talento del personal cuando este no está a disposición de la empresa. Ha de observarse que actividades como el aseguramiento de la calidad, mantenimiento preventivo de equipo, transporte manejo de materia prima y/o producto terminado, el desplazamiento de las personas y la limpieza del área de trabajo son consideradas como desperdicio, pues no aportan valor directamente. Sin embargo, todas son actividades que no pueden dejar de realizarse, al menos no por completo, ya sea porque, estas aseguran el cumplimiento de normas, regulaciones o estándares de calidad, o porque dan soporte a otras actividades que, en efecto; añaden valor, o que, simplemente de momento resultan necesarias; mismas que, al menos, han de minimizarse tanto cuanto sea posible (Melton, 2011). Esta clasificación, orientada principalmente a entornos productivos, ha sido redefinida en infinidad de ocasiones para su uso en otros sectores, sin un gran consenso. No obstante, cabe destacar la realizada por Hitoshi Yamada, uno de los aprendices de Ohno, que extrapoló el modelo para su aplicación directa en casi cualquier ámbito empresarial.

4.3. Los Principios del Pensamiento Esbelto

Si tuviésemos que definir que es el pensamiento esbelto podríamos decir que es una metodología que tiene como único objetivo la mejora continua, reduciendo costos, elevando la productividad, la eficiencia e incrementando la calidad final. El pensamiento esbelto consiste en un ciclo iterativo. Comienza con el cliente, con la definición de valor en función a lo que este desea y en ese sentido, organizar las tareas, bajo la mejor secuencia de modo que se ejecuten sin interrupción, haciéndolas cada vez más eficientes. Su principal objetivo es implantar una filosofía de mejora continua que le permita a las empresas reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar toda actividad que no agrega valor para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

1. Definir Valor: en términos esbeltos la definición de valor empieza por el cliente, identificando características, rasgos o funciones de un producto o servicio por las que el

cliente está dispuesto a pagar. La identificación de valor debe resultar en una alineación constante entre las necesidades del cliente y las actividades del fabricante. Las actividades aportaran valor sólo cuando: el cliente está dispuesto a pagar por ellas, la actividad transforma un producto o un servicio.

2. Identificar la cadena de valor: entendida como todas aquellas actividades necesarias para dotar de valor a productos o servicios. Generalmente se logra a través de las 3 actividades básicas de la organización:

- Resolver problemas, desde el diseño hasta la producción.
- Gestionar la información, desde el pedido hasta la entrega.
- Transformación física, desde materia prima a producto final.

Comprender estas actividades es necesario para implementar mejoras en el proceso, ya que, sin previa identificación y análisis, los procesos no se pueden mejorar. Una de las herramientas más utilizadas es Value Stream Mapping (VSM).

3. Crear el flujo de valor: una vez definida la cadena de valor y mapeadas las corrientes, el objetivo pasa a definir la mejor forma de realizar las actividades, es decir de crear un flujo donde materiales, información e insumos trabajen en un continuo armónico, sin esperas, ni retrabajos, ni paradas. El objetivo es garantizar que las operaciones han de llevarse a cabo sin interrupciones, acortando el tiempo que toma la fabricación de cualquier producto, eliminando el costo asociado de material en proceso e inventarios. Para lograr lo anterior los elementos han de fluir en la forma más adecuada –máximo beneficio– (Liker 2005).

4. Dejar que el cliente jale: con base en la filosofía JIT, se adopta el proceso de extracción, en el que no se solicita producción hasta que exista una demanda por parte del cliente. La utilización del sistema Pull —jalar en inglés—, hace posible la reducción de inventarios, ya que los componentes dentro del sistema solo son reemplazados una vez hayan sido consumidos.

5. Buscar siempre la perfección: de acuerdo a Womack y Jones (1996), el fin último de toda empresa que se considere esbelta, es alcanzar la perfección: atributo inalcanzable en esencia, pero a la que buscamos aproximarnos buscando día a día la mejora. Puede ser de dos tipos, el radical —Kaikaku— o incremental —Kaizen—. Se debe hacer una mejora y mantenidos estandarizándolos, para evitar volver a producir la misma muda.

Para lograr mejoras, los líderes de la cadena de valor deben centrarse en los primeros cuatro principios y luego decidir qué tipo de muda atacar primero por medio de Hoshin Kanri. (Womack y Jones 2010).



Fuente: Womack y Jones, 1996

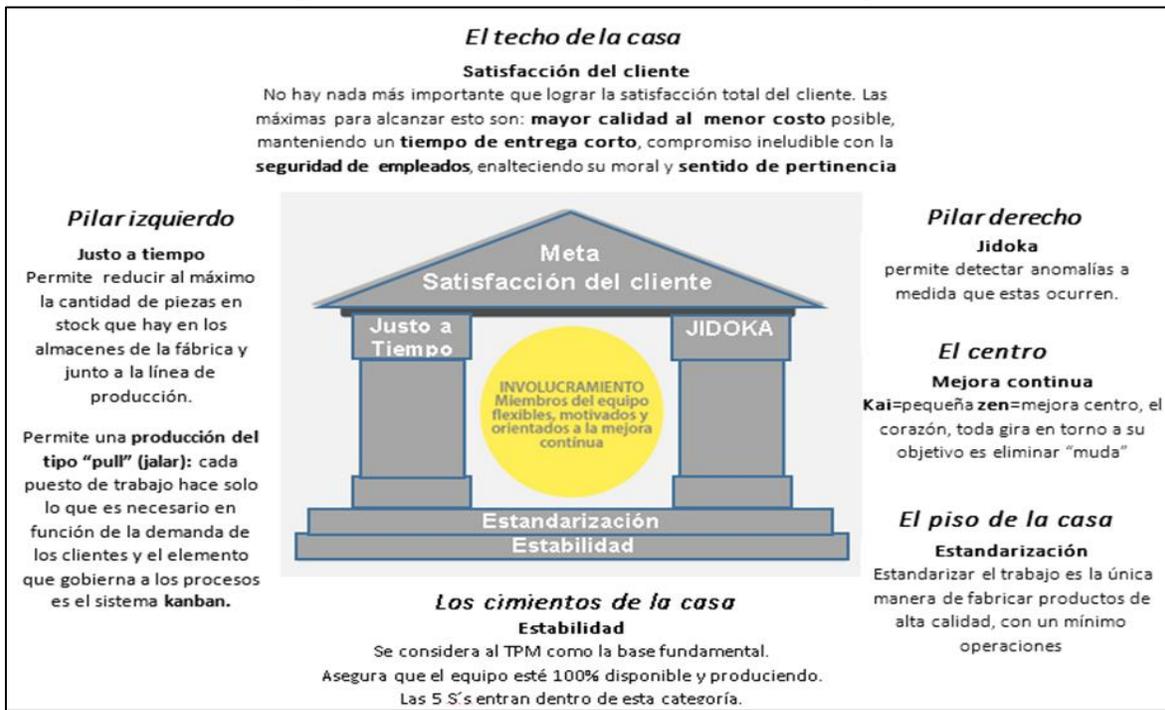
El flujo es probablemente uno de los conceptos dentro de PE más difícil de entender. Es el concepto que más se contradice con el SPM, la comparación del flujo de una pieza frente a los procesos por lotes y colas. En este sentido, la falta de flujo en los procesos de producción es lo que explica los enormes niveles de inventario que consume el capital circulante de la empresa. Para entender el flujo, hay que comprender el concepto de "flujo de valor", es decir, la vinculación de eventos o actividades que, en última instancia, aportan valor a un cliente. Un flujo de valor cruza los límites funcionales y, normalmente, los organizacionales. El flujo de valor no muestra todas las actividades de apoyo, sino sólo las principales etapas que añaden valor y los equipos multifuncionales clave implicados. El flujo tiene que ver con los procesos, las personas y las herramientas.

4.4. La Casa del Sistema de Producción Toyota

El modelo de pensamiento esbelto es un sistema complejo ya que su desarrollo comprende

varias dimensiones. La filosofía esbelta cuenta con diversas prácticas a través de las cual se hace observable; tangible y, por ende, medible. No obstante, el número de prácticas que comprenden el modelo ha hecho inclusive que expertos en la materia no logren ponerse de acuerdo a la hora de identificarlas, clasificarlas y proponer su ámbito de aplicación (Bhasin y Burcher, 2016). Por este motivo y con el propósito de alcanzar un poco más de coherencia en la explicación de sus elementos utilizaremos el modelo de la “Casa Toyota”, la cual expone de una manera más gráfica la interrelación entre los principales conceptos y las prácticas del modelo. La Casa Toyota, es uno de los símbolos más reconocidos y al mismo tiempo uno de los más tergiversados —en mi opinión— ante el ímpetu generalizado por su adaptación a distintos ámbitos y actividades socioeconómicas actuales. La PE suele representarse por analogía a los elementos estructurales de una casa, esto es; la casa es sólida si los cimientos, el techo y los pilares son fuertes. En caso contrario, cuando cualquiera de las partes, esté en mal estado o trabajen des armónicamente, esto; debilitaría el resto de las partes. Siguiendo con la analogía, podemos decir que la casa del TPS se compone de 4 elementos principales. En primer orden, estructuralmente hablando, toda edificación requiere de una base que sostenga la totalidad de la estructura, es decir, requiere de una adecuada cimentación. Así, se requiere de una base estable, el piso de la estructura ha de estar libre — en lo posible— de perturbaciones y/o variaciones, tanto para el sostenimiento estructural del modelo mismo, así como para desplegar la totalidad de actividades estratégicamente. En este sentido, la estabilidad permite seguir un plan de acción y la estandarización de métodos y procesos facilita la organización y control estratégico de las empresas.

Figura 3. La casa del Sistema de Producción Toyota



Fuente: Ohno, 2018

En los cimientos encontramos el Mantenimiento Preventivo Total (TPM), metodología que permite que máquinas y equipos estén siempre disponibles para su uso. Por encima de la base se alzan los pilares, que soportarán y darán fuerza a la casa. Uno de los pilares está representado por Jidoka que, de acuerdo con el mismo Ohno, no es sino la autonomización de los procesos con enfoque humano. Jidoka permite el desarrollo de tecnologías para la detección automática de anomalías, errores o productos que no cumplen con parámetros justo en el momento en que estas suceden. El otro de los pilares es la metodología Justo a Tiempo (JIT) que, como he dicho previamente, se basa en la entrega de productos conforme a la demanda del cliente. Ambos pilares permiten detectar las causas de los problemas y eliminarlas de raíz. En la parte más alta de la estructura, donde de alguna forma es para todos visible, está la meta que se persigue, la estrategia, aquello que es pensado, acordado y planeado. El fin de todo el modelo es el cliente y el foco está puesto en sus necesidades. Por último y no menos importante, está el centro de la casa. El corazón del sistema, aquello que da vida a la estructura; la gente. Así, el involucramiento del personal junto con las mejoras que realizan al sistema resulta factor clave para el sostenimiento del modelo.

La PE ha sido reconocida como una de las estrategias clave para mejorar la competitividad de empresas manufactureras en todo el mundo. El sistema se integra por cuatro grandes conceptos que, por sí mismos constituyen subsistemas particulares y diferenciados del resto. Cada uno se integra por las distintas prácticas y herramientas del modelo esbelto. A continuación, se describen los principales métodos y sus respectivas prácticas, herramientas, técnicas y conceptos relacionados.

4.5. Principales Prácticas de Producción Esbelta

La PE ha sido reconocida como una de las estrategias clave para mejorar la competitividad de empresas manufactureras en todo el mundo. El sistema se integra por cuatro sistemas que, por sí mismas constituyen subsistemas particulares y diferenciados del resto y a la cada una estar integradas por las distintas técnicas y herramientas del modelo esbelto. A continuación, se describen los principales métodos y sus respectivas técnicas, herramientas, prácticas y conceptos relacionados.

4.5.1. Justo-a-tiempo (JIT)

El primer pilar de PE es el Justo a Tiempo, es una filosofía que engloba un conjunto de herramientas y conceptos con el objetivo final de cumplir con la demanda, entregando el producto con las especificaciones adecuadas, en la cantidad y en el plazo correcto. Las piezas se incorporan a la línea de producción en el momento y en la cantidad que se requieren, cada proceso recibe justo lo que necesita para surtir al proceso siguiente con la cantidad justa respondiendo al sistema pull, creándose un flujo continuo de una sola pieza (One Piece Flow). De esta forma se eliminan las mudas de sobreproducción, almacenamiento, traslados, inventario de productos en proceso y de producto terminado. Para adoptar el sistema JIT la empresa debe primero hacer mejoras para adoptar el resto de prácticas que le permitan

funcionar como un mecanismo perfecto: en otras palabras crear un sistema de Producción flexible, para esto se requiere balancear las líneas de producción para alcanzar una Producción Nivelada (Heijunka), mediante la reducción de Lead time/cycle time se alcanzan las entregas a tiempo con el cliente, teniendo como apoyo en la línea de producción, los cambios rápidos (SMED), los círculos de calidad y el flujo de una pieza.

4.5.2. Jidoka

El segundo pilar de la filosofía Lean es Jidoka, cuyo significado es “automatización con un toque humano”. Jidoka es un principio aplicado en el que las máquinas dejan de funcionar automáticamente al detectar una condición anormal y los operarios intentan arreglar el defecto para evitar que se repita el problema. Se trata de construir en calidad haciendo que el sistema se autorregule en caso de anomalías para buscar la fuente del error y subsanarlo evitando que los fallos se propaguen por el resto de la línea de producción o del proceso, donde la reparación sería mucho más costosa. Este sistema permite mantener un alto sistema de calidad. El mecanismo del Jidoka se compone de dos elementos: por un lado, mecanismo de detección de defectos y, por el otro, mecanismo Poka Yoke. Las prácticas y herramientas de las que dispone Jidoka son: el uso de Poka Yoke, OEE, Mantenimiento Preventivo, Calidad a la primera o Calidad Total, Andón (control visual), la Adherencia al plan y Flujo Continuo.

4.5.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Es una metodología de mejora que se basa en los conceptos de mantenimiento preventivo, de forma que permite la fiabilidad y disponibilidad de la maquinaria. Se mejora la eficiencia del equipo y se reducen costes de fabricación mediante el control continuo de las máquinas a cargo de sus operarios, lo que a su vez mejora la habilidad de los operarios en el manejo de

la maquinaria. Busca maximizar la eficacia de máquinas y equipo durante la vida útil de estos. Pretende que el equipo este siempre en condiciones óptimas, evitando paros inesperados por desperfectos, pérdidas de velocidad y fallas calidad. En este sentido, los objetivos finales que persigue el TPM son: cero defectos, cero accidentes y cero averías (Nakajima, 1988; Willmott, 1994; Noon *et al.*, 2000). El TPM considera que los trabajadores que utilizan maquinaria y equipo para realizar sus labores son quienes conocen mejor su funcionamiento y son los que pueden prevenir las averías, por ello es necesaria su participación en el mantenimiento preventivo. A su vez, permiten liberar al departamento responsable de las tareas rutinarias de mantenimiento, lo que les permite poder enfocarse en estudiar los problemas específicos de cada máquina e introducir mejoras.

El TPM ha sido ampliamente reconocido como un arma estratégica para mejorar la eficiencia instalada de las instalaciones de producción. Bajo un enfoque preventivo, pretende la optimización de los equipos; eliminando averías, mediante el mantenimiento autónomo y preventivo. El cual se convierte en responsabilidad como parte de las actividades cotidianas de la mano de obra. El TPM hace que el mantenimiento sea una parte necesaria y de vital importancia para la empresa. La metodología TPM tiene como objetivo mejorar la competitividad de las organizaciones y abarca un método estructurado para cambiar la mentalidad de los empleados y en la cultura de trabajo de una organización. El TPM trata de involucrar a todos los niveles y funciones de una organización para maximizar la eficacia global de los equipos de producción. Este método afina aún más los procesos y equipos existentes reduciendo los errores y accidentes.

El TPM permite: primero, maximizar la eficacia de los equipos mediante la optimización de su disponibilidad, el rendimiento, la eficiencia y la calidad de producto; segundo, establecer una estrategia de mantenimiento preventivo para todos los equipos; tercero, abarcando todos los departamentos, como el de planeación, el de usuarios y el de mantenimiento; cuarto, involucrar a todos los miembros del personal, desde la alta dirección hasta los operadores de línea y, quinto, promover la mejora del mantenimiento mediante actividades autónomas de mantenimiento preventivo. El TPM se apoya en prácticas como: Cambios de layout, Mantenimiento Autónomo, celdas de trabajo, 5 S's, Mapeo de procesos (VSM), Trabajo estandarizado y Seguridad en el área de trabajo.

4.5.4. Kaizen (Mejora Continua)

Se traduce del japonés como “cambio a mejor” o “mejora”. El método Kaizen se refiere a un sistema de auto perfeccionamiento, donde pequeños, pero constantes progresos, acumulan tras de sí, grandes beneficios a largo plazo; permiten alcanzar objetivos muy importantes. Su puesta en práctica implica un cambio de actitud en el trabajador, supervisores, directivos y también en la empresa. La mejora continua solo se alcanza mediante el involucramiento y la capacitación de todo el personal. Requiere de una Comunicación Efectiva (Hoshin Kanri) y la formación de equipos funcionales cruzados y para la solución de problemas, lo que da como resultado final: la total y completa satisfacción del cliente. Lo importante según Womack *et al.*, (2003) es ir paso a paso, y no tratar de hacer grandes en unos cuantos días, Por tanto, primero se elabora el plan para posteriormente ponerlo en marcha, a modo de prueba para comprobar que funciona.

4.6. Conclusiones

La PE se integra por un conjunto de prácticas, herramientas, prácticas, métodos, conceptos e incluso filosofías desarrolladas a lo largo del tiempo, por diversas personas. Es decir, no todas las prácticas fueron creadas por las personas en Toyota. El mérito de Toyota fue reunir y amalgamar el conjunto de prácticas y darles una aplicación puntual. Es importante indicar después de analizar la literatura que la gran mayoría de –si no es que todos– los conceptos que se utilizan dentro del "lenguaje esbelto" son términos que han estado y seguirán en constante evolución, lo que ha traído como consecuencia, diferentes significados dependiendo del tiempo y el contexto organizacional en que estos han sido aplicados. En esta misma línea de ideas, resulta conveniente considerar que los conceptos desarrollados en Toyota son primordialmente ideogramas o provienen de estos, por lo que su conceptualización a cualquier idioma puede dar múltiples definiciones, que, aun cuando estos sean similares, pueden al mismo tiempo ser alterados y adaptados según mejor convenga.

Por este motivo, resulta necesario ver el conjunto de prácticas como un todo integrado e interrelacionado. Al mismo tiempo, permitir que los términos tomen distintas acepciones con el objeto de que puedan ser adaptados en aras de un bien común sin llegar a tergiversar la idea primordial es un ejercicio –en mi opinión- válida y necesaria en el intento por entender el funcionamiento total del Sistema de Producción Esbelta.

5. ANÁLISIS MACROECONÓMICO DE LAS INDUSTRIAS, UBICACIÓN Y TAMAÑO DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

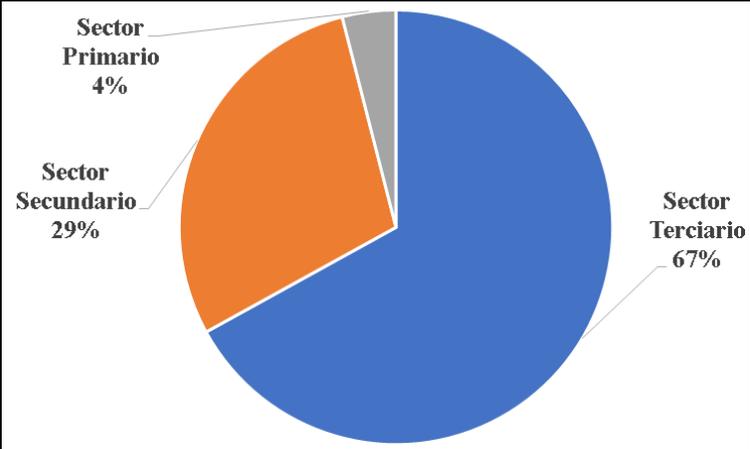
En la actualidad las expectativas del crecimiento económico del país estén ligadas de manera muy estrecha al desarrollo de la industria manufacturera nacional. Para ello, la principal estrategia elegida por el Gobierno mexicano ha sido la atracción de inversión extranjera directa hacia el sector mediante la invitación de empresas internacionales a establecer sus líneas de producción en México. En Sonora, a pesar de las ventajas que ofrece esta estrategia, su pleno aprovechamiento representa un reto importante para las empresas locales y la economía mexicana. Por tal motivo, en el presente capítulo se realiza un análisis macroeconómico de las industrias de interés para el estudio, con la finalidad de comprender las implicaciones de su presencia en el desarrollo económico de la región. Se analizan las características particulares de cada industria, así como las localidades donde se ubican y las implicaciones de su presencia para el progreso productivo nacional y el desarrollo económico regional. El capítulo inicia describiendo la situación actual de la economía sonorenses. Para después, revisar las características y oportunidades que ofrece la industria automotriz. Después, se abordan los principales rasgos de la industria aeroespacial, el clúster ubicado en la ciudad de Guaymas, así como las oportunidades que representa para el desarrollo económico regional. En un tercer apartado, se describen las características de la industria de componentes eléctricos y electrónicos, seguido de los retos dentro de este giro industrial. Por último, se describen las fortalezas y retos que enfrenta el sector de dispositivos de uso médico en la actualidad.

5.1. Estructura Económica Actual en Sonora

El panorama económico actual en el estado de Sonora es diferente a la de hace tres o cuatro décadas, hoy podemos decir que la actividad económica en el estado es predominantemente industrial cuando en el pasado fue más agropecuaria. En la figura 4 se observa que para el

año 2020 las actividades secundarias ocupan casi el 30% del PIB, solo superado por el sector de servicios, el cual se ha vuelto muy importante abarcando el 67% aproximadamente.

Figura 4. Conformación sectorial del PIB estatal en 2020



Fuente: INEGI, 2021

Dentro de los 3 sectores económicos hay industrias que pertenecen al “top 15 “de las más importantes en la economía mexicana. En el sector primario, la agricultura ocupa el lugar 15 y la ganadería ocupa el 95% de las actividades. En las actividades secundarias la industria manufacturera ocupa más de la mitad del sector con el 57%. Por último, los cuatro subsectores más importantes de servicios son el comercio (al por mayor y al menor), inmobiliarios y transportes, ocupan más de la mitad del sector con 29% 18% y 9% respectivamente.

Figura 5. Principales actividades económicas en Sonora



Fuente: INEGI, 2019

El sector industrial de Sonora se compone por cerca de 400 empresas, generadoras de casi 800 mil empleos. El desarrollo de la actividad maquiladora ha tenido una gran relevancia para la economía local; aportando cerca del 25% del PIB y representa el 80% de las exportaciones totales de la entidad (INEGI, 2021). Según datos del INEGI las exportaciones totales en 2018 superaron los 17,000 millones de dólares, alcanzando la posición nueve a nivel nacional, destacándose el sector automotriz que aportó más del 50% de las exportaciones. En este sentido, un factor determinante en la transición económica de la región fue la llegada de la planta de estampado y ensamble de automóviles Ford a la ciudad de Hermosillo, la cual, con una inversión inicial de 6,500 millones de pesos y una capacidad producción de 130,000 unidades anuales, arrancó operaciones en 1986. A pesar de que, el proceso de integración de empresas locales fue muy limitado, el proyecto de expansión realizado en 2005 significó la construcción de un nuevo parque industrial para los proveedores- El parque se ubica junto a la planta de ensamble y cuenta con 14 edificios, con un total de 250,800 metros cuadrados de construcción. En esos 14 edificios se alojan 20 proveedores. La inversión para el desarrollo de este parque fue superior a los 900 millones de dólares. El parque cuenta con un túnel subterráneo que pasa por debajo de la carretera y conecta el parque de proveedores con la planta de ensamblado para tener un acceso directo y asegurar un flujo continuo de materiales.

5.2. Importancia de la Industria Maquiladora en Sonora

Además de emplear a cientos de miles de personas, las maquiladoras en Sonora son fuente del desarrollo económico regional, además de fomentar una cultura de innovación en la sociedad, en el intento por mantenerse competitivas dentro de entornos de hiper competitividad. El sector industrial de Sonora se compone por cerca de 400 empresas que en conjunto representan más del 22% del PIB estatal y generan alrededor de 180 mil empleos. Una característica de las empresas industriales ubicadas en Sonora, principalmente de los giros: automotriz, aeroespacial, eléctrico-electrónico y el de dispositivos médicos, se encuentran a la vanguardia en la adopción de tecnologías de Industria 4.0; el nuevo

paradigma industrial caracterizado por la digitalización y automatización de los procesos productivos. Por tal motivo, son considerados sectores estratégicos para el desarrollo económico de la región, por el gobierno del estado.

Una característica de las empresas industriales ubicadas en Sonora es que se encuentran a la vanguardia en la transición hacia el nuevo paradigma industrial: Industria 4.0, caracterizado por la digitalización y automatización de los procesos productivos. Por tal motivo, industrias como la automotriz, aeroespacial, eléctrica y médica son consideradas estratégicas, para el desarrollo económico regional por el actual gobierno del estado.

Cabe mencionar que los productos manufacturados de dichos sectores representan más del 60% del total de las exportaciones del estado, a destinos como: Estados Unidos, Japón, Canadá, Países Bajos, China, Corea, Bélgica y Alemania.

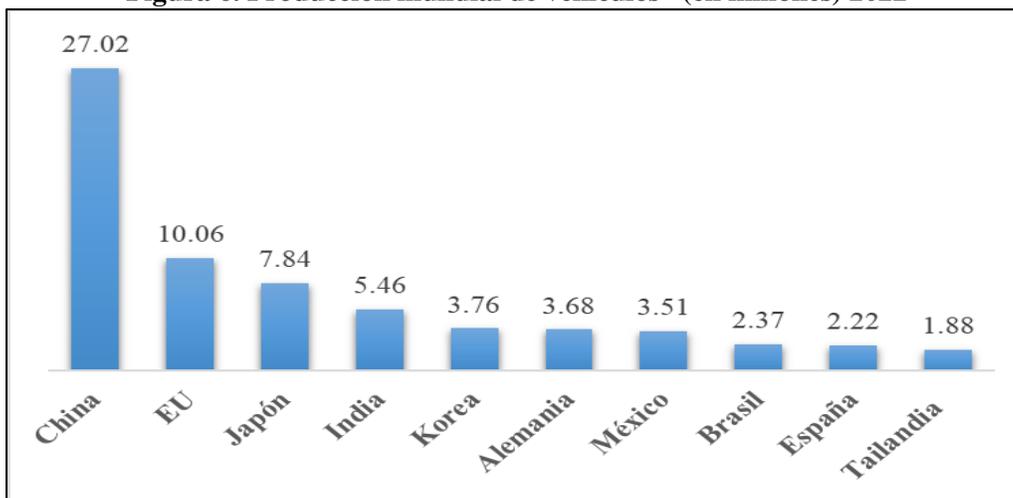
Sonora cuenta con el clúster automotriz más grande de la región Asia-Pacífico en América Latina; compuesto por 85 empresas, generando más de 45 mil empleos directos. Al mismo tiempo se cuenta con el segundo clúster mecanizado aeroespacial más importante del país, dedicado a la fabricación de motores y turbinas, por medio de avanzados procesos de maquinado y fundición; cuenta con más de 60 empresas que generan más de 10 mil empleos directos. Por su parte, la industria de componentes eléctricos y electrónicos se conforma por poco más de 50 empresas, de las cuales 40 son proveedores de Ford Hermosillo, responsables por la fabricación de arneses, conectores, antenas, cables, sensores, tableros electrónicos y accesorios que generan cerca de 34 mil empleos especializados. En tanto que la manufactura de dispositivos médicos es considerada una actividad tecnológicamente especializada, dado que está sujeta al cumplimiento de rigurosos estándares y regulaciones internacionales. Actualmente 36 empresas de este giro se ubican en Sonora, generando más de 5,000 empleos directos e indirectos.

5.3. Industria Automotriz

La industria automotriz abarca una amplia gama de empresas involucradas en el diseño, desarrollo, fabricación, comercialización y venta de vehículos de motor, Es un sector que se

encuentra en constante evolución y transformación y resulta de vital importancia en la economía global. Al generar millones de empleos en todo el mundo, además de contribuir significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) de muchos países. De acuerdo a la Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA), en 2022 se fabricaron 85 millones de unidades, aumentando un 6% respecto al año anterior y acercándose a los niveles prepandemia. En la figura 6 se puede observar que China encabeza la lista de los mayores fabricantes de automóviles con 27 millones de unidades producidas en 2022, cifras que superan a las de Estados Unidos, Japón e India juntos. Dentro de los 10 primeros lugares, de los principales países fabricantes, hay sitio para dos países de América Latina: uno de ellos es México, con 3.51 millones de vehículos producidos, ubicándose en la séptima posición y, el otro es Brasil, quien ocupó la octava posición con un producción de 2.37 millones de unidades. España, por su parte es la novena potencia mundial en lo que a fabricación de vehículos se refiere, con una producción de 2.22 millones de unidades. Para las empresas del ramo automotriz, los años post pandemia últimos han significado obstáculos y restricciones, debido principalmente a la inconstancia en la cadena de suministro.

Figura 6. Producción mundial de vehículos* (en millones) 2022



*Industria Automotriz considera fabricación de vehículos y autopartes.

Fuente: Roa, 2023

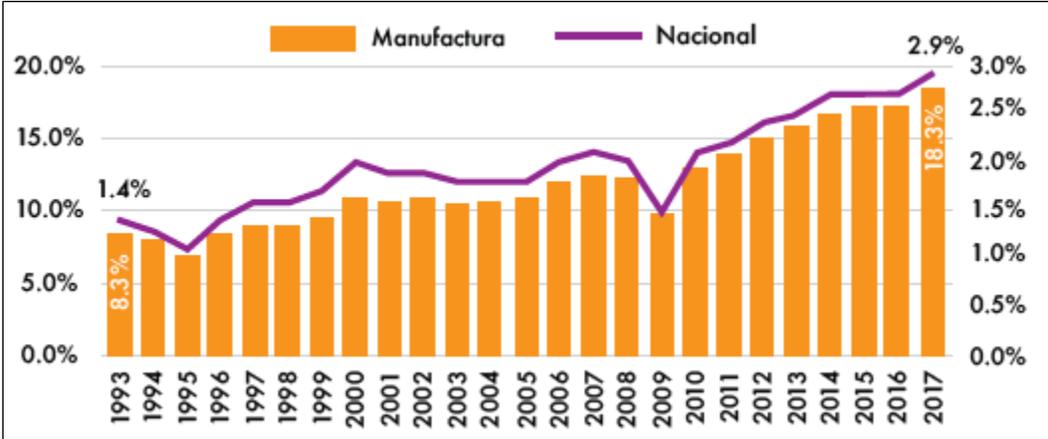
En particular, la crisis de semiconductores impidió a las ensambladoras mantener el crecimiento que venían presentando antes del confinamiento, y, aunque la producción

alcanzada el año pasado representa un aumento del 6% respecto a 2021, queda algo lejos del récord del año 2017, cuando la producción mundial ascendió a 97 millones de vehículos.

5.3.1. El Sector Automotriz en México

La industria automotriz es la más exitosa del país en términos de vanguardia e integración en las cadenas globales de valor. Según datos de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), el sector, es el mayor generador de divisas a nivel nacional, mostrando un superávit en la balanza comercial de casi 100,000 millones de dólares en 2022. Paralelamente, participa con 3.6% del PIB nacional y 18% del PIB manufacturero (INEGI, 2022). Sin lugar a dudas, la industria automotriz ocupa un lugar especial en la economía nacional, pues la demanda de insumos de este sector potencia y dinamiza el crecimiento y desarrollo económico al generando impactos en 157 actividades económicas de un total de 259. De estas, 84 corresponden a la actividad manufacturera y 73 a comercio y servicios (INEGI, 2019). De 1993 a 2017, el PIB de la industria automotriz ha venido en aumento, creciendo inclusive más del doble que el PIB manufacturero y el PIB nacional. En la figura 6 se observa como el PIB manufacturero paso de un 8.3% en 1993 aun 18.3% para 2017. En cuanto al PIB nacional este paso de 1.4% a 2.9% en el mismo periodo.

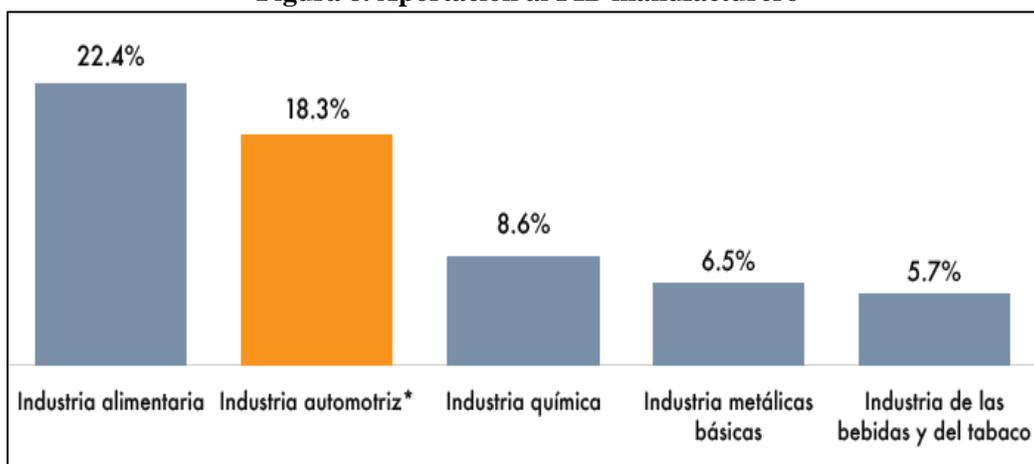
Figura 7. PIB de la industria automotriz en México



Fuente: INEGI, 2019

En este sentido, la industria automotriz representa el segundo sector económico más importante para la economía regional, aportando 18.3% del PIB manufacturero del estado de Sonora, colocándose una posición por detrás de la industria alimentaria, la cual aporta 22.4% del PIB manufacturero. Además, la industria automotriz funge como elemento primordial de la modernización y estrategias de globalización

Figura 8. Aportación al PIB manufacturero

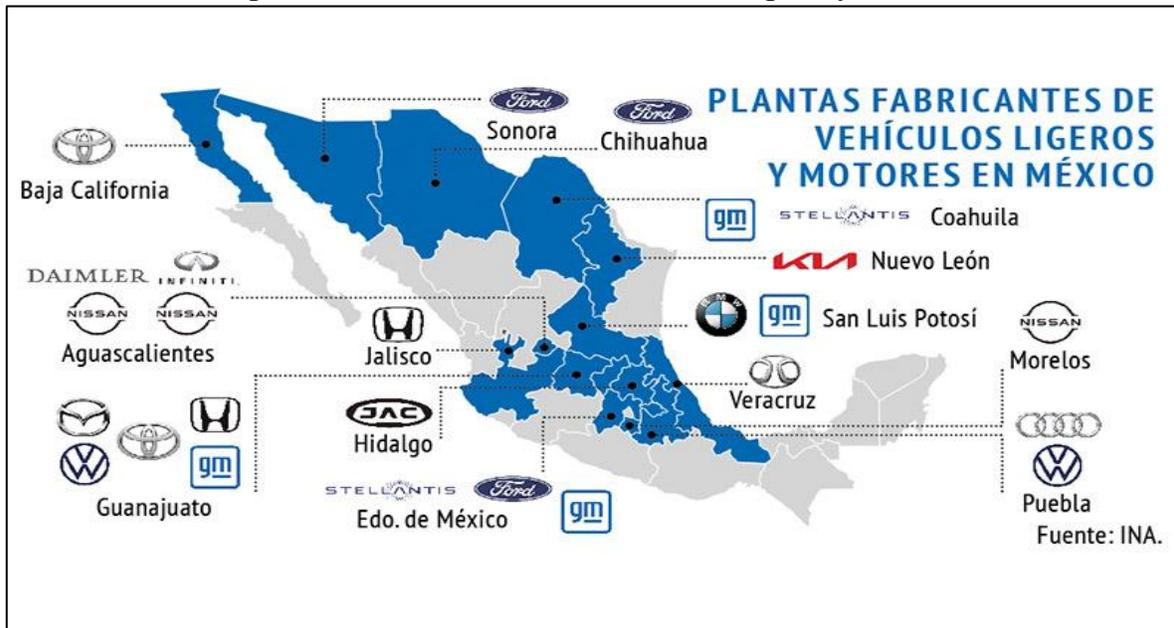


*Industria automotriz considera fabricación de vehículos y autopartes

Fuente: INEGI, 2019

Esta industria opera en una zona geográfica privilegiada; ubicándose en la frontera norte, al lado del mercado de consumo más grande a nivel mundial: Estados Unidos; un entorno caracterizado por una cambiante desregulación comercial, mano de obra experimentada, transferencia de tecnología probada y una infraestructura de producción considerable. (Miranda, 2007). Las empresas que agrupa el sector automotor tienen una importante presencia a nivel nacional. Su desarrollo se ha constituido por la creación de grandes clústeres y de importantes redes de distribución a lo largo del territorio nacional.

Figura 9. Plantas fabricantes de vehículos ligeros y motores



Fuente: Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, 2022

Actualmente, se encuentran instalados 21 plantas armadoras de vehículos, 10 más producen motores y otras siete manufacturan transmisiones. De acuerdo con información de la AMIA y de la INA, las plantas ubicadas en México se distribuyen en 12 entidades de la República Mexicana y son claves en el posicionamiento de la industria automotriz como el primer generador de divisas en México, así como en la contribución del 32% de las exportaciones manufactureras totales que salen del país. La industria automotriz mexicana se ubica además como la séptima fabricante de vehículos en el mundo y la primera en América Latina.

Los centros de producción en México han logrado igualar e incluso superar los estándares de calidad de las plantas de origen, muestra de ello son las plantas de Nissan en Aguascalientes, de General Motors en Silao, de Daimler–Chrysler en Ramos Arizpe y de Ford en Hermosillo. Los parques industriales ubicados sobre todo en el bajío y en el norte de México juegan un papel relevante en la búsqueda de ventaja competitiva, en virtud de las importantes inversiones convertidas en tecnología de producción realizadas durante la década de los noventa y principios de este siglo, además de la infraestructura ferroviaria y carretera que la comunica tanto con el centro, como con el norte del país. Las plantas automotrices ubicadas en el norte de México se han caracterizado por su desarrollo intensivo de sistemas flexibles,

que obedecen a una estrategia de competencia y abastecimiento mundial, más que a una orientación hacia el mercado doméstico del que se han encargado las plantas ubicadas en el centro del país (Vieyra Medrano, 1999).

En Sonora se encuentra el clúster automotriz más grande de América para la región Asia-Pacífico, conformado por más de 80 empresas instaladas, entre ellas Ford, HBPO, Continental, Delphi, IGB, Benteler, Magna, Gear, Faurecia, ITT Industries, entre otras. Estas empresas generan alrededor 80 mil empleos directos y 180 mil empleos indirectos.

5.3.2. Oportunidades Estratégicas de la Industria Automotriz

La industria automotriz en México se encuentra en uno de los momentos clave para su crecimiento. A pesar de las adversidades que se han presentado a nivel global durante los últimos años, caracterizadas por fenómenos disruptivos en las cadenas de suministro por la inflación experimentada en distintas economías; se está abriendo camino hacia nuevas oportunidades cuyo éxito sólo dependerá de la toma correcta de decisiones y el trabajo conjunto entre el sector público y el privado. La transición de los vehículos propulsados por gasolina e incluso gas natural, cuya cadena de producción ofrece en la actualidad un margen muy estrecho para la reducción de costos, hacia los vehículos eléctricos, es una oportunidad que pudiera permitirle a México incursionar como líder en una industria innovadora, y participar en la definición del rumbo de su futuro desarrollo. La interacción con empresas extranjeras, con sus estrictas exigencias y requerimientos hacia las empresas mexicanas — visto esto muchas veces como una amplia brecha tecnológica existente entre compañías inversoras y locales— también representa una oportunidad para que las empresas mexicanas desarrollen al máximo su capacidad de producción, sus procesos, la formación y capacitación de sus recursos humanos, como se ha observado en el caso de otros países. A pesar de que la proveeduría mexicana no se encuentra en las condiciones idóneas, no se puede dejar de reconocer que la presencia de empresas japonesas ha generado fuentes de trabajo, un resultado que difícilmente pudiera lograr una empresa mexicana. De la misma manera, los procesos productivos e ingenieriles llevados a cabo en las plantas japonesas ofrecen a los

técnicos e ingenieros oportunidades de trabajo que serían impensables en el estado. Entonces, como ya fue mencionado anteriormente, es necesario aprovechar estas condiciones únicas para desarrollar otras áreas de importancia estratégica para el país. Siendo la automotriz una industria tan minuciosa, con tan elevados estándares de calidad, ofrece la oportunidad de que el know-how y las metodologías de la producción permitan la preparación de técnicos, así como de especialistas para incursionar en otras industrias igualmente de alto valor agregado como la médica o la aeronáutica.

En los últimos dos años, se han anunciado inversiones por más de 3,500 millones de dólares de diversas empresas asociadas a la AMIA, que se destinarán a actividades de producción de baterías y autos eléctricos, desarrollos para la automatización, introducción de procesos con energía de fuentes renovables, entre otras actividades derivadas de la importante transformación histórica de la industria hacia la producción de vehículos de cero emisiones. No obstante, es importante no perder de vista que los inversionistas están buscando territorios que les brinden certeza y confianza, y les garanticen Estado de Derecho. Solo así lograremos proyectos cada vez más ambiciosos que nos beneficien como país, al tiempo que nos permitan cumplir con los objetivos nacionales y globales de las empresas del sector en la transición hacia la electro movilidad y nuevas tecnologías.

5.4. Industria Aeroespacial

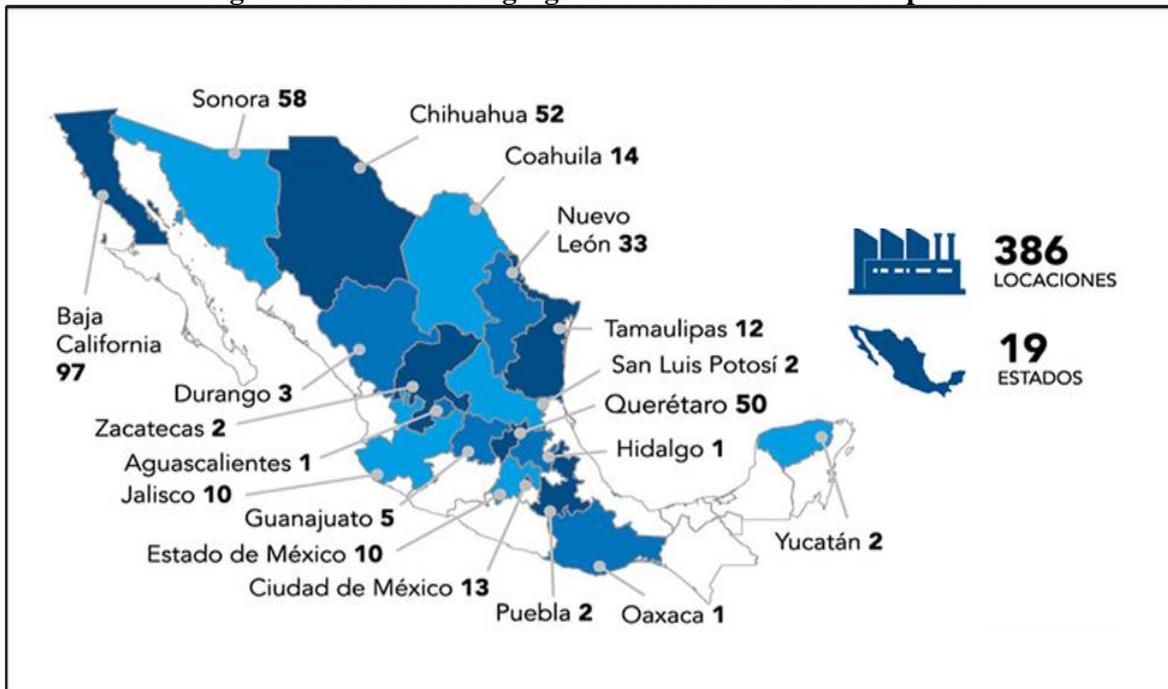
La industria aeroespacial abarca diferentes etapas del proceso productivo de aeronaves de todo tipo, así como de piezas, naves espaciales, cohetes, estaciones espaciales, entre otros. Se le reconoce como un sector de alto valor añadido, en el que, los avances tecnológicos son de aplicación en otros sectores económicos. Está plenamente globalizado y se caracteriza por tener unos ciclos de vida muy extensos. Su principal barrera de entrada además del grado de tecnología necesario es que requieren de una gran inversión, que en muchos casos los beneficios derivados empiezan a obtenerse a largo plazo. Además de esto están sometidos a numerosos controles de calidad y certificaciones. El valor de la producción mundial del sector aeroespacial es de más de 582 mil millones de dólares. Norteamérica, incluyendo

México, continúa teniendo el mayor porcentaje de participación con el 51.1%, seguida por Europa con el 31.02% y Asia Pacífico con 13.93%. Estas tres regiones concentran el 96.05% de la producción mundial. Es un sector muy atractivo para la recepción de inversión pública, debido a que implica: la formación y desarrollo de mano de obra altamente calificada, atracción de grandes empresas transnacionales, la creación de puestos de trabajo indirectos, influencia directa sobre el PIB del país, contribución vía impuestos al estado y desarrollo y penetración de mercados. Este sector, eminentemente tecnológico, no sólo compite por costos sino por conocimientos y capacidades para desarrollar nuevas tecnologías que propicien mejoras en los productos y/o procesos.

5.4.1. El Sector Aeroespacial En México

El sector aeroespacial en México es el segundo más grande de Latinoamérica solamente superado por Brasil y actualmente acercándose al top 10 mundial con una cuota de mercado global que ya supera el 2.5%. En 2019 contribuyó con el 3.5% de la actividad económica del país, con exportaciones de 10,000 millones de dólares. De acuerdo con la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA), en México hay 386 empresas del sector aeroespacial, las cuales están instaladas en 19 estados de la República Mexicana y emplean a alrededor de 60,000 trabajadores. Baja California lidera el ranking, con 97 empresas instaladas, le siguen Sonora con 58, Chihuahua con 52, Querétaro con 50 y Nuevo León con 33 empresas.

Figura 10. Distribución geográfica de la industria aeroespacial



Fuente: Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial, 2019

Del total, el 79% de las empresas aeroespaciales ubicadas en México se dedican únicamente a la maquila, 11% a la reparación y construcción de motores, y otro 10% a investigación e innovación. El 35% son de origen mexicano, el resto, extranjeras. Entre estas compañías se encuentran importantes OEM²⁵ (Original Equipment Manufacturer) transnacionales como Safran, Boeing, Airbus, Bombardier, Bell Helicopter, así como empresas Tier1 y Tier2. En la actualidad, en México se fabrican: componentes para sistemas de propulsión, aeroestructuras, interiores de aeronaves, componentes de sistema de aterrizaje, sistemas eléctricos y electrónicos, maquinados de precisión, partes plásticas, tratamientos superficiales partes de materiales compuestos, ingeniería y diseño y servicios de MRO, entre otros.

²⁵ La industria aeroespacial se conforma por grandes fabricantes (OEM) (Original Equipment Manufacturer) que, fabrican y venden productos finales: motores, aviones, satélites y helicópteros. Las empresas Tier1, fabrican productos y componentes que van directamente a la línea de ensamble final: alas, trenes de aterrizaje, fuselajes, arneses, asientos, entre otros. Las empresas Tier2 son proveedoras de partes que se integrarán a un componente del Tier1

5.4.2. Clúster Aeroespacial de Sonora

Sonora cuenta con el clúster de más rápido crecimiento en México y es el segundo más importante, respecto al número de empresas, sólo por detrás de Querétaro. Sonora destaca por ser un clúster de mecanizado aeronáutico, convirtiéndose en un centro de referencia en la manufactura de álabes y componentes para turbinas y aeromotores. Algunas de las principales empresas que operan son: Daher Aerospace, Arrow Electronics, BAE Systems y Bob Fernandez and Sons. Por último, la gran ventaja competitiva Sonora además de por el lugar geográfico que ocupa, serían los costos de producción bajos en comparación con la calidad de la mano de obra. Se están implementando sistemas de educación técnica y universitaria especializada en producción aeroespacial que hacen que tengan una mano de obra altamente cualificada y de baja remuneración.

Actualmente existen alrededor de 53 empresas instaladas de manufactura y 10 empresas proveedoras a este sector, las cuales generan más de 10 mil empleos y tienen como mercados principales a Estados Unidos, Canadá, Alemania y Francia.

5.4.3. Oportunidades Estratégicas de la Industria Aeroespacial

Actualmente México se ubica en el número 14 en la producción de la industria aeroespacial a nivel mundial según datos de IHS Markit y compite fuertemente con países como Brasil, Singapur, Corea del Sur y Rusia. La proyección del sector aeroespacial mexicano es altamente prometedora, ya que, tanto la productividad, como su facturación han venido aumentando a un ritmo promedio del 15% en los últimos años, convirtiéndose en el sector industrial de mayor crecimiento en el país. Según estadísticas de la Secretaría de Economía en los próximos años aumentarán las operaciones de manufactura y servicios de mantenimiento de la industria aeroespacial a nivel mundial, siendo México un gran atractivo para la inversión extranjera y la participación en operaciones nuevas. El principal reto para México es contar con las condiciones adecuadas para atraer proyectos de innovación y

tecnología, así como ampliar la base de proveedores locales para fortalecer las actividades y la integración de la cadena de valor de la industria aeroespacial. Entre las oportunidades que se le presentan al sector aeroespacial mexicano destacan: la demanda de transporte aéreo está previsto que se duplique en los próximos 20 años, con lo que será necesaria la construcción de más de 25,000 aeronaves nuevas. Otros aspectos como la mejora de la experiencia de vuelo del pasajero, la realidad virtual aumentada, el Big data, la impresión 3D, el uso de nuevos materiales composite²⁶ en la fabricación de aeronaves, el uso de biocombustibles, el turismo espacial y el desarrollo de sistemas aéreos sin tripulación se antojan como las grandes oportunidades a desarrollar

5.5. Industria de Componentes Eléctricos-Electrónicos

Actualmente existen alrededor de 53 empresas instaladas de manufactura y 10 empresas proveedoras a este sector, las cuales generan más de 10 mil empleos y tienen como mercados principales a Estados Unidos, Canadá, Alemania y Francia.

La producción de la industria de partes y componentes de México cerró el 2022 con ventas 107,000 millones de dólares y se proyectan unos 112,000 millones para el 2023, aumento basado en el despegue que se está empezando a ver por el tema de la electrificación y la relocalización de cadenas de suministro, convirtiendo a México es el octavo productor mundial y que en los últimos cinco años el sector ha tenido un aumento de 32.5 % en el empleo generado por los rubros que lo conforman.

La industria de componentes eléctricos y electrónicos mexicana se ha ido consolidando hasta convertirse en uno de los sectores primordiales del país. México es uno de los principales países exportadores y ensambladores del mundo, en él se ubican 9 de las 10 principales empresas transnacionales de servicio de manufactura, por lo que México se ha posicionado como un importante destino de inversión.

El incremento en la demanda de bienes eléctricos y electrónicos ha tenido un impacto

²⁶ Es aquel formado por dos o más componentes, de forma que las propiedades del material final sean superiores que las de los componentes por separado.

positivo dentro de este sector industria, que por medio de innovación y la creación de nuevos productos ha visto un crecimiento de más de 24% entre 2015 y 2018, sin embargo, su crecimiento fue de solo el 2% en 2018. Actualmente existen más de 50 empresas en la región, generan más de 30 mil empleos directos en empresas que son proveedoras de la industria automotriz, aeroespacial, equipo médico y telecomunicaciones. Entre estas empresas están General Electric, Lanix, Daewoo, Bosch, Yazaki, Leoni, Chamberlain, Continental, TE Connectivity, entre otras. Además, desde 2009 atraen una inversión superior a los 150 millones de dólares anuales promedio hasta 2018 (secretaría de Economía, 2018).

Sonora cuenta además con universidades e institutos tecnológicos con programas académicos de electrónica, mecatrónica, ingeniería industrial electromecánica, tecnologías de la información y comunicaciones, que garantizan la disponibilidad de recursos humanos capacitados para el desarrollo de esta industria.

5.5.1. Oportunidades Estratégicas del Sector de Componentes Electrónicos

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha declarado como objetivo el reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en un 45% para 2030, lo que impulsó la era de la electrificación. Actualmente existe una cartera por 15,000 millones de dólares que pretenden realizar empresas de origen alemán, taiwanés, chino, surcoreano, estadounidense y canadiense para abrir o ampliar fábricas que produzcan autopartes, desde cargadores para motores eléctricos, baterías de iones de litio, además de airbags, sistemas de frenos, empaques de interiores, espejos retrovisores y asientos, entre otros artículos, que ayudarán a fortalecer la cadena de suministros para transitar hacia la electro movilidad, informó la Industria Nacional de Autopartes (INA, 2022). Hasta el momento, China es líder mundial en la fabricación de motores eléctricos, pero dadas las circunstancias de las nuevas reglas del tratado de libre comercio entre México, Estados Unidos, Canadá (T-MEC) y el efecto del “nearshoring”²⁷, México se encamina a la ruta convertirse en uno de los líderes de manufactura

²⁷ Modelo de negocio en el que una empresa subcontrata servicios o proyectos a otra empresa en un país cercano geográficamente, en lugar de contratar una empresa en otro continente

global de vehículos eléctricos. Entre las partes y componentes automotrices que más produce México se encuentran los motores a gasolina (por el momento aún no reportan números de piezas eléctricas), por un valor de 1.064 millones de dólares, al primer bimestre del 2023, y cuyo monto muestra disminución de 3.4% en el ensamble, como parte de la reconversión por la electrificación.

Del total de la producción de autopartes de México, el 87.2% tiene como destino el mercado de Estados Unidos. El caso de LG Magna e-Powertrain invirtió 100 millones de dólares para la edificación una planta en Ramos Arizpe, Coahuila en julio del 2022 y en Julio de 2023 se convertirá en la primera base de producción en para producir inversores, motores y cargadores (como parte del tren motriz) integrados para respaldar la producción de vehículos eléctricos. Ya anteriormente, la nueva compañía había anunciado que General Motors sería el cliente fundamental de esta nueva instalación, la cual tendría un papel clave para que la armadora pueda construir una cadena de suministro de vehículos eléctricos.

5.6. Industria de Dispositivos Médicos

Se considera como dispositivo médico todo instrumento, herramienta, máquina, implemento de prueba o implante que se usan para prevenir, diagnosticar o tratar la enfermedad u otras afecciones. El sector de la salud y los dispositivos médicos está experimentando cambios rápidos impulsados por varias tendencias y desafíos que incluyen avances tecnológicos, costos crecientes y regulaciones cambiantes. La industria manufacturera de dispositivos médicos produce equipos diseñados para diagnosticar y tratar pacientes dentro de sistemas de salud. En este sentido, la industria de dispositivos médicos contribuye en la productividad y eficacia de los sistemas de salud, generando ahorros significativos como por ejemplo en tiempos reducidos de hospitalización.

A partir de 2020, la producción, el empleo, las remuneraciones, los precios y el comercio de la industria de dispositivos médicos presentaron incrementos significativos. Estos, debido al

aumento de la demanda de productos de esta industria a causa de la pandemia por COVID-19. El crecimiento experimentado contrasta con lo ocurrido en la mayoría de las actividades económicas, donde casi todas redujeron su producción, empleo y remuneraciones en los mencionados años.

5.6.1. El Sector de Dispositivos Médicos en México

De acuerdo con datos de la Secretaría de Economía, México es el octavo exportador de dispositivos médicos a nivel mundial, primer exportador en Latinoamérica y es el principal proveedor de estos productos a Estados Unidos. Tras la llegada del COVID-19 hubo una reducción del valor de mercado de 30 % hasta el segundo trimestre de 2020. El sector ha tenido crecimientos considerables en algunas líneas de producción, principalmente para dispositivos de diagnóstico. Los productos que integran la industria de dispositivos médicos son muy diversos, incluyen desde cubre bocas y gasas, hasta aparatos de diagnóstico por resonancia magnética y electroencefalógrafos, entre otros. Sin embargo, tres actividades económicas describen de mejor manera la actividad económica del sector: en primer lugar, la fabricación de material desechable de uso médico, en segundo lugar, fabricación de equipo dental no electrónico para uso médico y para laboratorio, y, por último, la fabricación de telas no tejidas —comprimidas—. En 2021, la fabricación de material desechable de uso médico fue la actividad productiva más importante de la industria, alcanzando los 13,780 millones de pesos constantes, lo que equivale a un incremento de 11% respecto a 2020. Por su parte, la fabricación de equipo no electrónico tuvo una producción de 1,770 millones de pesos constantes en 2021, lo que significó en un crecimiento de 2.9 % en relación con 2020. Finalmente, la fabricación de Telas no Tejidas (comprimidas) tuvo un crecimiento de 4.7 % en 2021 con relación al 2020.

5.6.2. Oportunidades Estratégicas del Sector de Dispositivos Médicos en México

Actualmente México es el mayor exportador de dispositivos médicos a Estados Unidos en América Latina y el octavo exportador más grande del mundo (Asociación Mexicana de Industrias Innovadoras de Dispositivos Médicos, 2020) (AMID). De acuerdo con datos de AMID, en México esta industria genera más de 160,000 empleos, cuenta con más de 40 plantas de producción, produce más de 11 billones de dólares de exportaciones, cubre más de 75 especialidades médicas y cuenta con cerca de 8,000 registros sanitarios. En México, el sector está compuesta por pequeñas y medianas empresas que tienen un desempeño exitoso en procesos de manufactura y ensamble con un alto contenido tecnológico. La Industria de Dispositivos Médicos contribuye en la productividad y eficacia de los sistemas de salud, como por ejemplo en tiempos reducidos de hospitalización. Además, las exportaciones de los dispositivos médicos fueron superiores a las importaciones. De 2003 a 2020, las exportaciones crecieron 8.6 % en promedio cada año, mientras que, las importaciones se incrementaron 7.9 % en promedio. En 2020 las exportaciones alcanzaron 10,668 millones de dólares y las importaciones 5,244 millones de dólares, generando un superávit en la balanza comercial. México exportó 96.7 % del total de las mercancías de los dispositivos médicos a Estados Unidos de América. Este porcentaje equivale a 9,653 millones de dólares.

5.7. Conclusiones

Sin lugar a dudas el estado de Sonora se ha posicionado como un centro de atracción para industrias con alto contenido tecnológico, haciendo que desarrollo de la actividad manufacturera haya sido de gran relevancia para la economía de la región. La atracción de inversión extranjera directa ha sido factor importante como elemento que impulsa el desarrollo de la economía mexicana, no debe ser considerada, al menos a futuro, como un objetivo por sí mismo, sino más bien como el propulsor que le permita a la economía mexicana emprender un camino de desarrollo propio e independiente, basado en direcciones

que se consideren estratégicas para la subsistencia del país.

La industria automotriz actualmente tiene importantes retos que la impactan e impulsan; ejemplo de esto es el cuidado del medioambiente, lo que provoca un esfuerzo maximizado hacia la producción de automóviles eléctricos.

De acuerdo con información de la Industria Nacional de Autopartes (INA) en 2022 se tuvo una producción total de \$107,329 millones de dólares, lo que representó un incremento de 13.35 % en relación con 2021 (INA, 2022). Esta tendencia de crecimiento se mantuvo en el primer trimestre de 2023 (4.73 %) y se proyecta un cierre de 112,702 millones de dólares para finales de diciembre. Por otro lado, la transformación hacia energías limpias de este sector podría generar una inversión de hasta 15,000 millones de dólares. Los conceptos de esta inversión serían la fabricación de baterías para autos eléctricos, chasises, transmisiones y otros componentes, lo cual, refiere el organismo, abre grandes oportunidades para el país (INA, 2022).

Sonora es el segundo estado con mayor número de empresas relacionadas al sector aeroespacial y cuenta con el clúster aeroespacial más importante e integral del país. Con los procesos de fundición y mecanizado, se reconoce su capacidad para producir motores centrales y turbinas, así como componentes de excelencia. Actualmente existen más de 60 empresas instaladas generando más de 10,000 empleos directos. Sus principales mercados son: Estados Unidos y Francia.

En cuanto al giro de componentes eléctricos y electrónicos, el incremento observado en la demanda ha tenido un impacto positivo dentro de la industria, propiciando proyectos de innovación y la creación de nuevos productos. Como resultado el sector tuvo un crecimiento del 24% de 2016 a 2018, sin embargo, su crecimiento fue de solo 2% el 2019. El sector actualmente cuenta con 50 empresas, generando más de 34,000 empleos especializados, principalmente entorno a lo automotriz, aeroespacial, electrodomésticos y tecnologías de la información dedicadas a la fabricación de arneses, conectores, antenas, cables, sensores, tableros electrónicos y accesorios.

La industria de equipo médico es el sector de más rápido crecimiento en Sonora. Existen 17 empresas instaladas en la entidad que generan más de 8 mil empleos. Su desarrollo se debe a la cercanía con EU, la disponibilidad de recurso humano calificado, y el bajo costo total de operación, que convierte al sector en altamente competitivo. Lo anterior le permite a este

sector su posicionamiento en el mercado.

En definitiva, Sonora ofrece un conjunto de atributos imprescindibles para una política de atracción de inversión. A escala regional, según datos de la INA, los proyectos de inversión que se tienen para Estados Unidos, México y Canadá ascienden a 93,602 millones de dólares. Esta es la oportunidad que tiene la región para sustituir las importaciones provenientes de países como China, Japón, Alemania, Corea, Tailandia, Vietnam, Taiwán, España, Malasia y Francia.

6. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: MEDICIÓN DEL NIVEL DE ADOPCIÓN DE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN ESBELTA, BENEFICIOS ESPERADOS Y OBSTÁCULOS ASOCIADOS

Para la presente tesis se desarrolló un cuestionario para la medición del nivel de adopción de prácticas del sistema de producción esbelta, los beneficios esperados y los obstáculos asociados en empresas manufactureras ubicadas en Sonora. Con el objetivo de explicar a detalle la metodología utilizada en el presente capítulo se inicia con la descripción del enfoque y diseño de la investigación, explicando la técnica empleada para la recolección de datos, la encuesta. En el primer apartado se desarrolla la explicación de la construcción del cuestionario, desde la selección de reactivos, su validación y prueba piloto hasta la conformación de la estructura final que fue aplicada a los participantes. En el siguiente apartado se detalla la metodología empleada, explicando su desarrollo hasta llegar a la descripción del proceso analítico que comprendió estadística descriptiva, prueba de hipótesis y el modelo de ecuaciones estructurales. Posteriormente se describe la estrategia de investigación, sus fases, ficha técnica, trabajo de campo y el procesamiento de datos.

6.1. El Enfoque Cuantitativo de Investigación

El enfoque de investigación refiere, básicamente, a la naturaleza del estudio que puede ser: cuantitativa, cualitativa o mixta. Los enfoques tienen que ver con posicionamientos concreto de investigación, respecto a la actividad científica en función de la construcción del problema y las metas del estudio. Sin embargo, los rasgos particulares y los aspectos clave que distinguen a cada enfoque —en cuanto a: el tipo de realidad que estudia, las metas que persigue, la lógica del proceso investigativo y el tipo de datos que utiliza— son muy distintos entre sí, ya que, guardan estrecha relación de coherencia con los supuestos del paradigma científico al que pertenecen. Así, la selección del enfoque de investigación es decisión del

investigador y debe ser asumida de forma integral, pues responde también a criterios epistemológicos; es decir, a perspectivas amplias respecto a la labor científica y a cómo se asume el proceso investigativo.

El enfoque cuantitativo se alinea con el paradigma científico positivista se basa en obras de Comte y Durkheim (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014: 4), La investigación cuantitativa considera que el conocimiento debe ser objetivo y que este se genera a partir de un proceso deductivo. Su finalidad es describir, explicar y predecir fenómenos, a partir del análisis estadístico e inferencial de datos numéricos, por el que se prueban hipótesis previamente planteadas. Este enfoque basa su investigación en casos “tipo”, con la intención de obtener resultados que permitan hacer generalizaciones (Bryman, 2004:19).

El enfoque cualitativo, por su parte, pretende captar e interpretar la parte subjetiva de la realidad. A diferencia de la investigación cuantitativa, que se basa en una hipótesis, la cualitativa suele partir de una pregunta de investigación, por lo que —siguiendo una lógica inductiva— “recolecta primero los datos para afinar las preguntas de investigación, que habrán de formularse acorde a la metodología” (Hernández *et al.*, 2014:7). Dado que las metas y la lógica de cada tipo de investigación son distintas, esto conlleva que: la recolección, análisis e interpretación de datos se distinta. La visión objetiva del enfoque cuantitativo requiere que los objetivos y la lógica investigativa estén dirigidas a la obtención de datos sólidos, y confiables. Mientras que la cualitativa, al pretender captar e interpretar la parte subjetiva de la realidad se orienta hacia la recolección y análisis de datos profundos y significativos.

6.2. Diseño de la Investigación

El presente estudio se basa en una metodología cuantitativa. El alcance de la investigación es correlacional puesto que tiene por objeto medir la fuerza de relación entre dos o más variables. Es de corte transversal, pues, la medición de las variables se realizó en un momento y contexto determinado y su diseño es no experimental, ya que no incluye la manipulación de liberada de elementos o variables. Sin embargo, según Hernández-Samperio *et al.*, (2018)

una investigación puede ser considerada como descriptiva, exploratoria, correlacional o explicativa, y no situarse únicamente como tal. Esto es, aunque un estudio sea esencialmente exploratorio contendrá elementos descriptivos o bien, un estudio correlacional incluirá elementos descriptivos, y lo mismo ocurre con cada uno de los tipos de estudio. Al final, los cuatro tipos de investigación son igualmente válidos e importantes. En este sentido, la investigación pudiera considerarse también como exploratoria debido a que busca arrojar información o conocimiento nuevo relacionado a las pautas de adopción de PE, en el contexto industrial productivo de la región, en donde el tema ha sido poco investigado, sobre todo en industrias como la aeroespacial o la de componentes eléctricos y electrónicos. De manera similar, la integración del nivel de adopción, los beneficios esperados y obstáculos asociados en un mismo estudio; resulta un abordaje distinto respecto investigaciones realizadas previamente, por lo que, pudiera ser considerada también como una investigación descriptiva, pues al final, se pretende describir cual es la situación actual de las empresas comparándolas con otras de sectores económicos distintos.

6.3. El Método del Estudio: Modelo de Ecuaciones Estructurales

Puesto que para el desarrollo de este estudio es necesaria la predicción de constructos, resulta pertinente el hacer uso de una metodología basada en modelos de ecuaciones estructurales (SEM) (Structural Equation Modelling). Los SEM son una técnica de análisis de datos multivariante que, permiten examinar simultáneamente el efecto de una serie de relaciones de dependencia entre variables independientes y dependientes. Los SEM se distinguen de otras técnicas estadísticas, pues permiten incorporar constructos o variables latentes (VL) al análisis que, por su naturaleza, no pueden ser observados y son medidos indirectamente por medio de múltiples indicadores diseñados para capturar el dominio de contenido de algún concepto. La técnica está basada en estimaciones simultáneas mediante regresiones múltiples y se caracteriza porque incluye dos elementos básicos, el modelo estructural y el modelo de medida. El primero, muestra las relaciones de dependencia entre variables independientes o exógenas y variables dependientes endógenas. El segundo, muestra las relaciones entre las

VL y los indicadores. Los SEM permiten medir la contribución de cada ítem (reactivo) a la escala de medición, es decir, especificar qué indicadores definen a cada VL. Además, permiten evaluar la fiabilidad y la validez tanto de constructos, como de indicadores. Por último, el análisis que los SEM desarrollan puede realizarse a través de dos técnicas estadísticas; por un lado, la técnica basada en el análisis de covarianzas y, por el otro, el método basado en mínimos cuadrados (PLS-SEM) (Partial Least Squares), siendo esta la más apropiada para la presente investigación puesto que se enfoca en la predicción más que a la confirmación, además que, no supone normalidad de los datos y no condiciona el tamaño mínimo de la muestra (Hair *et al.*, 2011). Por tal motivo, a manera de justificación respecto a su elección, a continuación, se describen algunos rasgos metodológicos de la técnica.

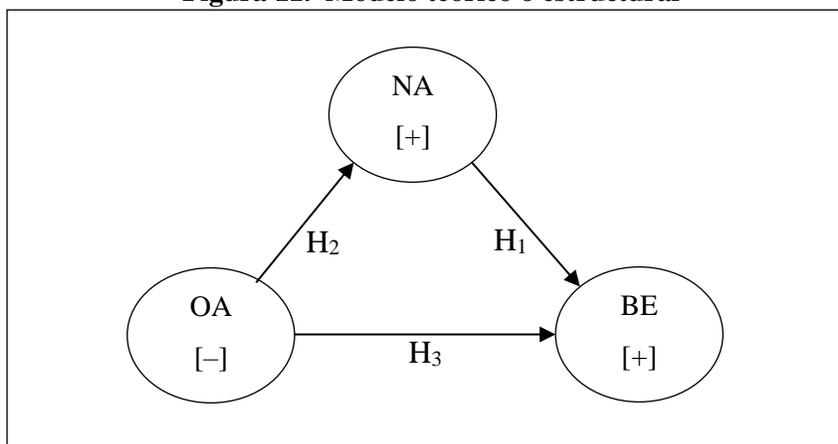
6.3.1. Técnica de Mínimos Cuadrados Parciales

En términos generales, el método de mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) tiene como objetivo la predicción de VL, se apoya en la estimación de mínimos cuadrados ordinarios y en el análisis de componentes principales. Suele utilizarse en situaciones de alta complejidad, caracterizadas por la ausencia de un cuerpo teórico bien desarrollado (Lévy y Varela, 2006). Así, Barclay *et al.* (1995) sugieren su uso ante problemas que, por su complejidad, incluyan una gran cantidad de indicadores y/o VL, ya sea de primero, como de segundo orden. Por su parte, Hair *et al.* (2017) destacan la flexibilidad de la técnica PLS ya que puede utilizarse con muestras chicas y no requiere que los datos sigan una distribución normal; las VL pueden integrarse por uno o más indicadores y pueden incorporar constructos de primer y segundo orden. Los PLS-SEM responden muy bien ante situaciones en las que la teoría que subyace a las relaciones causales no tiene todavía una gran consistencia y puede utilizarse de forma más "exploratoria". En este sentido, se sugiere su uso cuando la complejidad de los problemas y de los procesos sociales no permita —todavía— tener teorías con un alto grado de generalización.

6.3.2. Modelo Estructural del Estudio

El modelo estructural —también llamado modelo teórico o gráfico— muestra las relaciones de causalidad hipotetizadas entre VL independientes —exógenas— y dependientes —endógenas—. La ubicación y la secuencia de los constructos se basan en la teoría y/o en el conocimiento acumulado. En la práctica los SEM son estimados mediante modelos de trayectorias, bajo ciertas convenciones: las VL se representan en círculos, las relaciones estructurales representan con flechas rectas unidireccionales, las cuales, no indican causalidad “per se”, aunque con buen soporte teórico pueden interpretarse como tal. Por último, las variables exógenas van del lado izquierdo y las variables endógenas de lado derecho, por tanto, la teoría y la lógica debieran siempre determinar la secuencia de los constructos en el modelo estructural. En la figura 11 se observa el modelo teórico que sustenta la presente investigación se integra por una VL exógena Obstáculos Asociados (OA) y dos VL Endógenas Nivel de Adopción (NA) y Beneficios Esperados (BE), Como se comentó previamente, las flechas indican las relaciones estructurales, es decir, supuestos hipotéticos sujetos a comprobación, los cuales, se describen a continuación:

Figura 11. Modelo teórico o estructural



Variable latente exógena: OA (obstáculos asociados)
Variables latentes endógenas: NA (nivel de adopción); BE (beneficios Esperados). La línea punteada representa la relación indirecta entre OA y BE, la cual está mediada por NA

Fuente: elaboración propia

H₁: Hay una relación positiva entre NA→BE, de manera que un cambio en el NA implicaría un cambio en el mismo sentido en BE.

H₂: Existe una relación negativa entre OA→NA, de manera que un cambio en OA implicaría un cambio en sentido opuesto en NA.

H₃: Existe una relación negativa entre OA→BE; de manera que un cambio en OA implicaría un cambio en sentido opuesto en BE.

H₄: Existe una relación indirecta negativa entre OA→BE mediada por NA, de manera que un cambio en OA implicaría un cambio en el sentido opuesto en la relación NA→BE

En este sentido, si se comprobaran estas hipótesis se podría afirmar que OA modera la relación positiva NA→BE.

6.3.3. Modelo de Medida del Estudio

El modelo de medida muestra las relaciones entre VL los indicadores. En la fase de validación del modelo, permite medir la contribución de cada indicador a la escala de medición, es decir, especificar qué indicadores definen a cada constructo. Además, evalúa la fiabilidad y la validez de las VL e indicadores. Igual que en el modelo estructural, las VL se representan en círculos, los indicadores en rectángulos y las relaciones se señalan por medio de flechas unidireccionales. El modelo de medida que se muestra en la figura a continuación es un modelo de segundo orden, ya que las VL, al mismo tiempo dan lugar a nuevas VL de un orden mayor, de ahí la categoría de segundo orden. Law *et al.*, (1988) definen un modelo de segundo orden, como aquel que posee diferentes dimensiones de primer orden para identificar correctamente el modelo. Por dimensión se entiende un término conceptual utilizado para describir distintas facetas de una VL que es entendida como poseedor de facetas heterogéneas (Bollen *et al.*, 1991). Por tanto, por definición, cada dimensión captura un aspecto único de un una VL dimensional (Podsakoff, 2006).

El algoritmo básico de la PLS-SEM sigue un enfoque de dos pasos, el primero se refiere a la estimación iterativa de las puntuaciones de las variables latentes, y el segundo, se refiere a la

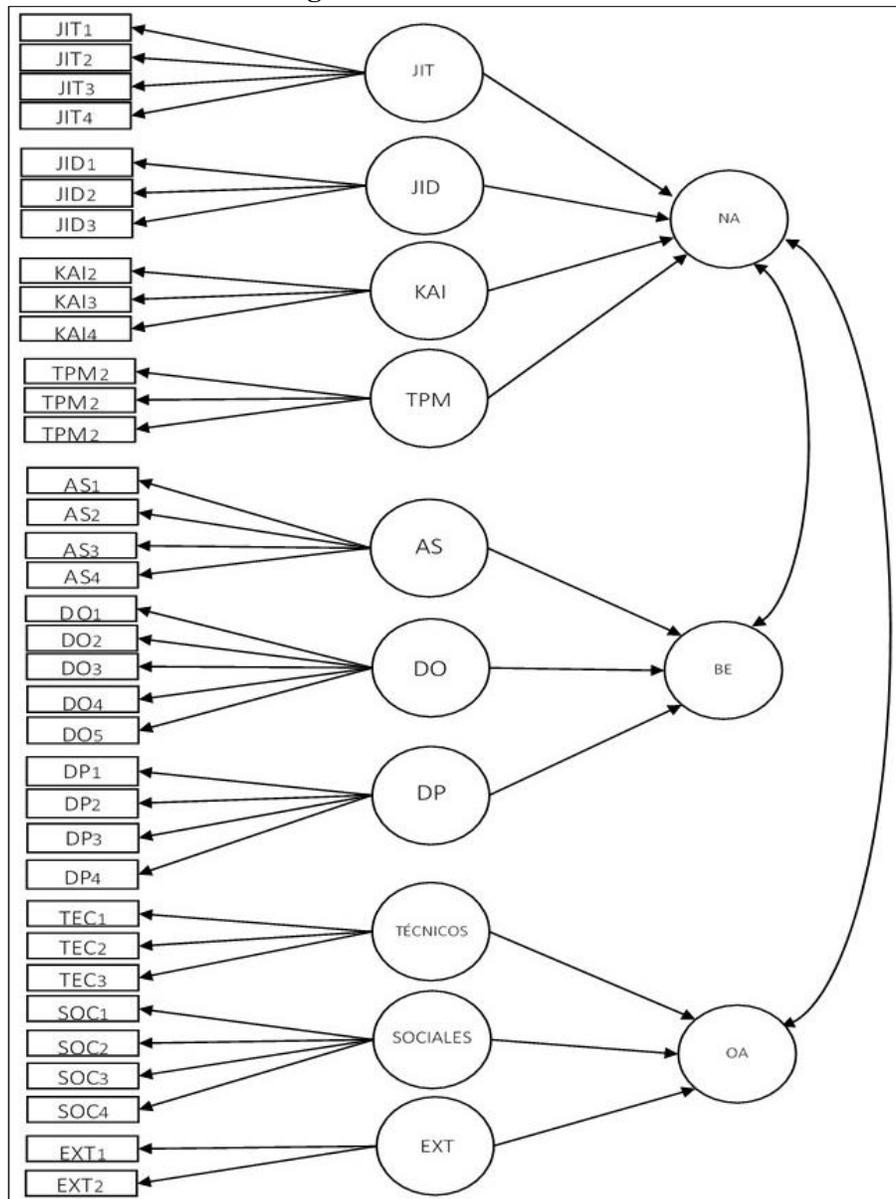
estimación final de los pesos, cargas y coeficientes de trayectoria por medio de la estimación de mínimos cuadrados ordinarios —múltiples y sencillos— y en el análisis de componentes principales (Henseler, Ringle y Sarstedt, 2015). La comprobación de la teoría mediante PLS-SEM sigue un proceso de dos pasos (Hair, Black, Babin, y Anderson, 2019). Primero probamos la teoría de medición para confirmar la fiabilidad y validez del modelo de medición. Una vez confirmado el modelo de medición, pasamos a probar el modelo estructural. La lógica es, primero validar las VL, porque la teoría estructural no puede confirmarse si las medidas no son fiables o válidas. En la figura 11 se muestra el modelo de medida no se especifica el nombre de los indicadores. Los títulos de las VL, tanto de primer como de segundo orden han sido abreviados.

6.4. La Encuesta Como Técnica de Investigación

La investigación cuantitativa se basa en prácticas mucho más estructuradas ya que busca la medición de las variables previamente establecidas. Para esta investigación, se utilizó la encuesta como procedimiento de investigación, decido a que mediante la aplicación de un cuestionario estructurado permite aplicaciones de un gran número de participantes y permite el manejo de diferentes temas, de esta forma fue posible el manejo de mucha información en un solo instrumento. Otra de las ventajas del cuestionario como técnica de investigación es su aplicación. En el caso de esta investigación el cuestionario fue aplicado casi en su totalidad a distancia, por medio de correo electrónico, lo que me permitió cubrir las tres ciudades contempladas en la investigación. Además, el hecho de que el cuestionario fue diseñado para su aplicación auto administrada, resulta provechoso por lo económico que resulta su aplicación y además que no se requiere de tanto tiempo en comparación con la entrevista personal. El cuestionario se conformó por un conjunto de preguntas preparadas cuidadosamente, sobre aquello que se investiga y mantiene una relación muy estrecha entre los objetivos e hipótesis de investigación. Por último, dos requisitos básicos de un cuestionario son: validez y confiabilidad. Es decir, debe haber congruencia entre los objetivos de la investigación y los del cuestionario: validez y el grado de confianza del instrumento

para obtener resultados similares, aplicando las mismas preguntas respecto del mismo fenómeno. Este estudio se basa en la información recabada mediante una encuesta que se realizó durante los meses de octubre a diciembre de 2018.

Figura 12. Modelo de medida



VL de primer orden: JIT (Just-in-Time), JID (Jidoka), KAI (Kaizen), TPM (Total Productive Maintenance), SOC (Sociales), TEC (Técnicos), EXT (Externos), DP (Desarrollo de Personal), DO (Desempeño Operativo), AS (Atención y Servicio).
 VL de segundo orden: NA (Nivel de Adopción), BE (Beneficios Esperados), OA (Obstáculos Asociados).

Fuente: elaboración propia

La encuesta se aplicó un conjunto de empresas manufactureras de las ciudades de Hermosillo, Guaymas y Empalme. El principal objetivo de esta encuesta fue integrar información actualizada y de primera mano respecto al nivel de difusión de las prácticas esbeltas en la planta productiva local.

Para la elaboración del cuestionario se tomó como base el utilizado por Kumar y Kumar (2015) quienes evaluaron el nivel de adopción de diversas industrias de la India.

6.5. Selección de Variables y Elaboración del Cuestionario

La PE se conforma por un conjunto de prácticas que pueden ser observadas directamente (Shah y Ward, 2007). Por su parte Rothaermel (2016) advierte que, el éxito de la adopción, depende frecuentemente, de las características de la empresa y, al mismo tiempo que, no todas las empresas pueden o deben adoptar el mismo conjunto de prácticas. En este sentido, el primer paso en la construcción del cuestionario fue determinar teóricamente los aspectos clave de PE para obtener una perspectiva general respecto a su medición se revisaron trabajos empíricos previos; identificando aquellas variables que, en mayor medida, contribuyeron positiva y significativamente a la adopción. En este sentido, tras una revisión a la literatura, se lograron identificar una gran variedad de prácticas y herramientas. Así fue posible la determinación de un listado inicial de ítems, correspondientes a las tres variables –adopción, beneficios y obstáculos–. No obstante, se continuo con la búsqueda en diversas bases de datos identificando los principales trabajos de investigación, Una vez identificados los estudios se obtuvieron los documentos y se procedió a llevar a cabo una exhaustiva revisión sistemática con el objetivo de identificar los principales, los cuales después de un largo proceso de purificación fueron reducidas. Finalmente, el cuestionario quedo integrado por 77 variables, distribuidos en tres secciones. Cada una correspondiente a las variables principales de la investigación.

6.5.1. Nivel de Adopción

En la primera sección del cuestionario, se usaron una serie de reactivos con el fin de obtener información que permitiera calcular —medir— el nivel de adopción de distintas prácticas concretas de PE. La sección quedó conformada por 31 prácticas, las cuales han sido agrupadas en 4 grandes conceptos o filosofías desarrolladas por Toyota. Resultado de la revisión de la bibliografía se ha llegado a la conclusión de que no hay consenso, dentro de la academia, sobre el número de prácticas, ni una morfología específica en que estas deberían agruparse, ni tampoco en cuanto a las técnicas estadísticas de reducción de datos empleados en el procesamiento de la información. El uso de estos conceptos en la clasificación de las prácticas ha sido empleado por diversos autores (Shah y Ward, 2003; Rocha-Lona, Garza-Reyes y Kumar, 2013; Brah y Chong, 2004) y se podría decir que es la clasificación más apegada al modelo original desarrollado en Toyota.

En el cuadro 2 se observan las 31 prácticas incluidas para esta sección, agrupadas en 4 dimensiones, a saber, Just-in-time, Jidoka, Kaizen y TPM. Las prácticas se seleccionaron para determinar el grado en que estas han sido adoptadas en la industria local, a partir de la percepción de los encuestados. El diseño del cuestionario incluye respuestas una escala Likert de 1 a 5, donde: 1 = cero adopción; 2 = baja adopción; 3 = media adopción; 4 = alta adopción; 5 = completa adopción.

6.5.2. Beneficios Esperados

La segunda sección del cuestionario corresponde a los beneficios esperados por la adopción. Como resultado de la revisión al estado del arte, se han identificado en la bibliografía especializada un gran número de beneficios derivados de la adopción. Diversos autores, concuerdan que a altos niveles de adopción favorecen múltiples mejoras en diferentes áreas de la empresa /Kumar y Garg, 2004; Belokar, Kumar y Kharb, 2012 Shah y Ward, 2003). Para la selección de los beneficios se realizó el mismo ejercicio que con las prácticas. Los 28

Cuadro 2. Prácticas incluidas en la categoría nivel de adopción

Categoría	Dimensión	Indicador	Reactivo	Escala
Nivel de Adopción	JIT	Cambios rápidos (SMED)	R1	Likert (5)
		Producción Nivelada (Heijunka)	R2	Likert (5)
		Círculos de calidad	R3	Likert (5)
		Lot sizing (One piece flow)	R4	Likert (5)
		Reducción de Lead/Cycle Time	R5	Likert (5)
		Entregas a tiempo (OTD)	R6	Likert (5)
		Producción flexible	R7	Likert (5)
		Balanceo de líneas	R8	Likert (5)
		Sistema Pull o kanban	R9	Likert (5)
	Jidoka	Adherencia al plan	R10	Likert (5)
		Flujo continuo	R11	Likert (5)
		Control visual (andón)	R12	Likert (5)
		Mantenimiento preventivo	R13	Likert (5)
		OEE	R14	Likert (5)
		Calidad Total (TQM)	R15	Likert (5)
		Poka Yoke	R16	Likert (5)
	Kaizen	Involucramiento de los empleados	R17	Likert (5)
		Ideas de MC/PDCA	R18	Likert (5)
		Satisfacción del cliente	R19	Likert (5)
		Comunicación (Hoshin Kanri)	R20	Likert (5)
		Formación y Capacitación	R21	Likert (5)
		Equipos p/ solución de problemas	R22	Likert (5)
		Equipos funcionales cruzados	R23	Likert (5)
	TPM	5 S's	R24	Likert (5)
		Seguridad en el área de trabajo	R25	Likert (5)
		Trabajo estandarizado	R26	Likert (5)
		Cambios de layout	R27	Likert (5)
		Mantenimiento autónomo	R28	Likert (5)
		Celdas de Trabajo	R29	Likert (5)
		Tiempo de entrega (Lead Time)	R30	Likert (5)
		Identificación de desperdicio (VSM)	R31	Likert (5)

JIT (Just-in-Time), TPM (Mantenimiento Productivo Total)

Fuente: elaboración propia

beneficios seleccionados, resultado de la revisión a la literatura y del panel de expertos por el que se construyó el instrumento, se agrupan en 4 dimensiones, a saber; Atención y Servicio, Desempeño Operativo, Optimización de Procesos y Desarrollo de Personal. La

clasificación fue realizada en base a la naturaleza de la variable y su impacto final en los resultados de las empresas, ver cuadro 3 a continuación. Las opciones de respuestas, en este caso, también se presentaron mediante una escala Likert de 1 a 5; donde 1 = Nada de acuerdo; 2 = Ligeramente de acuerdo; 3 = Medianamente de acuerdo; 4 = Altamente de acuerdo; 5 = Completamente de acuerdo.

Cuadro 3. Variables incluidas en la categoría beneficios esperados

Categoría	Dimensión	Indicador	Reactivo	Escala			
Beneficios Esperados	Atención y Servicio	Mejora en entregas a tiempo	R32	Likert (5)			
		Reducción de tiempos muertos	R33	Likert (5)			
		Mejora en percepción del cliente	R34	Likert (5)			
		Lineamientos legales	R35	Likert (5)			
		Reducción de quejas de calidad	R36	Likert (5)			
		Flexibilidad de producción	R37	Likert (5)			
	Desempeño Operativo		Mejora en eficiencia (OEE)	R38	Likert (5)		
			Disponibilidad de materiales	R39	Likert (5)		
			Flujo de información e insumos	R40	Likert (5)		
			Reducción de Scrap	R41	Likert (5)		
			Reducción de inventarios	R42	Likert (5)		
			Disminución de retrabajos	R43	Likert (5)		
			Reducción de paros de línea	R44	Likert (5)		
			Incremento en productividad	R45	Likert (5)		
			Optimización de Procesos		Reducción de garantías al cliente	R46	Likert (5)
					Disponibilidad flujo de efectivo	R47	Likert (5)
	Reducción de mano de obra	R48			Likert (5)		
	Reducción de huella ecológica	R49			Likert (5)		
	Reducción de material auxiliar	R50			Likert (5)		
	Reducción de costos en equipo	R51			Likert (5)		
	Gastos de distribución y entregas	R52			Likert (5)		
	Desarrollo de Personal				Aumento en Ideas de Mejoras	R53	Likert (5)
					Personal polivalente y autónomo	R54	Likert (5)
					Reducción de accidentes	R55	Likert (5)
					Seguridad en el área de trabajo	R56	Likert (5)
					Reducción prácticas inseguras	R57	Likert (5)
					Aumento de habilidades	R58	Likert (5)
			Comprometidos con calidad	R59	Likert (5)		

Fuente: elaboración propia

6.5.3. Obstáculos Asociados

En la tercera sección del cuestionario se incluyen los obstáculos asociados, elementos que, de alguna u otra forma: limitan, impiden, restringen, estorban, se oponen, etc. a la adopción de PE. En lo referente a los obstáculos, múltiples términos han sido utilizados para conceptualizar los inconvenientes para la difusión de PE. La elección de los obstáculos se realizó de la forma previamente descrita. Al final, resultado de la revisión a la literatura, se seleccionaron 18 obstáculos; los cuales se agruparon acorde a la teoría de sistemas socio técnico, el cual establece que debe de existir armonía entre el actor social, el técnico y el externo.

Cuadro 4. Variables incluidas en la categoría obstáculos asociados

Categoría	Dimensión	Indicador	Reactivo	Escala
Obstáculos Asociados	Técnicos	Falta de controles de calidad	R60	Likert (5)
		Rutinas de la compañía	R61	Likert (5)
		Falta de estrategia adecuada	R62	Likert (5)
		Falta de entrenamiento	R63	Likert (5)
		Falta de conocimientos” know-how”	R64	Likert (5)
		Conflictos con otros programas	R65	Likert (5)
	Sociales	Falta de visión holística y a largo plazo	R66	Likert (5)
		No se reconocen beneficios inmediatos	R67	Likert (5)
		Falta de comunicación efectiva	R68	Likert (5)
		Falta de apoyo de la gerencia	R69	Likert (5)
		Falta de estándares y procedimientos	R70	Likert (5)
		Resistencia al cambio	R71	Likert (5)
	Externos	Estilos de gestión	R72	Likert (5)
		Consultores externos	R73	Likert (5)
		Incapacidad para resolver problemas	R74	Likert (5)
		Alta rotación de personal	R75	Likert (5)
		Desempeño de proveedores	R76	Likert (5)
		Volatilidad de la demanda	R77	Likert (5)

Fuente: elaboración propia

Para las respuestas de la categoría obstáculos asociados se empleó escala Likert de 5 niveles donde 1 = Nada de acuerdo; 2 = Ligeramente de acuerdo; 3 = Medianamente de acuerdo; 4

= Altamente de acuerdo; 5 = Completamente de acuerdo.

6.5.4. Datos de Identificación

El instrumento considera datos de identificación que permitan analizar los resultados las variables sector industrial, ubicación, tamaño de la empresa, años de experiencia, así como el puesto del encuestado. De esta manera con los datos demográficos se puede obtener mayor información sobre las características de la población de estudio y poder establecer conjeturas.

Cuadro 5. Variables incluidas en la categoría identificación

Categoría	Indicador	Reactivo	Escala
Identificación	Sector Industrial	R78	Nominal
	Ubicación	R79	Nominal
	Tamaño	R80	Ordinal
	Experiencia	R81	Ordinal
	Responsable implementación	R82	Nominal
	Puesto	R83	Nominal

Fuente: elaboración propia

6.5.5. Validación del Instrumento: Panel de Expertos y Prueba Piloto

Con el objeto de garantizar la fiabilidad del instrumento, un grupo de expertos, conformado por ocho gerentes de distintas maquiladoras locales (Hermosillo), validaron el instrumento previo a su aplicación. De entrada, se les solicitó a los expertos que centraran su análisis en aspectos relacionados a la apariencia y estética del instrumento, así como a cuestiones gramaticales, conceptuales e idiomáticas, respecto a los distintos elementos incluidos en el cuestionario, para después revisar la congruencia teórica y metodológica, considerando los objetivos planteados. De esta forma, se revisó la forma de redacción de los reactivos, así como los términos y conceptos particulares del modelo esbelto. Como resultado de lo

anterior, se me sugirió utilizar e incluir algunos conceptos propios del modelo en su idioma original y al mismo tiempo evitar utilizar traducciones y/o adaptaciones, como se planeó originalmente. Lo anterior con la finalidad de evitar sesgos que pudieran surgir al momento de la aplicación del instrumento. Los expertos sugirieron también modificar y/o eliminar algunos de los reactivos incluidos originalmente en el cuestionario. Cambios que se realizaron de acuerdo con sus recomendaciones y comentarios. La versión final del cuestionario fue enviada al grupo de expertos. Se les pidió a los miembros del panel de expertos que revisaran y contestaran el cuestionario con el fin de validar la versión final. Los ocho gerentes accedieron y respondieron el cuestionario. Con los datos de estas respuestas y las aplicadas en campo se analizó la confiabilidad para cada una de las escalas, por medio del alfa de Cronbach.

6.6. Estrategia de Investigación

Una vez diseñado el instrumento (cuestionario) para medir el nivel de adopción, los beneficios esperados y los obstáculos asociados, se procedió a la determinación de la estrategia para la recolección de datos, que es el plan detallado de procedimientos que nos condujeron a reunir los datos (Hernández *et al.*, 2014).

Para el diseño de la estrategia de recolección de datos se consideraron 4 factores:

1. ¿Cuáles son las fuentes de las que se obtendrán los datos?
2. ¿En dónde se localizan las fuentes?
3. ¿A través de que método se recolectaran los datos?
4. ¿De qué forma se prepararán los datos para analizarlos?

En la figura 13 se resume la estrategia de investigación y recolección de datos.

6.6.1. Población, Muestreo y Participantes

El estudio empírico se centró en empresas maquiladoras de los sectores: aeroespacial,

automotriz, componentes eléctricos y dispositivos médicos, ubicados en las ciudades de Hermosillo, Guaymas y Empalme. En gran medida –sobre todo aquellas del sector aeroespacial y médico– las empresas se circunscriben a un grupo específico de maquiladoras establecidas, legalmente bajo la modalidad de “shetler²⁸”, por medio de Maquilas Tetakawi.

Figura 13. Estrategia de investigación y recolección de datos



Fuente: elaboración propia

El servicio de albergue o shelter industrial llegó a la ciudad de Guaymas en 1986. El shelter

²⁸Los shelters industriales son empresas que ayudan a industrias extranjeras (principalmente estadounidenses) que han decidido operar en México a arrancar operaciones. El shelter funge como representante legal y es el vehículo por el cual inversores extranjeros; compran o rentan terrenos y edificios, contratan empleados y pagan impuestos; sin que estos últimos requieran presencia legal en el país. El fabricante extranjero hace uso de la persona jurídica mexicana, los contactos, conocimientos y experiencia del shelter, para poder enfocar sus fuerzas en producir y exportar bienes.

provee diversos servicios a empresas extranjeras (maquiladoras) que deseen manufacturar sus productos para su posterior reexportación. La identificación de las empresas se realizó mediante la consulta las empresas pertenecientes a los sectores mencionados se identificó mediante la consulta del directorio del Sistema Integral de Información de Comercio Exterior (SIICEX). Una vez identifiqué el universo, la selección de la muestra comprendió una técnica no probabilística por conveniencia. De inicio, delimité la población de estudio considerando sólo a empresas que, en primer lugar, estuvieran inscritas al programa IMMEX 2018 y, segundo, estuvieran físicamente ubicadas en Hermosillo, Guaymas y Empalme que, de acuerdo con el directorio SIICEX eran un total de 120 empresas. No obstante, 22 de estas fueron descartadas, ya sea porque no se proporcionaba información de contacto o esta no era válida. En consecuencia, la población se redujo a 98 empresas. Posteriormente, siguiendo a Hernández-Sampieri *et al.*, (2010), calculé el tamaño de muestra para poblaciones finitas con 95% de confianza, resultando 73 una muestra adecuada, de acuerdo con los parámetros. De las 98 empresas a las que se les aplicó el cuestionario, 60 contestaron, correspondiente al 61% del total, misma que constituye la muestra final de esta investigación. Con relación al tamaño de la muestra, los modelos de PLS-SEM no son restrictivos en el tamaño, y es frecuente encontrar menciones en la literatura de estudios relacionados con la cantidad suficiente de casos a usar en PLS-SEM (Hair *et al.*, 2012; Hair *et al.*, 2011; Henseler *et al.*, 2009), estas menciones sugieren que para el caso de PLS-SEM con escalas reflexivas, la cantidad de casos debe ser igual a 10 veces el número de trayectorias estructurales entrantes al constructo con mayor cantidad de trayectorias, en el caso de esta investigación el constructo con mayor cantidad de trayectorias entrantes es BE con 3 lo que sugiere 30 casos como apropiado. Cabe mencionar que la literatura también refiere estudios PLS-SEM con resultados razonables y con una cantidad de casos menores, por ejemplo 10 o 20 casos, (Henseler *et al.*, 2009). En última instancia la determinación de si el tamaño de la muestra es adecuado, y ayuda a obtener resultados razonables y estadísticamente significativos, se obtiene a través del cumplimiento de los criterios de fiabilidad validez para el diagnóstico de modelos PLS-SEM (Hair *et al.*, 2012), en consecuencia, los resultados obtenidos pueden ser extrapolados a otros municipios de México.

El servicio de albergue o shelter industrial llegó a la ciudad de Guaymas en 1986. El shelter provee diversos servicios a empresas extranjeras (maquiladoras) que deseen manufacturar

sus productos para su posterior reexportación. La identificación de las empresas se realizó mediante la consulta las empresas pertenecientes a los sectores mencionados se identificó mediante la consulta del directorio del Sistema Integral de Información de Comercio Exterior (SIICEX). Una vez identifiqué el universo, la selección de la muestra comprendió una técnica no probabilística por conveniencia. De inicio, delimité la población de estudio considerando sólo a empresas que, en primer lugar, estuvieran inscritas al programa IMMEX 2018 y, segundo, estuvieran físicamente ubicadas en Hermosillo, Guaymas y Empalme que, de acuerdo con el directorio SIICEX eran un total de 120 empresas. No obstante, 22 de estas fueron descartadas, ya sea porque no se proporcionaba información de contacto o esta no era válida. En consecuencia, la población se redujo a 98 empresas. Posteriormente, siguiendo a Hernández-Sampieri *et al.*, (2010), calculé el tamaño de muestra para poblaciones finitas con 95% de confianza, resultando 73 una muestra adecuada, de acuerdo con los parámetros. De las 98 empresas a las que se les aplicó el cuestionario, 60 contestaron, correspondiente al 61% del total, misma que constituye la muestra final de esta investigación. Con relación al tamaño de la muestra, los modelos de PLS-SEM no son restrictivos en el tamaño, y es frecuente encontrar menciones en la literatura de estudios relacionados con la cantidad suficiente de casos a usar en PLS-SEM (Hair *et al.*, 2012; Hair *et al.*, 2011; Henseler *et al.*, 2009), estas menciones sugieren que para el caso de PLS-SEM con escalas reflexivas, la cantidad de casos debe ser igual a 10 veces el número de trayectorias estructurales entrantes al constructo con mayor cantidad de trayectorias, en el caso de esta investigación el constructo con mayor cantidad de trayectorias entrantes es BE con 3 lo que sugiere 30 casos como apropiado. Cabe mencionar que la literatura también refiere estudios PLS-SEM con resultados razonables y con una cantidad de casos menores, por ejemplo 10 o 20 casos, (Henseler *et al.*, 2009). En última instancia la determinación de si el tamaño de la muestra es adecuado, y ayuda a obtener resultados razonables y estadísticamente significativos, se obtiene a través del cumplimiento de los criterios de fiabilidad validez para el diagnóstico de modelos PLS-SEM (Hair *et al.*, 2012), en consecuencia, los resultados obtenidos pueden ser extrapolados a otros municipios de México.

6.6.2. Selección de Participantes: Criterios de Inclusión y Exclusión

El cuestionario se desarrolló para aplicarse a personal cuyo puesto pudiera considerarse jerárquicamente de nivel medio como; supervisores, ingenieros o inspectores de calidad, así como a personal con puestos considerados de nivel alto, como gerentes, jefes y líderes de área o de departamento. Para determinar la idoneidad de los sujetos de estudio se consideró como criterio de inclusión: que las funciones y actividades de los participantes, estuviesen relacionadas con: el diseño, mantenimiento, supervisión, control y mejora de los principales procesos de producción o transformación. De esta forma se excluye de participar a personal del área de operaciones, así como a la alta gerencia o puestos superiores. El motivo por el que se decidió no incluir ni a operadores de producción ni a la alta gerencia, es que estos puestos se encuentran en los extremos de la cadena de mando y puesto que en este tipo de empresas (maquiladoras) continuamente se evalúa y mide el desempeño, consideramos que pudieran llegar a sentirse incómodos al ser cuestionados o incómodos. Por un lado, los gerentes suelen ser los responsables por la adopción y puesta en práctica de programas de mejora, por lo que podrían sentirse comprometidos al responder el cuestionario, llevándolos tal vez a responder de manera sesgada. Por el otro lado, los empleados directos suelen estar bajo constante presión y supervisión la mayor parte del tiempo, por lo que, al ser evaluados respecto a condiciones laborales, pudieran sentirse presionados a responder con sesgo.

6.6.3. Trabajo de Campo: Aplicación del Cuestionario

Con el propósito de cumplir con los objetivos establecidos y poder contrastar las hipótesis de investigación una vez construido el instrumento (cuestionario) y definida la estrategia de recolección de datos se procedió al trabajo de campo. El cuestionario fue aplicado, en su mayoría, por medio de correo electrónico. A excepción de un par de casos, en donde se hizo necesario acudir personalmente a las instalaciones de las empresas, para la aplicación del cuestionario. En la mayoría de los casos se siguió el mismo protocolo que a continuación se

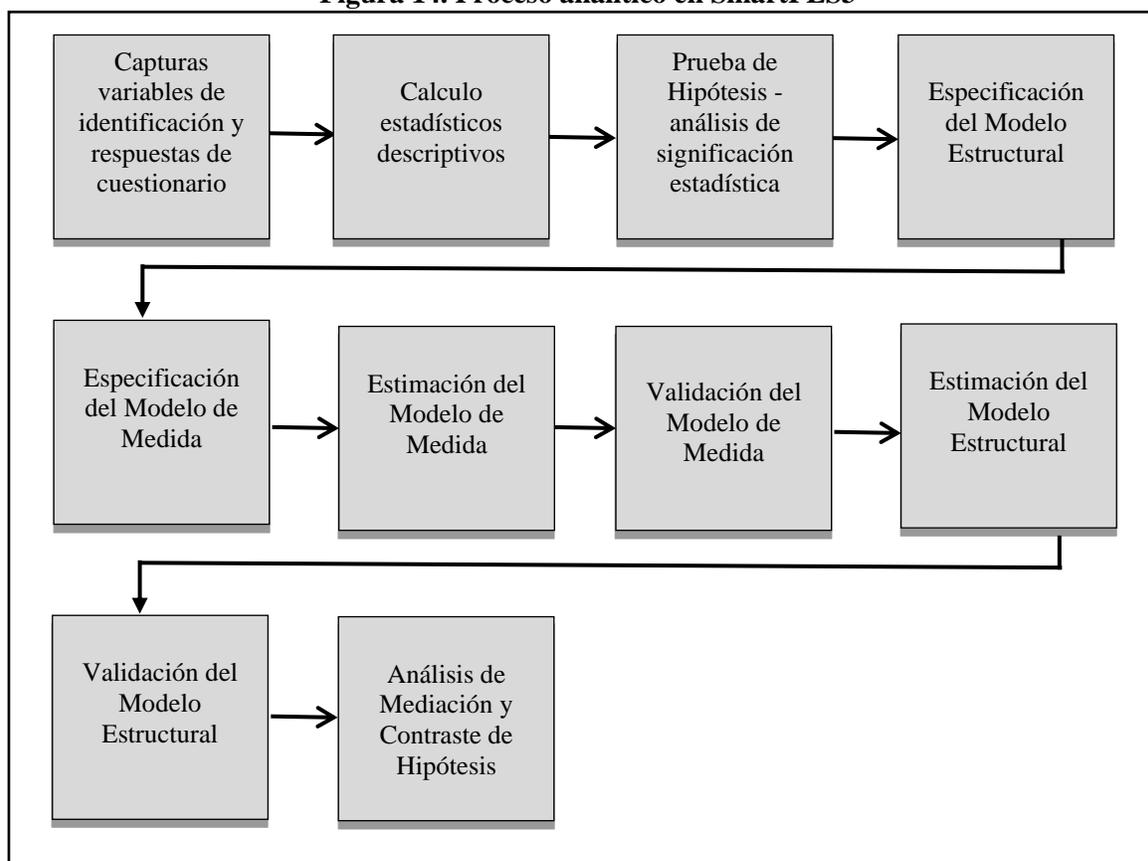
describe: se realizó un primer contacto con la empresa, con la finalidad de hacerles saber a las empresas de la existencia, motivos y alcance de la investigación, así como de solicitar su colaboración y participación en la misma. Una vez establecido el contacto, se les hacía una pregunta inicial, lo que permitió en la mayoría de los casos ponerme en contacto directo con quien al final terminaría contestando el cuestionario. Se preguntó, si en su empresa hacían uso de cualquiera de los métodos de PE. Si la respuesta era negativa la empresa era considerada como no adecuada para el estudio. Por el contrario, si la respuesta era afirmativa, la empresa se categorizaba como adecuada, procediendo con el envío de la carta de consentimiento informado. En los casos donde la respuesta era: no sé, se solicitaba nos pusieran en contacto con personal que cumpliera con los criterios de inclusión antes mencionados. He de mencionar que el hecho de que las empresas ubicadas en Guaymas y Empalme forman parte del grupo de Maquilas Tetakawi, facilitó el acceso al personal de cada una de las empresas, pues al estar todas adscritas bajo la modalidad de “shelter”, la información de contacto era en la mayoría de los casos correcta.

En paralelo, las personas responsables por el llenado del cuestionario fueron inicialmente informados sobre las formas de aplicación y respuesta del cuestionario. Se les hizo saber que los cuestionarios eran anónimos, protegiendo la intimidad, integridad e intereses personales de los encuestados. Esta estrategia ayudó a evitar/minimizar cualquier posible respuesta sesgada, como sugieren Saunders, Lewis y Thornhill (2009). Una vez recibimos la carta de consentimiento firmada se procedía con el envío de la encuesta por correo electrónico a la persona que cada empresa asignó para responderla. En los casos donde no se recibió respuesta, se llamó por teléfono o se visitó personalmente, lo que permitió elevar la tasa de respuesta considerablemente. Es importante mencionar que las encuestas fueron enviadas como plantilla de Google, facilitando la respuesta de esta, así como el manejo de los datos generados y la tabulación de estos. El uso de una plantilla, bajo la plataforma de Google, hizo posible tener información en tiempo real, ya que al agregarse más respuestas la base de datos generada en Excel se actualizaba automáticamente, permitiendo así contar con información actualizada al instante. Los cuestionarios respondidos fueron luego desplegados en una base de datos en formato Excel para después exportarse al programa SmartPLS3.

6.7. Procesamiento y Análisis de los Datos

Una vez finalizado el trabajo de campo fueron procesados los datos en una matriz de datos en el programa Excel, para después ser exportados y procesados utilizando el programa SmartPLS3 con el cual por medio de análisis estadístico convencional se determinó el nivel de adopción y mediante una prueba de hipótesis se determinaron las prácticas adoptadas, los beneficios esperados y los obstáculos asociados. Posteriormente mediante la metodología propuesta por Hair *et al.*, (2017) se evaluó la validez y fiabilidad de las mediciones, así como el contraste de hipótesis por medio del análisis correlacional de VL de primer y segundo grado. El proceso analítico realizado en SmartPLS3 se muestra en la figura 14.

Figura 14. Proceso analítico en SmartPLS3



Fuente: elaboración propia

6.7.1. Secuencia del Proceso Analítico de los Datos en SmartPLS3

El proceso analítico de la metodología empleada en la presente tesis contempló los pasos que a continuación se describen:

1. Captura variables de identificación y de las respuestas de las tres secciones del cuestionario

El primer paso en la hoja de captura en SPSS fue el ingreso de los datos de los 60 cuestionarios. En primer lugar, se capturaron las 6 variables de identificación o indicadores demográficos de los participantes (sector industrial, ubicación, tamaño de la empresa, experiencia, responsable implementación y puesto). Estos indicadores son útiles para caracterizar y comprender aspectos cualitativos de la muestra. Se capturaron las respuestas de los 60 participantes en las distintas categorías en la escala Likert de 5 puntos con respecto a las 31 prácticas de nivel de adopción, los 28 reactivos de beneficios esperados y los 18 obstáculos asociados.

2. Calculo estadísticos descriptivos

Por medio del programa SmartPLSV3.2.8 se calcularon los estadísticos descriptivos como: las frecuencias de las respuestas, la media aritmética y la desviación estándar. Para determinar el nivel de adopción se tomó el valor de la media.

3. Prueba de hipótesis - análisis de significación estadística.

En particular, la prueba de hipótesis resulta un método esencial, principalmente cuando se tiene que elegir entre dos opciones, o entre dos argumentos que compiten entre sí, pues son mutuamente excluyentes, respecto de uno o más parámetros de la población. Los enunciados competitivos se conocen como hipótesis nula (H_0), la cual reclama la ausencia de la diferencia entre variables hipotéticas y la media de la población, y la hipótesis alternativa (H_a) o estadística, la cual es una manifestación en desacuerdo a la hipótesis nula. En general, al realizar una prueba de hipótesis o se rechaza la hipótesis nula, o no se tiene prueba estadística de que la hipótesis nula es falsa o incorrecta. En este sentido, valores positivos en el estadístico t indican que la técnica ha sido adoptada, que el beneficio y el obstáculo son percibidos como resultado de la adopción. Por el contrario, valores por abajo de cero sugieren la no adopción, que no se obtiene el beneficio esperado y que no se percibe el obstáculo

asociado a la adopción de prácticas y métodos esbeltos.

4. Especificación del Modelo Estructural

El diseño del diagrama que contiene las hipótesis de investigación, es decir, las relaciones entre las variables a ser examinadas. Es de gran ayuda a la hora de especificar el modelo y los parámetros contenidos en él, ya que a partir del diagrama se derivan las ecuaciones estructurales e informan de las restricciones necesarias para que esté completamente identificado. Siguiendo la propuesta metodológica de Hair, *et al.*, (2017) como primer paso se especifica el modelo estructural, el cual surge de la revisión a la literatura, por lo tanto, cuenta con el sustento para proponerse ser contrastado por medio de las hipótesis. Cuando el modelo estructural es desarrollado, se observan principalmente dos aspectos: la secuencia de los constructos y la relación entre ellos, que representan las hipótesis y sus relaciones de acuerdo con la teoría que está siendo probada. En este sentido, el modelo estructural se conforma por 3 VL —de segundo orden—. Dos de ellas son endógenas: —dependientes o respuesta— nivel de adopción y beneficios esperados, mientras que obstáculos asociados es la variable exógena —independiente o predictora—. Se generaron 4 hipótesis, las cuales se indican mediante las flechas unidireccionales, la flecha con línea punteada señala una relación de mediación, explícita en la H4.

En la práctica los SEM se grafican por medio de diagramas de trayectorias. La secuencia de los constructos en el modelo estructural, son observados de izquierda a derecha. Las VL independientes (predictores) a la izquierda y las VL dependientes (respuesta) del lado derecho. Por lo tanto, la teoría y la lógica deberían siempre determinar la secuencia de los constructos en el modelo estructural o conceptual.

5. Especificación del Modelo de Medida

El modelo de medida muestra las relaciones existentes entre las variables observadas y las variables latentes (VL) también llamados constructos latentes. En el software SmartPLS3 se elaboró un diagrama de trayectorias —similares a los diagramas de flujo—, los cuales se denominan también como diagramas causales, gráfico de rutas o diagramas estructurales. Los diagramas estructurales siguen ciertas convenciones particulares: primero, las variables observadas o indicadores se representan en rectángulos; segundo, las variables latentes se representan en círculos; tercero, las relaciones estructurales se representan con flechas rectas unidireccionales, y cuarto, los parámetros del modelo se representan sobre la flecha

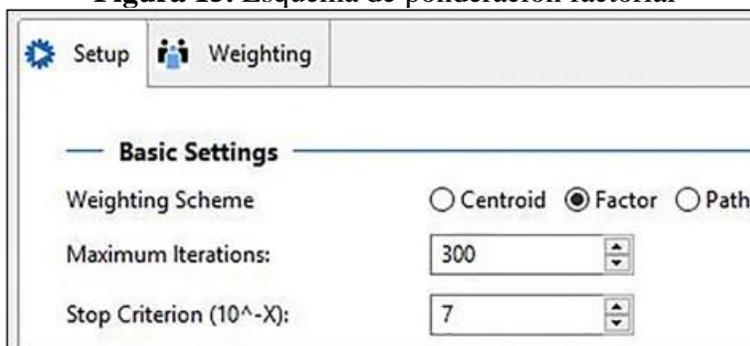
correspondiente. El modelo quedó, integrado por 34 variables observadas, contenidos en los rectángulos pequeños, unidos por flechas unidireccionales, que parten de la VL (rectángulo más grande) hacia el indicador, señalado que se trata de indicadores reflectivos, es decir, las mediciones son efecto del constructo del cual forman parte. Las variables observadas se agrupan formando 10 VL (dimensiones), que, a su vez, se agrupan pasando a formar 3 VL de orden mayor o de segundo orden.

Para iniciar el proceso en SmartPLS3, se grafica el modelo de investigación (basado en el modelo teórico a contrastar) con el ícono de variable latente y se conectan las variables con la flecha de conector para que, posteriormente, se identifiquen los indicadores de cada constructo o variable. De forma predeterminada, todos los indicadores tienen una dirección reflectiva; en este caso, el software permite hacer el cambio de dirección dando clic derecho en el constructo y seleccionar cambiar entre reflectivo/formativo. Como cuarto paso, en el menú principal de SmartPLS3 se calcula el algoritmo de PLS (estimación del modelo),

6. Estimación del Modelo de Medida

Por medio el software SmartPLS3 se determinan las cargas factoriales de cada indicador en relación con su correspondiente VL y los coeficientes de regresión estandarizados. La estimación de los parámetros, que representan a las medidas y a las relaciones de trayectoria es llevada a cabo empleando prácticas de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS). En este paso se estiman las correlaciones entre VL y las cargas factoriales (cargas externas y cruzadas) tanto para las VL de primer orden, como para las de segundo orden, En el menú del software SmartPLS3 se selecciona; Calcular > Algoritmo PLS > Factor > Iniciar cálculo. Seleccionamos la opción “esquema de ponderación factorial” (factor weighting scheme) (figura 15), a partir de la salida de resultados se analizan las correlaciones entre constructos y las cargas factoriales.

Figura 15. Esquema de ponderación factorial

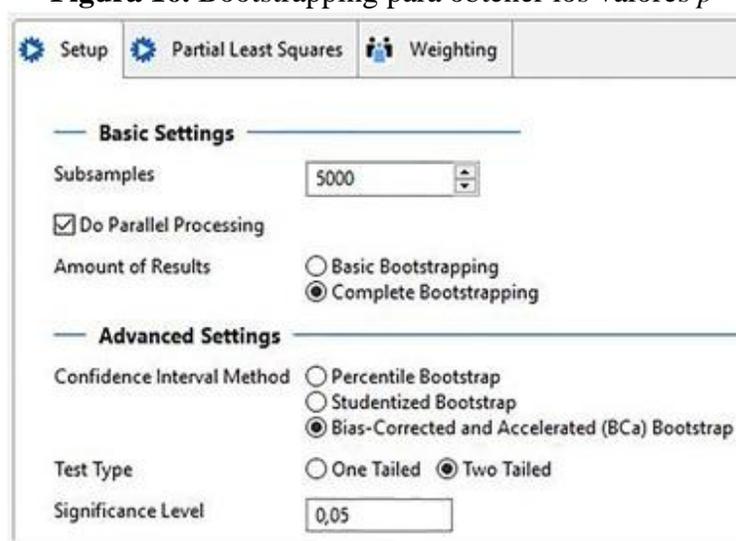


Fuente: imagen tomada de SmartPLS3

Además, mediante la técnica de “Bootstrapping”²⁹ se obtienen los valores p de las correlaciones entre las VL y las cargas factoriales en SmartPLS3 de la siguiente manera:

- Calcular > Bootstrapping > Bootstrapping completo > Iniciar cálculo
- Salida de Bootstrapping > Quality Criteria > Correlaciones de variables
- Salida de Bootstrapping > Resultados finales > Cargas externas

Figura 16. Bootstrapping para obtener los valores p



Fuente: imagen tomada de SmartPLS3

²⁹ El "bootstrapping" es un método de re-muestreo propuesto por Efron (1979). Se usa frecuentemente para aproximar el sesgo o la varianza de un análisis estadístico, así como para construir intervalos de confianza o realizar contrastes de hipótesis sobre parámetros de interés.

Para la validación de los modelos se requieren dos tipos de tablas: por un lado, la matriz de correlaciones para las VL de primer y segundo orden, por el otro, se requiere de la matriz de cargas factoriales (cargas cruzadas), de igual forma tanto para VL de primer, como de segundo orden. En este sentido, para modelos con VL de segundo orden, se recomienda presentar los resultados en tres pasos: empezando por las VL de primer orden contenido en el modelo de medición, posteriormente con las VL de segundo orden, que están en el modelo estructural y, por último, el modelo estructural. En este sentido, las matrices correlacionales se utilizan para el análisis a nivel de VL, de primer y segundo orden, mientras que las matrices de cargas factoriales se emplean para el análisis a nivel de indicador. De Souza Bido y Da Silva (2019) recomienda que se evalúen simultáneamente VL e indicadores, tanto de primer como de segundo orden. Es importante considerar que la salida de resultados del programa SmartPLS3 produce varios resultados, por lo que se requieren realizar algunos ajustes para elaborar dichas tablas, los cuales se describen a continuación: para elaborar las matrices de correlaciones se siguieron los siguientes pasos en el programa SmartPLS3:

- Algoritmo de salida de SmartPLS3 > Criterios de calidad:
 - Validez discriminante > Criterio de Fornell-Larcker > Formato Excel
- Pegar el resultado de salida en una hoja de cálculo de Excel
 - Seleccionas la opción Fiabilidad y validez de constructo > formato Excel
- Se pega el resultado de salida en la misma hoja de cálculo de Excel (en cualquier lugar)
- Se copian los resultados de confiabilidad, que se pegaron > Clic con el botón derecho (justo debajo de la matriz de correlación) > Pegar Especial > Transponer
- Se reemplazan los nombres en el encabezado por números.
- Seleccionas la opción Bootstrapping de salida > Criterios de calidad: correlaciones de variables latentes,

Por su parte las matrices de cargas factoriales se emplean para el análisis a nivel de indicadores, los cuales se formatearon siguiendo los siguientes pasos:

- Algoritmo PLS de salida > Criterios de calidad:
 - Validez discriminante > Carga cruzada > Formato Excel
- Los resultados se pegan en una hoja de cálculo de Excel y se acomodan las líneas para que los indicadores de cada VL permanezcan juntos de forma escalonada
- Posteriormente seleccionas Bootstrapping de salida > Resultados finales:

➤ Cargas exteriores

7. Validación del Modelo de Medida

La evaluación del modelo de medida tiene por objeto analizar si los constructos teóricos, en este caso las VL, están medidas correctamente a través de las variables observadas o indicadores. El análisis se lleva a cabo a través de los atributos de validez (mide realmente lo que se desea medir) y fiabilidad (lo hace de una forma estable y consistente). La validación debe realizarse tanto a nivel de los indicadores como a nivel de variables latentes. En primer lugar, se prueba la fiabilidad de los indicadores:

- La consistencia interna indica la fiabilidad del constructo o VL. Siguiendo la recomendación (Chin, 1998), se decidió utilizar el índice de fiabilidad compuesto (CR) (Composite Reliability), ya que, a diferencia del alfa de Cron Bach el CR no asume que todos los indicadores reciben la misma ponderación. Nunnally y Bernstein (1994) sugieren valores de al menos 0.7 principalmente para investigaciones exploratorias, considerado como un nivel “modesto”, mientras que valores de 0.8 o 0.9 son considerados “aceptable” y “bueno” respectivamente, para investigaciones en etapas más avanzadas. Empleando los resultados que ofrece el modelo PLS, el cual estandariza los indicadores y las variables latentes, el CR viene dada por la ecuación 1: donde λ_i = carga estandarizada del indicador i, ϵ_i = error de medida del indicador i, y $\text{var}(\epsilon_i) = 1 - \lambda_i^2$.

|

$$C = \frac{(\sum \lambda_i)^2}{(\sum \lambda_i)^2 + \sum_i \text{var}(\epsilon_i)} \quad (1)$$

En segundo lugar, se prueba la validez; tanto de los indicadores, como de los constructos o VL:

- La validez convergente indica que un conjunto de indicadores, ítems o reactivos representan a un único constructo subyacente (Henseler, Ringle y Sinkovics, 2009). A nivel de VL, la validez convergente se prueba por medio de la Varianza Media Extraída (AVE) (Average Variance Extracted), medida desarrollada por Fornell y Larcker (1981) la cual representa la cantidad de varianza que un constructo o VL obtiene de sus indicadores, en relación con la

cantidad de varianza debida al error de medida. Se calcula como el total de todas las cargas factoriales estandarizadas al cuadrado —correlaciones múltiples al cuadrado— dividido por el número de ítems y su valor mínimo aceptable es de 0.50: esto significa que, cada VL explica al menos el 50% de la varianza de los indicadores. La fórmula que utiliza el algoritmo de PLS para calcular la AVE se presenta por la ecuación 2:

$$AVE = \frac{\sum \lambda_i^2}{\sum \lambda_i^2 + \sum_i \text{var}(\epsilon_i)} \quad (2)$$

La validez convergente a nivel de indicadores mide, si los diferentes ítems o variables observadas destinados a medir un constructo o VL miden realmente lo mismo (Henseler, Ringle y Sinkovics, 2009); y es valorada examinando las correlaciones simples, de los indicadores con su respectiva VL. La regla empírica más aceptada y es la propuesta por Carmines y Zeller (1979), la cual señala que la correlación debe ser igual o mayor a 0.70. Esto indicaría que más del 50% de la varianza de la medida es compartida por la VL.

- Por su parte, la validez discriminante indica en qué medida un constructo determinado es diferente de otros constructos. Para valorar la validez discriminante a nivel de VL se hace a través del criterio de Fornell-Larcker, el cual considera que la cantidad de varianza que un constructo captura de sus indicadores debe ser mayor a la varianza que el constructo comparte con otros constructos. Así, la raíz cuadrada de la AVE de cada constructo debe ser mayor que la correlación que este tenga con cualquier otro constructo.
- Por otro lado, a nivel de los indicadores es necesario comparar las cargas factoriales cruzadas de cada VL con las cargas de los indicadores de las demás variables latentes, de forma tal que, las cargas factoriales deben tener mayor valor con su propia variable que con el resto (Barclay, Higgins y Thompson, 1995).

Siguiendo la recomendación de Hair *et al.*, (2017); De Souza Bido y Da Silva (2019) sugieren secuencia ya que uno de los supuestos para la validación de la confiabilidad es que los constructos sean unidimensionales, es decir, que su validez convergente y discriminante sean adecuadas, por lo que, si existe algún problema con estos, la validación no se debe continuar.

En este sentido, una vez que se ha confirmado que la medición de las VL tanto de primer, como de segundo son fiables y válidas, el siguiente paso es la estimación y evaluación del modelo estructural.

8. Estimación del Modelo Estructural

En el algoritmo PLS, se seleccione la opción "esquema de ponderación de ruta" y de la salida de resultados se utilizan los datos: estadísticas de colinealidad, Factor de Inflación de la Varianza, f^2 y R^2 , para formatear la tabla con los resultados necesarios para validar el modelo estructural se siguen los siguientes pasos:

- Bootstrapping de salida > Resultados finales:
 - Coeficientes de ruta > formato Excel
 - Pegar resultados en una hoja de cálculo de Excel
 - Eliminar la columna "Promedio de la muestra (M)"
 - Incluir columnas de Hipótesis, VIF, f^2 y R^2 ajustadas
- Algoritmo PLS de salida > Criterios de calidad:
 - Copiar los resultados a la hoja de cálculo de Excel:
- Estadísticas de colinealidad (VIF) > Valores internos de VIF y f^2
 - Reordene las filas agrupándolas por variable endógena y pegue los valores de R^2 ajustados para cada variable
 - Reordenar las líneas para poner las hipótesis en secuencia.

Con los resultados formateados como aparecen en el cuadro 16 en el capítulo de resultados, hace posible analizarlos simultáneamente, teniendo en cuenta los criterios a continuación.

9. Validación del Modelo Estructural

Para la evaluación del modelo estructural se consideran los siguientes aspectos; primero, la evaluación de colinealidad; segundo, la validación del signo algebraico, magnitud y significación estadística de los coeficientes de trayectoria; tercero, valoración del R^2 y, cuarto, validación de los tamaños de los efectos f^2 .

- Analizar posibles problemas de multicolinealidad.

Aunque puede detectarse mediante varios métodos, el más utilizado por diversos autores es el Factor de Inflación de la Varianza (VIF) (Variance Inflation Factor). El VIF determina la fuerza de la correlación entre las variables independientes. Se predice tomando una variable y haciendo una regresión con respecto a todas las demás. El valor de R^2 se determina para

averiguar en qué medida una variable independiente es descrita por las demás variables independientes. Un valor alto de R^2 significa que la variable está altamente correlacionada con otras variables. Esto se refleja en la ecuación 3:

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2} \quad (3)$$

Así, cuanto más se acerque el valor de R^2 a 1, mayor será el valor del VIF y mayor será la multicolinealidad con la variable independiente concreta. Para su análisis se considere que cuando el $VIF = 1$, no hay correlación entre la variable independiente y las demás variables, un VIF superior a 5 indica alta multicolinealidad, mientras que, valores entre 2 y 3 se consideran adecuados (Hair et al. 2017).

- Para la evaluación del signo algebraico, magnitud y pertinencia estadística de los coeficientes de trayectoria (β), es importante comentar que estos son coeficientes de regresión estandarizados y muestran las relaciones de las hipótesis del modelo de investigación. Al ser estandarizados suelen oscilar entre -1 y +1, por lo que valores cercanos a -1 que representan fuertes relaciones negativas y aquellos cercanos a +1 indican relaciones positivas fuertes. Si el resultado de un valor β es contrario al signo postulado en la hipótesis, indica que la hipótesis no será soportada. Por último, la pertinencia hace referencia a la significancia estadística de los coeficientes (que basados en los errores estándar por medio de la técnica “bootstrapping” permiten calcular los valores t de los coeficientes de trayectoria, los cuales, al nivel del 5%, deben ser mayores que 1.96. Por lo tanto, si el valor empírico t es mayor que el valor crítico de t (1.96), entonces el coeficiente es significativamente diferente de cero; es decir, si el resultado empírico de t está abajo de un determinado valor umbral, significa que no es posible tener confianza en la distribución y así las hipótesis no se verifican.
- Evaluación Del Poder Explicativo Del Modelo (R^2)
En consideración que la técnica PLS-SEM, maximiza la capacidad de predicción de constructos o VL, la valoración del R^2 , se hace necesaria, al representar una medida de valor predictivo (Shmueli y Koppius, 2011). Indica la cantidad de varianza de una VL que, es

explicada por las variables predictoras del constructo endógeno, cuyos valores oscilan entre cero y uno. Entre más alto sea el valor de R^2 , más capacidad predictiva se presenta. Falk y Miller (1992) consideran que un R^2 debe tener un valor mínimo de 0.10; Chin (1998), mientras que (Cohen, 1988) considera valores de $R^2 = 0.02, 0.13$ y 0.26 como de: bajo, medio y alto poder explicativo, respectivamente.

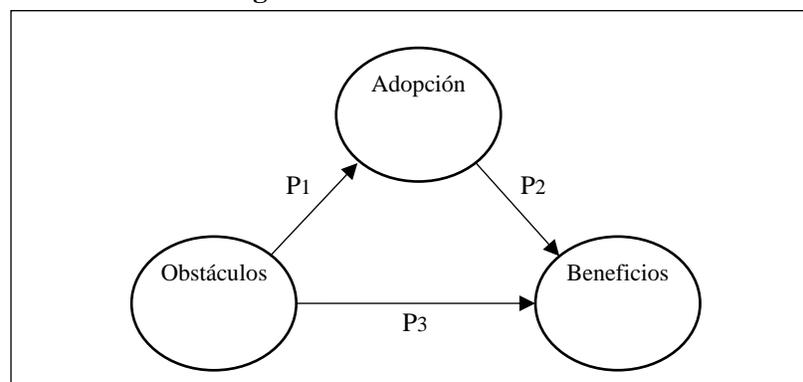
- Evaluación Del Tamaño De Los Efectos (f^2)

Además de evaluar el valor de R^2 de todas las VL dependientes, es necesario conocer el cambio en R^2 cuando una determinada VL independiente es omitido del modelo; es decir, el f^2 puede ser usado para evaluar si la VL omitida tiene un impacto sustantivo en la VL dependiente. Para ello, Cohen (1998) especifica que para evaluar el $f^2 = 0.02 =$ chico; $f^2 = 0.15 =$ medio y, $f^2 = 0.35 =$ grande.

10. Análisis De Mediación

La mediación ocurre cuando una variable, denominada variable mediadora, interviene en la relación de otras variables. Para ser más preciso, cuando un cambio en una variable independiente da lugar a un cambio en la variable mediadora que, a su vez, da lugar a un cambio en la variable dependiente. La comprobación del tipo de mediación en un modelo requiere la realización de una serie de análisis, basados en los efectos y su significación estadística, donde el valor de p con un α de 5% requiere que esté por abajo de 0.05 ($p < 0.05$). Consiste en determinar el efecto indirecto ($P1 - P2$) a través del constructo mediador (Beneficios), como se muestra en la figura 17.

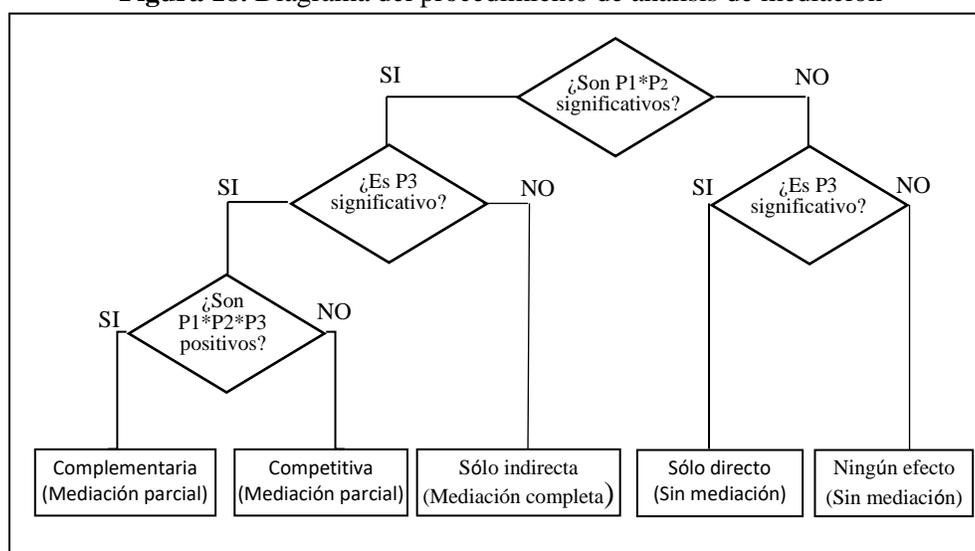
Figura 17. Análisis de mediación



Fuente: elaboración propia basado en Hair *et al.*, 2022

El procedimiento seguido en el análisis de mediación se muestra en la figura 18. En este sentido, si el efecto indirecto es significativo concluimos que los obstáculos funcionan como mediador en la relación probada. Más aun, los autores caracterizan tres tipos de mediación, a saber: 1) mediación complementaria: el efecto indirecto y el efecto directo son significativos y apuntan en la misma dirección; 2) mediación competitiva: el efecto indirecto y el efecto directo son significativos, pero apuntan en direcciones opuestas y 3) mediación sólo indirecta: el efecto indirecto es significativo, pero no el efecto directo.

Figura 18. Diagrama del procedimiento de análisis de mediación



Fuente: Hair *et al.*, 2022

6.8. Conclusiones

El desarrollo de la presente tesis comprendió la elaboración de un cuestionario con el objetivo de determinar el nivel de adopción de diversas prácticas de PE, los beneficios esperados por la adopción, así como los obstáculos asociados a esta. El muestreo compendió una técnica no probabilística por conveniencia a la que se le aplicó un cuestionario propio desarrollado expresamente, el cual se aplicó por medio de correo electrónico y entrevistas cara a cara por parte del investigador. El trabajo de campo se realizó de octubre a diciembre de 2018. Se

capturaron las respuestas de los participantes utilizando el software SmartPLS3 donde se analizó estadística descriptiva; específicamente la media, la desviación estándar y la frecuencia de las respuestas. Se realizó prueba de hipótesis para determinar la significancia estadística de los datos. Se formaron variables latentes de primer y segundo grado, mediante la metodología de Modelos de Ecuaciones Estructurales y prácticas de Mínimos Cuadrados Parciales (PLS) se determinaron las cargas factoriales de cada indicador en relación con su correspondiente VL, así como los coeficientes de regresión estandarizados, coeficientes de trayectoria y el R^2 . En este paso se estiman las correlaciones entre VL y las cargas factoriales (cargas externas y cruzadas) tanto para las VL de primer orden, como para las de segundo orden, Además, mediante la técnica de “Bootstrapping”³⁰ se obtienen los valores p de las correlaciones entre las VL. El proceso analítico contempló análisis correlacional multivariada y regresión múltiple. Las pruebas de hipótesis H1 a H4 se examinaron con regresión lineal múltiple, útil para verificar o modelar la relación entre múltiples variables. Se llevó a cabo la validación del modelo de medida para validar la validez y fiabilidad de la estructura y asociación entre indicadores en cada variable latente.

³⁰El método “bootstrapping” es una técnica estadística para estimar cantidades sobre una población promediando las estimaciones de múltiples muestras de datos pequeñas. La idea básica de bootstrap es que la inferencia sobre una población a partir de datos de muestra puede ser modelada mediante un nuevo muestreo de los datos, realizando la inferencia sobre una muestra a partir de datos re muestreados.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se muestran los resultados y discusión relativos a la investigación del grado de adopción de prácticas de Producción Esbelta en empresas manufactureros de la localidad y su relación con los beneficios esperados por la adopción, así como el papel que desempeñan los obstáculos asociados. El capítulo inicia describiendo la muestra, para después continuar con el análisis estadístico de los datos, la prueba de hipótesis y la determinación del nivel de adopción. A continuación, se determinan tanto los beneficios como los obstáculos cuyos datos resultaron ser estadísticamente significativos. En el segundo apartado se revisan los resultados del Modelo de Ecuaciones. En primer lugar, se valida el modelo de medida, posteriormente, el modelo estructural y, por último, se determina si existe mediación entre los constructos latentes.

7.1. Descripción de la Muestra

El estudio se realizó en 60 empresas: 19 corresponden al sector automotriz, 16 al giro aeroespacial, 16 son del sector de componentes eléctricos y 9 de la industria de dispositivos médicos. Respecto a su localización; 25 empresas son de Empalme, 20 de Guaymas y 15 en Hermosillo.

Cuadro 6. Distribución de la muestra

SECTOR	UBICACIÓN			Total sector
	Empalme	Guaymas	Hermosillo	
Automotriz	7		12	19
Aeroespacial	5	11		16
Eléctrico	13		3	16
Médico		9		9
Total ciudad	25	20	15	60

Fuente: elaboración propia

En el cuadro 6 se observa que, la ciudad de Empalme no solo es la ciudad con mayor número de empresas participantes, sino también la más diversificada, al contar con la presencia de empresas de tres de los cuatros sectores industriales incluidos en el estudio: siendo la industria de componentes eléctricos la más representativa (13). La industria aeroespacial está claramente concentrada en la región de Guaymas y Empalme, con 11 y 5 empresas respectivamente, mientras que la industria automotriz tiene mayor presencia en Hermosillo, ubicando a 12 de las 19 empresas participantes del sector. Por otro lado, en la ciudad de empalme 13 de 16 empresas corresponden al sector de componentes eléctricos, en tanto que el sector de dispositivos médicos, destacado por su especialización se concentra en su totalidad en la ciudad de Guaymas (9).

En cuanto al tamaño de la empresa, basado en la clasificación del Instituto Nacional de Geografía, e Informática (INEGI), al considerar menos de 50 empleados como chica, hasta 250 como mediana y más 250 como grande; se observa en el cuadro que 49 empresas —81% de la muestra— son Pymes, mientras que el resto (11 empresas) son grandes. En el cuadro 7 se observa que la totalidad de empresas que conforman la muestra, tanto de la industria aeroespacial (16), como la de dispositivos médicos (9); son empresas chicas. En cambio, todas las empresas grandes pertenecen al sector automotriz (11).

Cuadro 7. Tamaño de las empresas

SECTOR	TAMAÑO			Total Sector
	Micro	Mediana	Grande	
Automotriz		8	11	19
Aeroespacial	16			16
Eléctrico	3	13		16
Médico	9			9
Total tamaño	28	21	11	60

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, las empresas muestran distintos niveles de experiencia en el uso de prácticas de PE.

En el cuadro 9 se observa que, de la muestra, 15 empresas cuentan con una experiencia baja, es decir, menos de 5 años utilizando prácticas de PE, 17 empresas tienen un nivel medio, de

5 a 10 años de experiencia, mientras que 28 empresas —casi el 50% de la muestra— cuentan con más de 10 años utilizando prácticas del modelo esbelto, considerada un nivel alto de “expertise”.

Cuadro 8. Nivel de experiencia

SECTOR	EXPERIENCIA			Total sector
	Baja	Media	Alta	
Automotriz			19	19
Aeroespacial	4	11	1	16
Eléctrico	2	6	8	16
Médico	9			9
Total Experiencia	15	17	28	60

Fuente: elaboración propia

En el cuadro 9 se observa que las 11 empresas grandes participantes en el estudio cuentan con alta experiencia, pues, tienen ya más de una década utilizando prácticas esbeltas, mientras que 15 empresas —poco más del 50%— de las consideradas chicas, cuentan con baja experiencia. Del 50% restante, tan solo 1 empresa tiene alta experiencia, mientras que el resto (12) de las empresas chicas tienen un nivel medio, entre 5 y 10 años de experiencia. En lo que respecta a las empresas medianas, del total de empresas que integran la muestra (21) poco más de tres cuartas partes de la muestra (16) tienen alta experiencia, mientras que el resto (5) tienen experiencia media.

Cuadro 9. Distribución muestral por tamaño y experiencia

TAMAÑO	EXPERIENCIA			Total tamaño
	Baja	Media	Alta	
Micro	15	12	1	28
Mediana		5	16	21
Grande			11	11
Total experiencia	15	17	28	60

Fuente: elaboración propia

En cuanto la forma en que se introdujo la filosofía esbelta a las empresas ubicadas en Sonora, tan solo, 1 de cada 10 —10%— de las empresas participantes dijo haber contado con los servicios de consultor(es) externo(s). Mientras que el 90% restante lo hizo a través del personal existente. La literatura indica que lo ideal, en la mayoría de los casos, es contratar personal externo a la empresa cuyos conocimientos sobre la metodología sea completa (Womack et al., 1990). En cuanto a los informantes, 14 (23%) tienen un puesto como supervisor o afín, 21 (35%) son gerentes, mientras que 25 (42%) desempeñan labores de ingeniería.

7.2. Análisis Estadístico Descriptivo y Prueba De Hipótesis

Con el apoyo del software estadístico SmartPLS3 se realizó el análisis de la información obtenida. Por principio de cuentas se realizó un análisis estadístico descriptivo convencional que incluyó la frecuencia de las respuestas, la media aritmética y la desviación estándar. Como puede observarse en el cuadro 8, el nivel de adopción de las distintas prácticas de la PE es muy variable, de acuerdo a la percepción de los industriales de la región estudiada.

En la segunda etapa, para el análisis de hipótesis se utilizó la *t* de student de 2 colas con un nivel de significancia de 5%. Se mide el grado de adopción percibido, los beneficios esperados y los obstáculos asociados a la adopción de PE en las industrias manufactureras, de las ciudades de Hermosillo, Guaymas y Empalme.

En el cuadro 10 se muestran los resultados descriptivos en cuanto a las frecuencias de respuestas de las empresas participantes sobre el nivel de adopción de las distintas prácticas de PE.

El análisis de los datos muestra gran divergencia en las respuestas obtenidas, destaca que los participantes consideran prácticas como: Satisfacción del Cliente, Entregas a Tiempo, 5S's, Producción Nivelada, Control Visual (Andón), Balanceo de Líneas y Adherencia al Plan, como prácticas alta y completamente adoptadas por sus industrias, ya que estas prácticas en particular corresponden a los valores medios más altos de respuesta usados en la escala Likert. Por el contrario; Círculos de Calidad, Equipos Funcionales Cruzados, el uso de Poka

Yokes, Value Stream Mapping, Cambios Rápidos de Set Up, Celdas de Trabajo, Equipos para la solución de problemas, son percibidas como prácticas de PE con baja o cero adopción.

El análisis de las medidas de tendencia central permite establecer solo, intuitivamente, cuáles prácticas de PE son altamente o completamente adoptadas, y también aquellas que, de acuerdo a la percepción de los encuestados, cuentan con un bajo nivel de adopción. Sin embargo, se desconoce a partir de qué valor en la media, pudiera considerarse significativamente diferente con respecto a las demás medias de las distintas prácticas que se estudian. En este sentido, el análisis mediante pruebas de hipótesis permite aseverar con contundencia cuales con las prácticas en particular que efectivamente son utilizadas en las empresas locales.

Cuadro 10. Análisis estadístico descriptivo y prueba de hipótesis: nivel de adopción

Método	Técnica	Respuestas					\bar{X}	σ	t	Ha
		1	2	3	4	5				
JIT	Cambios rápidos (SMED)	1	15	23	17	4	3.13	0.93	-4.06	
	Producción Nivelada (Heijunka)	0	4	7	25	24	4.15	0.88	4.67	✓
	Círculos de calidad	11	19	17	11	2	2.57	1.10	-7.45	
	Lot sizing (One piece flow)	2	13	18	19	8	3.30	1.06	-2.33	
	Reducción de Lead/Cycle Time	1	2	18	24	15	3.81	0.90	1.65	✓
	Entregas a tiempo (OTD)	0	1	13	19	27	4.20	0.84	5.35	✓
	Producción flexible	4	14	17	14	11	3.23	1.20	-2.00	
	Balanceo de líneas	0	2	10	23	24	4.17	0.83	5.06	✓
	Sistema Pull o kanban	1	8	10	21	20	3.85	1.09	1.64	✓
Jidoka	Adherencia al plan	0	3	8	26	23	4.15	0.84	4.89	✓
	Flujo continuo	2	3	18	20	17	3.78	1.03	1.23	
	Control visual (andón)	0	4	10	19	27	4.15	0.94	4.39	✓
	Mantenimiento preventivo	2	10	15	23	10	3.48	1.07	-0.99	
	OEE	1	17	19	13	10	3.23	1.10	-2.74	
	Calidad Total (TQM)	1	4	11	23	21	3.98	0.98	2.86	✓
	Poka Yoke	12	12	20	12	14	2.73	1.19	-5.77	
Kaizen	Involucramiento de los empleados	2	16	15	19	8	3.25	1.10	-2.61	
	Ideas de MC/PDCA	0	8	12	17	23	3.92	1.06	2.16	✓
	Satisfacción del cliente	0	6	6	17	31	4.22	0.99	4.65	✓
	Comunicación (Hoshin Kanri)	3	12	15	26	4	3.27	1.02	-2.68	
	Formación y Capacitación	0	2	14	29	15	3.95	0.79	3.23	✓
	Equipos p/ solución de problemas	8	10	19	14	9	3.10	1.25	-3.24	
	Equipos funcionales cruzados	9	20	13	15	3	2.72	1.15	-6.08	
TPM	5 S's	0	5	9	16	30	4.18	0.98	4.44	✓
	Seguridad en el área de trabajo	0	5	16	26	13	3.78	0.89	1.43	✓
	Trabajo estandarizado	0	8	17	26	9	3.60	0.91	1.17	✓
	Cambios de layout	5	7	13	26	9	3.45	1.14	-1.15	
	Mantenimiento autónomo	11	7	9	19	13	3.23	1.44	-2.08	
	Celdas de Trabajo	3	11	24	18	4	3.15	0.97	-3.75	
	Tiempo de entrega (Lead Time)	3	15	21	16	5	3.08	1.03	-4.04	
	Identificación de desperdicio (VSM)	11	14	11	19	5	2.88	1.28	-4.47	

Fuente: elaboración propia

Mediante una prueba de hipótesis, t de student, de dos colas con 5% de significancia se determinó si existía diferencia estadísticamente significativa entre la media de cada una de las variables y la media de la población, En este sentido, al realizar una prueba de hipótesis

o se rechaza la hipótesis nula, o no se tiene prueba estadística de que la hipótesis nula es incorrecta. En este sentido, si la técnica analizada resulta estadísticamente significativa para la adopción en el contexto local, la hipótesis nula (H_0) es rechazada y se acepta la hipótesis alternativa (H_a), indicando que ha sido adoptada.

7.2.1. Nivel De Adopción De Prácticas y Métodos

El nivel de adopción se determinó a partir de la media aritmética. El análisis estadístico de los datos arrojó un nivel de adopción general de 3.40, que, de acuerdo con la escala de respuesta utilizada, corresponde a un nivel de adopción medio. En el cuadro 11 se muestra el nivel de adopción desglosado. Se observa que el sector automotriz y aeroespacial muestra prácticamente el mismo nivel de adopción, a saber, 3.72 y 3.70 respectivamente. Por su parte, la industria de componentes eléctricos muestra un nivel de 3.24, mientras que, la de dispositivos médicos tuvo un valor medio de 2.94.

Cuadro 11. Nivel de adopción por sector industrial

Método	Sector Industrial				\bar{X}
	Automotriz	Aeroespacial	Electrónico	Médico	
Just-in-Time	3.79	3.76	3.35	3.07	3.49
Jidoka	3.76	3.59	3.38	3.17	3.48
Kaizen	3.69	3.72	3.38	2.84	3.41
TPM	3.65	3.71	2.84	2.69	3.22
\bar{X}	3.72	3.70	3.24	2.94	3.40

Fuente: elaboración propia

7.2.2. Las Prácticas Adoptadas y Las Que No

El segundo objetivo planteado consiste en determinar que prácticas han sido adoptadas por las empresas locales. Los datos que se observan en las 2 últimas columnas en el cuadro 10 se

muestran los resultados de las pruebas de hipótesis utilizando el estadístico t de Student. Estos resultados permiten establecer que, de acuerdo a la percepción de los informantes, 14 prácticas de PE consideradas en el estudio han sido adoptadas y son utilizadas por la industria maquiladora de las ciudades de Hermosillo y Guaymas-Empalme. Del sistema JIT están las prácticas: entregas a tiempo, balanceo de líneas, producción nivelada, reducción de lead time/cycle time y sistema “pull” o kanban. De la filosofía Jidoka se han adoptada: la adherencia al plan de producción, el control visual (andón) y la gestión de calidad total (TQM). Por su parte, de la filosofía Kaizen o mejora continua se han adoptado prácticas como: la satisfacción del cliente, formación y capacitación de los empleados y las ideas de mejora de los empleados o PDCA. Respecto a la metodología TPM, las prácticas adoptadas son: las 5 S’s, seguridad en el área de trabajo y la estandarización. Por el contrario, las prácticas que, de acuerdo a la percepción de los participantes, no han sido adoptadas están: producción flexible, lot sizing, cambios rápidos de set-up, los círculos de calidad, flujo continuo, mantenimiento preventivo, la eficiencia instalada de equipos (OEE), el uso de dispositivos poka yoke, la comunicación efectiva, los equipos funcionales cruzados para la solución de problemas, mejoras por cambios de layout, mantenimiento autónomo, celdas de trabajo, y la identificación de desperdicio, resultaron estadísticamente no significativas, es decir, que de acuerdo a la percepción de los encuestados son prácticas que no han sido adoptadas por empresas industriales de la región. Un resumen de los resultados se muestra más adelante en la figura 14.

7.2.3. Beneficios Esperados por la Adopción

En el cuadro 12 se observa la distribución de frecuencias de las respuestas obtenidas para la sección de beneficios esperados. En general, los participantes están de acuerdo en que los beneficios arrojados por la adopción tienen que ver principalmente con mejoras en temas de: productividad y flexibilidad, por lo que, mediante entregas a tiempo de productos, mejora la percepción del cliente. Al mismo tiempo se advierten beneficios en el desarrollo de los empleados: ya que por el aumento en las habilidades estos se muestran más comprometidos con la calidad, lo que se refleja en mayor seguridad en el trabajo.

Cuadro 12. Análisis estadístico descriptivo y prueba de hipótesis: beneficios esperados

Dimensión	Beneficios Esperados	Respuestas					\bar{X}	σ	t	Ha
		1	2	3	4	5				
Atención y Servicio	Mejora en entregas a tiempo	0	4	9	12	35	4.30	0.96	5.23	✓
	Reducción de tiempos muertos	0	8	17	28	7	3.57	0.87	-0.70	
	Mejora en percepción del cliente	1	1	11	18	29	4.22	0.92	4.76	✓
	Lineamientos legales	9	13	19	12	7	2.92	1.23	-4.60	
	Reducción de quejas de calidad	0	6	11	29	14	3.85	0.90	1.72	✓
	Flexibilidad de producción	1	2	10	23	24	4.12	0.92	3.92	✓
Desempeño Operativo	Mejora en eficiencia (OEE)	0	9	18	20	13	3.62	0.99	-0.30	
	Disponibilidad de materiales	0	6	7	18	29	4.17	0.99	4.02	✓
	Flujo de información e insumos	2	3	8	20	27	4.12	1.04	3.58	✓
	Reducción de Scrap	1	3	13	29	14	3.87	0.89	1.88	✓
	Reducción de inventarios	1	8	9	21	21	3.88	1.09	1.66	✓
	Disminución de retrabajos	2	9	12	27	10	3.57	1.05	-0.60	
	Reducción de paros de línea	2	9	12	27	10	3.57	1.05	-0.60	
	Incremento en productividad	0	3	5	22	30	4.32	0.83	6.20	✓
Optimización de Procesos	Reducción de garantías al cliente	3	15	17	14	11	3.25	1.17	-2.60	
	Disponibilidad flujo de efectivo	7	13	17	12	11	3.12	1.28	-3.20	
	Reducción de mano de obra	7	10	21	12	10	3.13	1.23	-3.30	
	Reducción de huella ecológica	4	17	16	14	9	3.12	1.18	-3.50	
	Reducción de material auxiliar	7	18	11	13	11	3.05	1.32	-3.50	
	Reducción de costos en equipo	3	15	21	14	7	3.12	1.08	-3.80	
	Gastos de distribución y entregas	7	13	23	12	5	2.92	1.11	-5.10	
Desarrollo de Personal	Aumento en Ideas de Mejoras	2	5	6	24	23	3.66	0.97	-0.10	
	Personal polivalente y autónomo	1	5	22	19	13	4.22	0.96	4.58	✓
	Reducción de accidentes	6	8	14	18	14	3.43	1.27	-1.30	
	Seguridad en el área de trabajo	0	4	15	19	22	3.98	0.95	2.72	✓
	Reducción prácticas inseguras	5	10	19	19	7	3.22	1.12	-3.20	
	Aumento de habilidades	2	5	6	24	23	4.02	1.07	2.67	✓
	Comprometidos con calidad	0	4	10	15	31	3.92	0.89	2.32	✓

Fuente: elaboración propia

Concerniente al desempeño operativo, la empresa obtiene beneficios como: mayor disponibilidad de materiales y mejor flujo de información. Por último, se consigue tener un mejor control de los inventarios, debido a una reducción en el desperdicio de materiales. Y al mismo tiempo disminuyen las quejas de los clientes. En contraste, los datos muestran más desacuerdo en considerar significativos beneficios de la adopción de PE relacionados con reducciones en áreas como: distribución y entregas, mano de obra directa, En el uso de

material auxiliar, el impacto ambiental, entre otros, No se observan reducciones importantes en costo de equipo, ni por garantías al cliente. Tampoco se ven reducidos tiempos muertos, paros de línea o retrabajos. De forma similar, no se perciben beneficios relacionados con mejoras en: el flujo de efectivo, la eficiencia instalada de equipo ni de mejoras propuestas por parte de los empleados Los resultados de las pruebas de hipótesis mediante la t de student muestra que los beneficios esperados significativos por la adopción de prácticas de PE son: aumento en productividad y en la disponibilidad de materiales, mejora en entregas a tiempo y en la percepción del cliente, flexibilidad de producción, reducción de scrap y de inventarios. Otro beneficio es que permite crear un flujo idóneo de información e insumos, propiciando la seguridad en el área de trabajo, a su vez, se ven aumentadas las habilidades de empleados, desarrollando una fuerza laboral polivalente, autónoma y comprometida con la calidad.

7.2.4. Obstáculos Asociados a la Adopción

En el cuadro 13 se puede apreciar que los aspectos en los que los participantes están de acuerdo o totalmente de acuerdo que constituyen un obstáculo para la adopción de prácticas y métodos de PE. En este sentido, los obstáculos técnicos significativos son: rutinas de la compañía, la falta de conocimientos técnicos “know-how” y la falta de visión a largo plazo; por el lado de los obstáculos sociales se encuentran: la resistencia al cambio, la incapacidad para reconocer los beneficios, los distintos estilos de gestión y la falta de apoyo por parte de la gerencia. En cuanto a los obstáculos externos, se identifican: la alta rotación de personal y el pobre desempeño de los proveedores.

Cuadro 13. Análisis estadístico descriptivo y prueba de hipótesis: obstáculos asociados

Dimensión	Indicador	Respuestas					\bar{X}	σ	t	Ha
		1	2	3	4	5				
Técnicos	Falta de controles de calidad	7	11	15	12	15	3.28	1.34	-0.10	
	Rutinas de la compañía	5	6	10	24	15	3.83	1.21	2.14	✓
	Falta de estrategia adecuada	7	11	19	17	6	3.07	1.16	-1.60	
	Falta de entrenamiento	13	17	18	8	4	2.55	1.17	-5.00	
	Falta de conocimientos” know-how”	4	8	13	16	19	3.63	1.25	2.07	✓
	Conflictos con otros programas	25	22	8	5	0	1.88	0.94	-9.70	
	Falta de visión holística y a largo plazo	4	10	11	18	17	3.58	1.25	1.65	✓
Sociales	No se reconocen beneficios inmediatos	4	6	8	16	26	4.03	1.08	5.20	✓
	Falta de comunicación efectiva	5	13	17	13	12	3.23	1.24	-0.40	
	Falta de apoyo de la gerencia	7	7	14	14	18	3.48	1.35	1.40	✓
	Falta de estándares y procedimientos	4	9	13	20	14	3.52	1.20	1.05	
	Resistencia al cambio	0	8	7	14	31	4.13	1.08	5.97	✓
	Estilos de gestión	4	5	12	17	22	3.82	1.22	3.18	✓
Externas	Consultores externos	3	15	19	15	8	3.17	1.11	-0.90	
	Incapacidad para resolver problemas	10	10	14	13	13	3.15	1.39	-0.80	
	Alta rotación de personal	4	8	13	23	12	3.52	1.16	1.45	✓
	Desempeño de proveedores	3	4	10	2	22	3.75	1.12	1.34	✓
	Volatilidad de la demanda	6	11	22	13	8	3.10	1.16	-1.30	

Fuente: elaboración propia

En el cuadro 14 se muestra un resumen de los resultados del análisis descriptivo, en relación con la prueba de hipótesis. Se han tomado solo aquellas variables que, tras haber sido sometidas a prueba de hipótesis han resultado ser estadísticamente significativas. La prueba de hipótesis me permitió, basado en un cálculo estadístico, separar las variables en dos grupos. Por un lado, las variables que han pasado la prueba de hipótesis son las que se integran al modelo de medición para formar VL de primer orden, a su vez, estas se agrupan dando lugar a las VL de segundo orden, tal como se muestra en el cuadro 14.

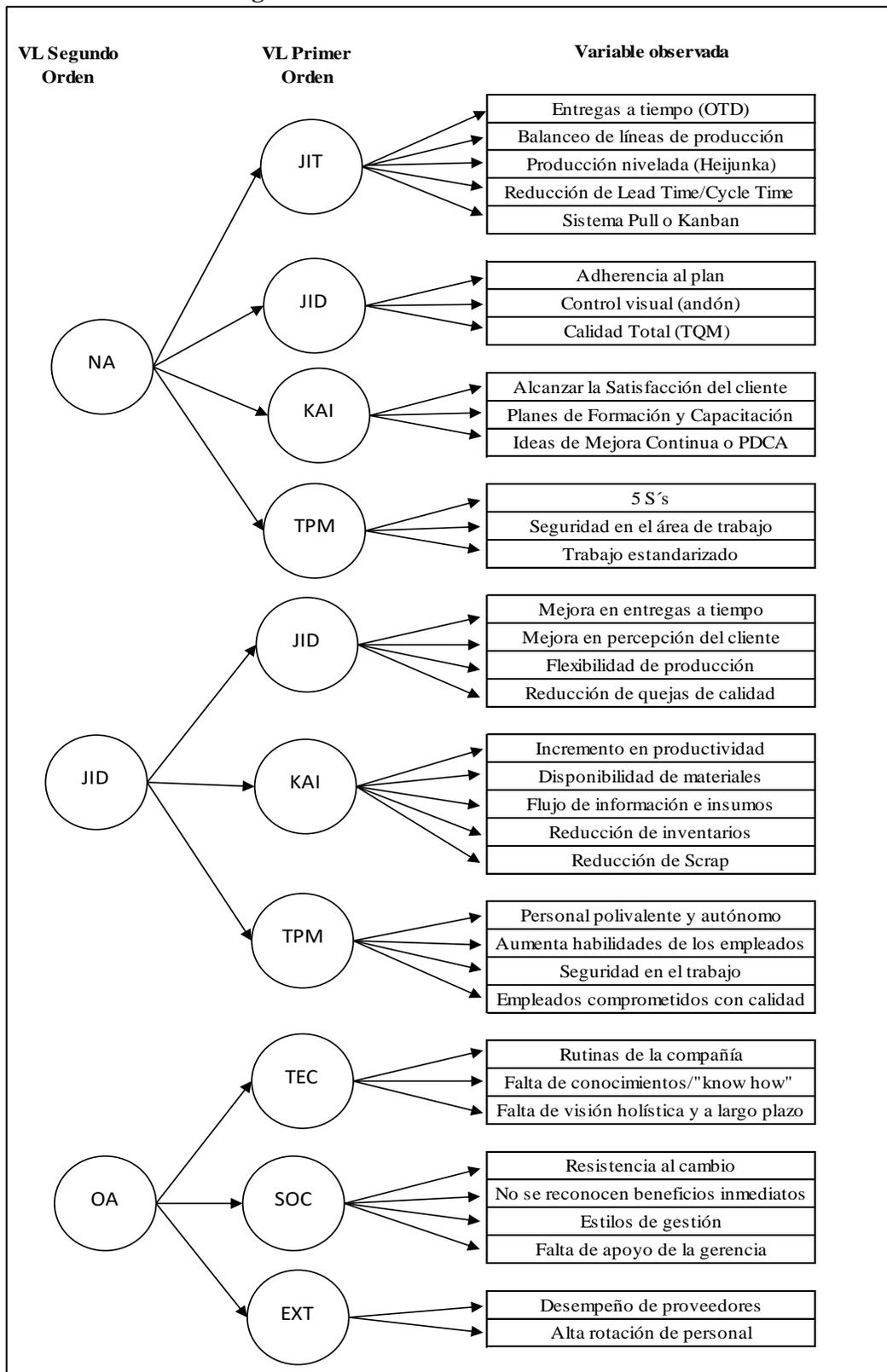
Por su parte en la figura 19 se muestra el modelo de medida final, es decir, el modelo que contiene solo las variables que han resultado ser estadísticamente significativas tras la prueba de hipótesis a las que fueron sometidas todas y cada una de las variables incluidas en las distintas secciones del cuestionario.

Cuadro 14. Resumen de resultados del análisis descriptivo

VL Segundo Orden	VL Primer Orden	Variable observada	\bar{X}	t
Nivel de Adopción	Just-in-time	Entregas a tiempo (OTD)	4.20	5.35
		Balanceo de líneas de producción	4.17	5.06
		Producción nivelada (Heijunka)	4.15	4.67
		Reducción de Lead Time/Cycle Time	3.81	1.65
		Sistema Pull o Kanban	3.85	1.64
	Jidoka	Adherencia al plan	4.15	4.89
		Control visual (andón)	4.15	4.39
		Calidad Total (TQM)	3.98	2.86
	Kaizen	Alcanzar la Satisfacción del cliente	4.22	4.65
		Planes de Formación y Capacitación	3.95	3.23
Ideas de Mejora Continua o PDCA		3.92	2.16	
TPM	5 S's	4.18	4.44	
	Seguridad en el área de trabajo	3.78	1.43	
	Trabajo estandarizado	3.60	1.17	
Beneficios Esperados	Atención y servicio	Mejora en entregas a tiempo	4.30	5.23
		Mejora en percepción del cliente	4.22	4.76
		Flexibilidad de producción	4.12	3.92
		Reducción de quejas de calidad	3.85	1.72
	Desempeño Operativo	Incremento en productividad	4.32	6.20
		Disponibilidad de materiales	4.17	4.02
		Flujo de información e insumos	4.12	3.58
		Reducción de inventarios	3.88	1.66
	Desarrollo de Personal	Reducción de Scrap	3.87	1.88
		Personal polivalente y autónomo	4.22	4.58
		Aumenta habilidades de los empleados	4.02	2.72
		Seguridad en el trabajo	3.98	2.67
Obstáculos Asociados	Técnicos	Empleados comprometidos con calidad	3.92	2.32
		Rutinas de la compañía	3.63	2.14
		Falta de conocimientos/"know how"	3.63	2.07
	Sociales	Falta de visión holística y a largo plazo	3.58	1.65
		Resistencia al cambio	4.13	5.97
		No se reconocen beneficios inmediatos	4.03	5.20
		Estilos de gestión	3.80	3.18
		Falta de apoyo de la gerencia	3.48	1.40
Externos	Desempeño de proveedores	3.75	1.34	
	Alta rotación de personal	3.52	1.45	

Fuente: elaboración propia

Figura 19. Modelo de medición final



Fuente: elaboración propia

7.3. Modelo de Ecuaciones Estructurales

En esta investigación se ha utilizado el programa estadístico SmartPLS3, pues constituye el software más utilizado para realizar análisis SEM-PLS (Ghasemy, *et al.*, 2020). El algoritmo básico SEM-PLS sigue un enfoque de dos pasos, el primero se refiere a la estimación iterativa de las puntuaciones de las variables latentes, y el segundo, se refiere a la estimación final de los pesos, cargas y coeficientes de trayectorias por medio de la estimación de mínimos cuadrados ordinarios (múltiples y sencillos) y en el análisis de componentes principales (Henseler, Ringle y Sarstedt, 2015). Aunque, este proceso incluye en un mismo cálculo la estimación de las medidas del modelo de medida y del modelo estructural. Siguiendo la propuesta de Hair *et al.*, (2017) basado en la idea original de Anderson y Gerbing (1988) quienes sugieren que los resultados sean interpretados en dos sentidos: primero, evaluando los modelos de medida y, segundo, evaluando el modelo estructural. Esta distinción es importante porque los procedimientos de validación son diferentes (Dimantopoulus, Riefler y Roth, 2008; Kwong y Wong, 2013; Hair *et al.*, 2017).

7.3.1. Validación Del Modelo De Medida

La evaluación del modelo de medida implica el análisis de la fiabilidad y validez de las VL, tanto de primer, como de segundo orden. Por una parte, la fiabilidad se prueba mediante la fiabilidad compuesta (CR) considerando como valores mínimos 0.60 y como aceptables valores por arriba de 0.70 (Hair *et al.*, 2011; Henseler *et al.*, 2009). Asimismo, debe tenerse en cuenta la fiabilidad de cada indicador, para lo que la carga estandarizada absoluta de cada indicador debe ser superior a 0.70. Por otra parte, la prueba de validez se centra en la validez convergente y la validez discriminante; la primera, se prueba por medio de la varianza media extraída (AVE), la cual debe ser mayor a 0.50, indicando que, la VL explica más de la mitad de la varianza de sus indicadores. Para la segunda, la validez discriminante, se han propuesto dos medidas: el criterio de Fornell-Larcker y las cargas cruzadas. El criterio de Fornell-

Larcker (Fornell y Larcker, 1981) postula que cada VL comparte más varianza con sus indicadores que, con cualquier otra VL del modelo estructural. Por lo que, en términos estadísticos, la raíz cuadrada del AVE de cada constructo latente debe ser mayor que la correlación que esta tenga con cualquier otra VL. El segundo criterio consiste en validar la carga de cada indicador con su VL, la cual debe ser mayor que las cargas con todos los constructos restantes (es decir, las cargas cruzadas).

Para modelos con VL de segundo orden, se recomienda presentar los resultados en tres pasos: validando primero las VL de primer orden, para lo cual emplearemos los cuadros 15 y 16, posteriormente las VL de segundo orden, cuadros 17 y 18 y, por último, el modelo estructural.

Cuadro 15. Matriz de correlaciones variables latentes de primer orden

Variables Latentes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 JIT	0.83									
2 JID	0.64	0.80								
3 KAI	0.61	0.77	0.77							
4 TPM	0.76	0.53	0.66	0.74						
5 AS	0.67	0.54	0.59	0.64	0.79					
6 DO	0.75	0.69	0.65	0.56	0.53	0.75				
7 DP	0.66	0.68	0.72	0.66	0.65	0.68	0.84			
8 TEC	0.62	0.69	0.67	0.63	0.64	0.66	0.63	0.82		
9 SOC	0.65	0.46	0.43	0.58	0.69	0.57	0.53	0.75	0.75	
10 EXT	0.61	0.52	0.66	0.59	0.70	0.59	0.69	0.72	0.65	0.75
Fiabilidad compuesta (CR)	0.77	0.78	0.74	0.70	0.80	0.81	0.85	0.73	0.81	0.74
Varianza media extraída (AVE)	0.69	0.64	0.59	0.55	0.63	0.56	0.71	0.68	0.56	0.57

Nota 1: Los valores en la diagonal (negrita) son la raíz cuadrada del AVE.

Nota 2: Todas las correlaciones son significativas al 1%.

JIT (Just-in-Time), JID (Jidoka), KAI (Kaizen), TPM (Mantenimiento Productivo Total), AC (Atención y servicio), DO (Desempeño Operativo), DP (Desarrollo de personal), TEC (Obstáculos técnicos), SOC (Obstáculos sociales), EXT (Obstáculos externos)

Fuente: elaboración propia

Para empezar, en el cuadro 15 se observa que para todas las VL la fiabilidad compuesta (CR) está por arriba de 0.70, el AVE supera los valores requeridos de 0.50, la raíz cuadrada del AVE, los valores en la diagonal (en negrita), es decir, la raíz cuadrada del AVE es mayores que la correlación con cualquier otra variable. Por su parte, en el cuadro 16 se observa que las cargas factoriales de los indicadores son mayores en su propia VL que con el resto de VL, por lo que se confirman los criterios de confiabilidad y validez, para todas las VL de primer orden. En cuanto a las VL de segundo orden, los resultados en el cuadro 17 muestran que,

para todos los constructos el AVE es mayor a 0.50; los valores en la diagonal (en negrita), es decir, la raíz cuadrada del AVE es mayores que la correlación con cualquier otra variable y la fiabilidad compuesta (CR) es mayor a 0.70.

Cuadro 16. Cargas factoriales indicadores y variables latentes primer orden

Indicadores	Variables Latentes primer orden									
	JIT	JID	KAI	TPM	AS	DO	DP	TEC	SOC	EXT
Entregas a tiempo	0.85	0.69	0.59	0.58	0.72	0.72	0.71	0.71	0.69	0.53
Balanceo líneas	0.84	0.65	0.65	0.60	0.69	0.69	0.68	0.68	0.60	0.63
Producción Nivelada	0.81	0.64	0.61	0.62	0.71	0.71	0.71	0.66	0.63	0.48
Sistema Pull/Kanban	0.79	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.64	0.65
Reducción Lead Time	0.75	0.56	0.64	0.61	0.72	0.71	0.69	0.69	0.59	0.58
Control visual (andón)	0.68	0.71	0.52	0.53	0.57	0.65	0.45	0.65	0.60	0.45
Adherencia al plan	0.62	0.77	0.65	0.58	0.65	0.64	0.65	0.64	0.54	0.67
Calidad Total (TQM)	0.61	0.82	0.64	0.61	0.64	0.64	0.67	0.64	0.67	0.58
Satisfacción del cliente	0.63	0.72	0.79	0.61	0.71	0.76	0.62	0.71	0.49	0.56
Formación y Capacitación	0.72	0.66	0.81	0.63	0.59	0.58	0.77	0.65	0.65	0.60
Ideas de mejora/PDCA	0.59	0.64	0.82	0.63	0.69	0.69	0.71	0.68	0.65	0.53
Seguridad en el trabajo	0.45	0.57	0.56	0.78	0.57	0.57	0.76	0.45	0.54	0.62
Trabajo Estandarizado	0.65	0.62	0.73	0.72	0.69	0.54	0.63	0.69	0.67	0.55
5 S's	0.62	0.59	0.53	0.73	0.67	0.67	0.64	0.67	0.65	0.40
Percepción del Cliente	0.53	0.63	0.55	0.49	0.81	0.61	0.72	0.63	0.58	0.64
Entregas a tiempo	0.54	0.68	0.52	0.53	0.75	0.72	0.63	0.71	0.69	0.66
Flexibilidad Producción	0.65	0.65	0.67	0.62	0.72	0.71	0.54	0.71	0.56	0.47
Disminución de quejas	0.44	0.62	0.46	0.62	0.76	0.69	0.66	0.68	0.66	0.64
Flujo de Información	0.67	0.61	0.69	0.54	0.63	0.81	0.70	0.66	0.64	0.62
Control de inventarios	0.65	0.63	0.67	0.62	0.65	0.88	0.55	0.67	0.65	0.63
Disponibilidad Materiales	0.62	0.63	0.64	0.58	0.65	0.75	0.53	0.67	0.65	0.63
Incremento Productividad	0.72	0.54	0.74	0.65	0.56	0.76	0.69	0.68	0.66	0.64
Reducción Scrap	0.61	0.49	0.65	0.67	0.51	0.82	0.69	0.69	0.67	0.65
Personal comprometido	0.45	0.53	0.61	0.62	0.55	0.49	0.82	0.66	0.64	0.62
Personal polivalente	0.64	0.62	0.63	0.60	0.64	0.64	0.78	0.68	0.66	0.64
Habilidades Empleados	0.63	0.61	0.66	0.53	0.65	0.67	0.87	0.61	0.59	0.57
Seguridad en el Trabajo	0.66	0.59	0.54	0.62	0.61	0.64	0.75	0.67	0.65	0.63
Falta de Know-How	0.62	0.62	0.49	0.61	0.63	0.66	0.68	0.91	0.61	0.59
No se reconocen beneficios	0.55	0.54	0.53	0.59	0.66	0.59	0.61	0.84	0.60	0.58
Visión a largo plazo	0.61	0.65	0.62	0.62	0.54	0.65	0.67	0.71	0.60	0.58
Rutinas de la empresa	0.57	0.67	0.61	0.54	0.49	0.61	0.63	0.86	0.52	0.58
Estilos de Gestión	0.56	0.62	0.58	0.65	0.53	0.68	0.62	0.64	0.84	0.63
Apoyo de la Gerencia	0.56	0.63	0.58	0.67	0.62	0.64	0.62	0.64	0.83	0.65
Resistencia al Cambio	0.48	0.61	0.54	0.68	0.61	0.52	0.54	0.56	0.76	0.62
Alta rotación personal	0.61	0.61	0.63	0.57	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.80
Desempeño Proveedores	0.63	0.62	0.45	0.63	0.64	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75

Nota: Todas las cargas factoriales son significativas al 1%.

JIT (Just-in-Time), JID (Jidoka), KAI (Kaizen), TPM (Mantenimiento Productivo Total), AS (Atención y servicio), DO (Desempeño Operativo), DP (Desarrollo de personal), TEC (Obstáculos técnicos), SOC (Obstáculos sociales), EXT (Obstáculos externos).

Fuente: elaboración propia

Por último, en el cuadro 18 se observa que las cargas factoriales cruzadas de los indicadores de las VL de segundo orden son mayores en su propia VL que con el resto de VL, 0.70, y al mismo tiempo, son mayores que las cargas cruzadas (no diagonales), por lo tanto, se confirma que se cumple con los criterios de confiabilidad, validez convergente y validez discriminante los constructos latentes de segundo orden.

Cuadro 17. Matriz de correlaciones variables latentes segundo orden

Variables latentes segundo orden		NA	BE	OA
1	NIVEL DE ADOPCIÓN	0.81		
2	BENEFICIOS ESPERADOS	0.65	0.79	
3	OBSTÁCULOS ASOCIADOS	0.57	0.62	0.75
Fiabilidad compuesta (CR)		0.82	0.89	0.81
Varianza media extraída (AVE)		0.65	0.62	0.57

Nota 1: Los valores en la diagonal (negrita) son la raíz cuadrada del AVE.

Nota 2: Todas las correlaciones son significativas al 1%.

NA(Nivel de adopción), BE (Beneficios esperados),

OA (Obstáculos asociados).

Fuente: elaboración propia

Cuadro 18. Matriz de cargas factoriales cruzadas variables latentes segundo orden

Indicadores	NA	BE	OA
JIT	0.84	0.46	0.58
JID	0.73	0.71	0.65
KAI	0.82	0.57	0.71
TPM	0.77	0.69	0.58
AS	0.66	0.75	0.59
DO	0.68	0.81	0.62
DP	0.57	0.78	0.69
TEC	0.76	0.52	0.72
SOC	0.57	0.66	0.78
EXT	0.66	0.50	0.80

Nota1: todas las cargas factoriales son significativas al 1%.

Nota2: las VL de primer orden son utilizadas como indicadores.

NA (Nivel de adopción), BE (Beneficios esperados), OA (Obstáculos asociados), JIT (Just-in-Time), JID (Jidoka), KAI (Kaizen), TPM (Mantenimiento Productivo Total), AS (Atención y servicio), DO (Desempeño Operativo), DP (Desarrollo de personal), TEC (Obstáculos técnicos), SOC (Obstáculos sociales), EXT (Obstáculos externos).

Fuente: elaboración propia

7.3.2. Evaluación Del Modelo Estructural

Los criterios de evaluación más importantes para el modelo estructural son las medidas de R^2 , el nivel y la importancia de los coeficientes de trayectoria. Puesto que, el objetivo del enfoque PLS-SEM es explicar la varianza de las VL endógenas, el nivel de R^2 de dichos constructos debe ser alto. No obstante, el juicio de qué nivel de R^2 es alto depende de la disciplina de investigación específica. Siguiendo el orden metodológico planteado en el capítulo anterior, la validación del modelo estructural consiste en, primer lugar, revisar la multicolinealidad. Después, se verifica el signo algebraico, la significancia estadística y los coeficientes de trayectoria. El tercer paso consiste en evaluar el poder explicativo del modelo y por último se analiza el tamaño de los efectos (f^2). Los resultados formateados de la estimación del modelo estructural se muestran en el cuadro 19.

Cuadro 19. Resultados validación modelo estructural

Relación	Hipótesis	VIF	f^2	β	Q^2	Error	valor p	valor t	R^2	R^2 ajustada
NA→BE	H1[+]	2.12	0.17	0.67	0.21	0.07	0.00	3.99	0.56	
OA→NA	H2[-]	2.88	0.24	-0.40	0.17	0.04	0.00	2.15	0.38	0.45
OA→BE	H3[-]	2.51	0.02	-0.16	0.14	0.11	0.06	1.63	0.29	

Nota: los valores de p han sido estimados por la técnica de bootstrapping con 5000 repeticiones.

VIF (factor de inflación de la varianza), f^2 (tamaño de los efectos), β (coeficiente estructural), Q^2 (relevancia predictiva), Error (Error estadístico), valor p (significancia estadística), valor t (valor de estadístico t), R^2 (índice de correlación), R^2 ajustada (índice de correlación ajustado).

Fuente: elaboración propia basado en Hair, 2017

En primer lugar, se analizan posibles problemas de multicolinealidad, donde valores en el VIF por arriba de 5 indican multicolinealidad, mientras que, valores entre 2 y 3.5 se consideran ideales (Hair et al. 2017). En el cuadro 19 se observan valores de VIF de 2.12, 2.88 y 2,51; por tanto, la multicolinealidad no es un problema en el modelo estructural. El siguiente paso es consiste en evaluar el signo algebraico, el cuadro 16 muestra que, para los tres casos, el signo propuesto en la hipótesis coincide con el signo del coeficiente estructural

β . En lo que concierne a la significancia estadística, se observa que las relaciones NA→BE y OA→NA son estadísticamente significativas, pues el valor t de ambas relaciones están por encima del 1.96, valor mínimo esperado. Por el contrario, la relación OA→BE no es estadísticamente significativa, pues el valor t está por debajo de 1.96. En cuanto a la relevancia de los coeficientes de trayectoria se observa en el cuadro 16 que, la relación NA→BE es fuerte con un valor $\beta=0.67$; la relación OA→NA es media con un coeficiente $\beta=-0.40$, mientras que la relación OA→BE, es débil con un valor $\beta=-0.16$.

En relación a la relevancia predictiva del modelo, se corrió el algoritmo blindfolding para obtener la redundancia validada y cruzada (cross validated redundancy o CV Red), la cual postula que el modelo estructural debe ser capaz de predecir adecuadamente cada indicador de la VL endógena BE (Hair *et al.*, 2011). La Q^2 debe tener valores mayores a 0.00, lo que se interpreta como relevancia predictiva o explicativa de los constructos latentes exógenos sobre los constructos endógenos. El tamaño del efecto f^2 , es una medición importante en el diagnóstico del modelo estructural, el cual determina si una VL tiene un efecto débil (0.02), medio (0.15) o alto (0.35) en el modelo estructural Coelho *et al.*, (2012), Hair *et al.*, (2011) y Henseler *et al.* (2009). En este sentido, en el cuadro 16 se observa que, el efecto que tiene NA en BE es medio ($f^2=0.17$), el efecto que tienen los OA en NA es grande ($f^2=0.24$), y el efecto de OA en BE es bajo con ($f^2=0.02$).

En cuanto al poder explicativo del modelo, la R^2 ajustada de 45% nos dice que la varianza explicada es grande, ya que Cohen (1988) considera valores de R^2 ajustada iguales a 0.02, 0.13 y 0.26 como de bajo, medio y alto poder explicativo, respectivamente.

7.3.3. Determinación Si Existe Mediación

Por último, para determinar si existe mediación entre las variables del modelo estructural, se analizaron los efectos directos e indirectos de acuerdo con la siguiente tabla, misma que plantea tres posibles escenarios: no mediación, mediación parcial y mediación completa. En base a los resultados que se observa que la relación indirecta P1*P2 es significativa puesto que para las dos relaciones; OA→NA (P1) y NA→BE (P2) el valor p resulto estadísticamente

significativo. Sin embargo, la relación directa $OA \rightarrow BE$ (P3), resulto no significativa. Por tal motivo se puede afirmar que existe una mediación completa, en donde la relación $OA \rightarrow BE$ esta mediada por NA.

Cuadro 20. Tabla de mediación

Efecto directo (P3)	Efecto indirecto (P1*P2)	Mediación?
Significativo ($p < 0.05$)	No significativo ($p > 0.05$)	No hay mediación
Significativo ($p < 0.05$)	Significativo ($p < 0.05$)	Mediación parcial
No significativo ($p > 0.05$)	Significativo ($p < 0.05$)	Mediación completa

Fuente: Hair *et al.*, 2017

7.4. Validación de Hipótesis

La presente tesis cuenta con las siguientes hipótesis estadísticas:

H1: Existe una relación positiva entre $NA \rightarrow BE$, de manera que, un cambio en NA implicaría un cambio en el mismo sentido en BE.

H2: Existe una relación negativa entre $OA \rightarrow NA$, de manera que un cambio en OA implicaría un cambio en sentido opuesto en NA.

H3: Existe una relación negativa entre $OA \rightarrow BE$; de manera que un cambio en OA implicaría un cambio en sentido opuesto en BE.

H4: Existe una relación negativa indirecta entre $OA \rightarrow BE$, la cual está mediada por NA, de manera que, un cambio en OA implicaría un cambio en el sentido opuesto en la relación $NA \rightarrow BE$

En este sentido, si se comprobaran estas hipótesis se podría afirmar que OA modera la relación positiva $NA \rightarrow BE$.

Los hallazgos del análisis se muestran en el cuadro 19. La R^2 es 0.454, que corresponde a un 45% de la varianza explicada de la variable dependiente “Beneficios esperados”. La hipótesis H1 es aceptada porque existe una relación positiva, fuerte y significativa entre $NA \rightarrow BE$; ($\beta = 0.67$). La hipótesis H2 es aceptada porque existe una relación negativa, moderada y significativa; entre $OA \rightarrow NA$; ($\beta = 0.40$). La hipótesis H3 es rechazada porque la relación

negativa entre OA →BE es débil y no significativa; ($\beta = -0.16$).

Por último, la hipótesis H4 es aceptada, ya que siguiendo el procedimiento de análisis de mediación descrito en el capítulo 6, el efecto directo P3, es decir la H3 en el cuadro 19 no resultó ser estadísticamente significativa, por lo que se confirma la mediación completa indirecta. Es decir, la relación positiva NA→BE está mediada por OA.

7.5. Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten afirmar, en primer lugar, que hay avances respecto de la difusión del modelo esbelto en la región estudiada. Puesto que la adopción de prácticas de PE ya que, 14 prácticas de la PE se implementan con cierta extensión, de acuerdo con lo informado por los propios empresarios. En segundo lugar, que la implementación parcial de las herramientas de la PE se puede explicar por la existencia simultánea de factores que la inhiben y la favorecen. Los resultados de la encuesta sugieren que los principales beneficios identificados por los empresarios para la implementación de las prácticas de PE comprenden el incremento en la productividad, la mejora en entregas a tiempo, la mejora en la percepción del cliente, el entrenamiento al personal, la mejora en la disponibilidad de materias primas, la flexibilidad de la línea de producción y el incremento en la eficiencia. Así mismo, se identificaron las principales barreras a las cuales se enfrentan las organizaciones industriales ubicadas en Sonora en la adopción de PE, sobresaliendo son la resistencia al cambio, la falta de tiempo, la falta de entrenamiento del personal, falta de know-how y la no comprensión de los principios de la ME, la cultura organizacional, la falta de visión de largo plazo, la falta de recursos de mano de obra calificada y deficiencias en el sentido de urgencia. Por último se contrastaron las hipótesis, dando como resultado general que la relación positiva entre el nivel de adopción y los beneficios esperados, está mediada por los obstáculos asociados.

8. CONCLUSIONES

Para las empresas la adopción de un nuevo sistema representa una tarea compleja que suele venir acompañada de un gran número de obstáculos y, normalmente no se logra implementar rápidamente. La adopción es más bien el resultado de estrategias a largo y mediano plazo. En este sentido, no todas las empresas logran mejoras significativas en el rendimiento como resultado de la adopción. Por tal motivo, la presente tesis estableció como objetivo general explicar la relación entre el nivel de adopción, los beneficios esperados y los obstáculos asociados a la adopción de un conjunto de prácticas de PE, en empresas industriales de los sectores automotriz, aeroespacial, de componentes eléctricos y electrónicos y de dispositivos médicos; ubicadas en las ciudades de Hermosillo, Guaymas y Empalme, Sonora. Consecuentemente, para alcanzar dicho objetivo, en paralelo, se plantearon cuatro objetivos específicos. En lo que toca al primero: “Determinar el nivel de adopción de diversas prácticas de PE en empresas industriales”; este se logró a través de la elaboración y aplicación de un instrumento, diseñado “exprofeso”, el cual fue aplicado a una muestra representativa de empresas industriales de la región, con el objeto de conocer el grado en que diversas técnicas han sido adoptadas en el contexto local.

El segundo objetivo específico se trataba de “Determinar aquellas prácticas que han sido adoptadas, así como las que no han sido adoptadas; en el contexto local”. Este objetivo fue alcanzado mediante una prueba de hipótesis, incluida en el análisis estadístico realizado a los datos recolectados, análisis descrito en el apartado metodológico del presente trabajo (capítulo 6) y que, hizo posible identificar que hay avances en 14 prácticas, las cuales de acuerdo a la percepción de los encuestados, son prácticas que han sido adoptadas por empresas maquiladoras de la región.

De manera similar, tanto el tercer objetivo específico: “Identificar los principales beneficios esperados por la adopción de prácticas de PE”, como el cuarto: “Identificar los obstáculos más significativos asociados a la adopción prácticas de PE”. Se lograron determinar tras un análisis estadístico convencional de los datos, basados en el análisis de tendencia central, así como en medidas de dispersión, tanto los principales beneficios, como los obstáculos esperados, más significativos para la adopción de prácticas de PE. De manera que, basado en

la percepción de los mismos empleados y en cumplimiento con los objetivos específicos se logró determinar, en primer lugar, el grado en el que diversas empresas han adoptado y actualmente hacen uso de un conjunto de prácticas de PE. En segundo lugar, se logró identificar los principales beneficios esperados por la adopción, así como los obstáculos asociados más significativos, los cuales junto con las pruebas de hipótesis permiten establecer que el nivel de adopción de prácticas de PE, puede ser explicado por el existencia simultánea de beneficios esperados, los cuales favorecen la adopción, así de obstáculos asociados a la misma.

En el último apartado de la presente tesis incluimos las principales conclusiones desde el punto de vista teórico como el empírico, finalizando con la exposición de las limitaciones y futuras líneas de investigación.

8.1. Conclusiones Empíricas

El estudio aporta información original sobre los alcances de la adopción de prácticas de PE en las empresas industriales en el noroeste de México. Los resultados de la encuesta apoyan la afirmación de que la adopción de PE tiene un impacto positivo y beneficios potenciales para la competitividad de las industrias locales, ya que, tiene la capacidad de incidir positivamente, permitiendo aumentar la eficiencia operacional, la calidad y la reducción de costo de dichas organizaciones. En este sentido, se puede afirmar que se cumplió con los objetivos de esta investigación, puesto que, una vez recabada la información mediante la encuesta, los resultados del estudio permiten tener una idea más clara acerca del grado de adopción de PE en las empresas industriales de la entidad. En primer lugar, el nivel de adopción se determinó —primer objetivo específico— a partir de la media aritmética. En este sentido, el análisis estadístico de los datos arrojó un nivel de adopción general de 3.40 que, de acuerdo con la escala de respuesta utilizada —escala Likert de 1 a 5— corresponde a un nivel de adopción moderada. El sector automotriz fue el que obtuvo valores más altos, con un nivel de adopción de 3.72, seguido por la industria aeroespacial, con 3.70. Por su parte, las empresas de la industria de componentes eléctricos y electrónicos promediaron un nivel

de 3.24, mientras que, el sector de dispositivos médicos tuvo un valor medio de adopción de 2.94.

En referencia al segundo objetivo específico —determinar aquellas prácticas que han sido adoptadas, así como las que no han sido adoptadas en el contexto local—, los resultados evidencian, en primer lugar, que, hay avances en la implementación de la ME en la región esta ya que, 14 prácticas de la ME se implementan con cierta extensión, de acuerdo a lo informado por los propios empleados de las empresas participantes en el estudio. De la metodología JIT se reconocen como prácticas adoptadas: entregas a tiempo, balanceo de líneas de producción, sistema de producción nivelada, reducción de lead time/cycle time y el sistema “pull” o Kanban. De la metodología Jidoka se reconocen como prácticas adoptadas: adherencia al plan de producción, control visual y la Gestión de calidad total; mientras que, de la metodología Kaizen, han sido adoptadas prácticas como: la satisfacción del cliente, formación y capacitación del personal y la generación de ideas de mejora continua/PDCA por parte de los empleados. Por último, de la metodología TPM, se consideran como prácticas adoptadas: las 5 S’s, seguridad en el área de trabajo y la estandarización. Por el contrario, las prácticas: reducción de lotes de producción —lot sizing—, cambios rápidos de set-up, círculos de calidad, flujo continuo, mantenimiento preventivo, la eficiencia de equipo —OEE—, el uso de dispositivos Poka Yoke, el involucramiento de los empleados, la comunicación efectiva, equipos para la solución de problemas, equipos funcionales cruzados, cambios de layout, mantenimiento autónomo, la producción por celdas de trabajo, y la reducción de scrap resultaron estadísticamente no significativas, es decir, que de acuerdo a la percepción de los encuestados son prácticas que no han sido adoptadas por las empresas industriales de la región.

Respecto al tercer objetivo específico —identificar los principales beneficios esperados por la adopción de prácticas de PE— los datos muestran que los beneficios arrojados por la adopción tienen que ver principalmente con mejoras en temas de: productividad y flexibilidad, por lo que, mediante entregas a tiempo de productos se mejora la percepción del cliente. De igual manera, se advierten beneficios en los trabajadores, particularmente, en el aumento de sus habilidades, mostrándose más comprometidos con la calidad, lo que se refleja en mayor seguridad en el trabajo. En cuanto al desempeño operativo, las empresas ubicadas en Sonora obtienen beneficios como: mayor disponibilidad de materiales y mejora en flujo

de información. Además, se mejora la capacidad para llevar un mejor control en los inventarios, debido en gran medida, a una reducción en el mal uso y desperdicio de materiales, así como en las quejas que reciben de los clientes. En contraste, el análisis de los datos revela que no hay acuerdo en considerar significativos beneficios relacionados con las reducciones de costos en áreas como: la distribución y entregas de productos, y la mano de obra directa, Así como tampoco en el uso de material auxiliar, el impacto ambiental, costo de equipo, ni garantías al cliente. De manera similar, tampoco se ven reducidos los tiempos muertos por paros no planeados de producción, así como en los re-trabajos de piezas defectuosas. No se perciben beneficios en el flujo de efectivo, la eficiencia instalada de equipo ni en las ideas de mejora continua por parte de los empleados. Los resultados de las pruebas de hipótesis mediante la t de student muestra que los beneficios esperados significativos por la adopción de prácticas de PE en cuanto a la atención y servicio al cliente son: mejora en entregas a tiempo, flexibilidad de producción, mejora en percepción del cliente y reducción de quejas de calidad. Respecto a los beneficios esperados en el desempeño operativo, se reconoce un incremento en la productividad, un mejor flujo de información e insumos, así como mejoras en la disponibilidad de materiales. En paralelo, las empresas consiguen reducir sus inventarios y la generación de scrap. En referencia al desarrollo del personal, los principales beneficios percibidos por la adopción son: una fuerza de trabajo más comprometida con la calidad, aumento en las habilidades de los empleados, logrando que el personal sea polivalente y autónomo, y se incremente la seguridad en el trabajo.

El cuarto objetivo específico —identificar los obstáculos más significativos asociados a la adopción de prácticas de PE— se encontró que, los obstáculos técnicos significativos son: rutinas de la compañía, la falta de “know-how” de las técnicas, es decir, de los conocimientos técnicos necesarios para la aplicación de las técnicas y la falta de visión a largo plazo. En cuanto a los obstáculos sociales, los participantes perciben que, la resistencia al cambio, la incapacidad para reconocer los beneficios, los estilos de gestión y la falta de apoyo por parte de la gerencia son los más significativos. En cuanto a los obstáculos externos: los altos índices de rotación de personal y un pobre desempeño de los proveedores, resultaron ser los más significativos de acuerdo a la percepción de los participantes.

Hay que mencionar además que, el análisis de datos cruzados revela que la ciudad de Empalme no solo se muestra como la ubicación que aportó un mayor número de empresas

participantes al estudio, sino como la más diversificada, pues cuenta con empresas de tres de los cuatro giros industriales incluidos en el estudio. No obstante, el sector eléctrico resultó ser el más significativo ya que en Empalme se ubican más del 80% de las empresas de ese sector, seguido por el sector automotriz y el sector eléctrico. Por su parte, la ciudad de Guaymas ubica casi el 70% de las empresas del sector aeroespacial, mientras que Hermosillo alberga a más del 60% del ramo automotriz. El sector Médico, en cambio, destacado por su alta especialización, se concentra en su totalidad en la ciudad de Guaymas. Hay que mencionar además que, el estudio aporta información original sobre los alcances de la adopción de prácticas y métodos de PE en las empresas industriales en el noroeste de México. Los resultados sugieren, en primer lugar, que hay avances en la difusión del modelo esbelto en la región, ya que 14 prácticas son consideradas como adoptadas, tal es el caso de Entregas a tiempo, Balanceo de líneas, Producción nivelada, Reducción de Lead Time/Cycle time, Sistema “pull” o Kanban, la Adherencia al plan, el Control visual, Calidad Total, la Satisfacción del cliente, la Formación y Capacitación de empleados, las Ideas de mejora continua o PDCA, las 5 S’s, la Seguridad y Trabajo Estandarizado, son utilizadas con cierta extensión, según lo informado por los participantes. En segundo lugar, que la adopción parcial de las prácticas de PE se puede explicar por la existencia simultánea de factores que la obstaculizan y la favorecen. Los resultados de la encuesta sugieren que los principales beneficios identificados por los empresarios para la adopción de prácticas esbeltas tienen que ver principalmente con mejoras en: productividad, flexibilidad de producción, entregas a tiempo y mejoras en la percepción del cliente. En paralelo, se reconocen beneficios en el personal; manifestándose más habilidosos, polivalentes, autónomos, y comprometidos con la calidad. En lo concerniente a la optimización y mejoramiento de los procesos, la parte operativa de la empresa, también se beneficia al ver aumentos en: la Disponibilidad de materiales, la Flexibilidad de la línea de producción, el Flujo de información y la Seguridad en el trabajo. Por último, permite un mejor control y uso de los recursos, principalmente en inventarios, ya que, por un lado, se observa una reducción de estos, así como en la generación de desperdicios. Mientras que, por otro lado, en consecuencia, se ven reducidas al mínimo las quejas de los clientes. Así mismo, se identificaron elementos asociados a la adopción, a los que, organizaciones industriales ubicadas en Sonora se enfrentan, constituyéndose como obstáculos asociados a la adopción de PE. En este sentido, los obstáculos más significativos

que resultan de la presente tesis son: las Rutinas (hábitos) de la compañía, la Falta de conocimientos prácticos o el "know-how" la Falta de visión a largo plazo, la Resistencia al cambio, la Incapacidad para reconocer los beneficios, los Estilos de gestión, la Falta de apoyo de la gerencia, la Rotación de personal y el pobre desempeño de proveedores.

8.2. Conclusiones Teóricas

En primer lugar, en cuanto al objetivo general —explicar la relación entre el nivel de adopción, los beneficios esperados y los obstáculos asociados a la adopción de prácticas de PE— los resultados obtenidos en el contraste de hipótesis revelan que existe una relación positiva entre el nivel de adopción y los beneficios esperados, es decir, a mayor nivel de adopción, las empresas reconocen un mayor número de beneficios. Al mismo tiempo, dicha relación está mediada por los obstáculos asociados, es decir, a mayor número de obstáculos, menor nivel de adopción y menos son los beneficios que se obtienen, de acuerdo a la percepción de los participantes en el estudio.

En segundo lugar, los resultados de la presente investigación revelan que, en la región, el nivel de adopción de prácticas de PE, en términos generales, es de nivel medio con tendencia a alto. Siendo prácticas propias del sistema JIT las más utilizadas, seguidas por prácticas de la metodología Jidoka, después las de la filosofía Kaizen y, por último, aquellas que corresponden al método TPM. Como era de esperarse, las empresas del sector automotriz son las que muestran mayores niveles de adopción, seguidas por empresas del sector aeroespacial, después el eléctrico y después el médico.

En tercer lugar, que la adopción parcial de las principales prácticas de PE se puede explicar por la existencia simultánea de factores que la inhiben y la favorecen. Los resultados de la encuesta sugieren que los principales beneficios identificados por los empresarios para la implementación de las prácticas de ME comprenden el incremento en la productividad, la mejora en entregas a tiempo, la mejora en la percepción del cliente, el entrenamiento al personal, la mejora en la disponibilidad de materias primas, la flexibilidad de la línea de producción y el incremento en la eficiencia. Así mismo, se identificaron las principales

obstáculos a las cuales se enfrentan las organizaciones industriales ubicadas en Sonora al momento de adoptar prácticas de PE, sobresaliendo son la resistencia al cambio, la falta de tiempo, la falta de entrenamiento del personal, falta de know-how y la no comprensión de los principios de la ME, la cultura organizacional, la falta de visión de largo plazo, la falta de recursos de mano de obra calificada y deficiencias en el sentido de urgencia.

La principal aportación del estudio ha sido la realización de una investigación de corte empírico con una encuesta propia, con información de primera mano y confiable para evaluar los alcances reales de la PE en un contexto secto-territorial específico. Los resultados de la encuesta apoyan la afirmación de que la implementación de la ME tiene un impacto positivo y beneficios potenciales para la competitividad de las industrias locales, ya que, tiene la capacidad de impactar positivamente, permitiendo aumentar la eficiencia operacional, la calidad y la reducción de costo de dichas organizaciones.

Hay que mencionar además que, el estudio aporta información original sobre los alcances de la adopción de prácticas y métodos de PE en las empresas industriales en el noroeste de México.

Este estudio arroja resultados que se asemeja a los obtenidos por Flynn *et al.*, (1995); Sakakibara et al, (1997); Sweet y Schroeder (2006); Khanchanapong et al. (2014) quienes encontraron que prácticas como JIT, el TPM y Kaizen afectan positiva y significativamente la calidad, la reducción de costos, la flexibilidad y el tiempo de entrega.

Los resultados sugieren, en primer lugar, que hay avances en la difusión del modelo esbelto en la región, ya que 14 prácticas son consideradas como adoptadas, tal es el caso de Entregas a tiempo, Balanceo de líneas, Producción nivelada, Reducción de Lead Time/Cycle time, Sistema “pull” o Kanban, la Adherencia al plan, el Control visual, Calidad Total, la Satisfacción del cliente, la Formación y Capacitación de empleados, las Ideas de mejora continua o PDCA, las 5 S’s, la Seguridad y Trabajo Estandarizado, son utilizadas con cierta extensión, según lo informado por los participantes. En segundo lugar, que la adopción parcial de las prácticas de PE se puede explicar por la existencia simultánea de factores que la obstaculizan y la favorecen. Los resultados de la encuesta sugieren que los principales beneficios identificados por los empresarios para la adopción de prácticas esbeltas tienen que ver principalmente con mejoras en: productividad, flexibilidad de producción, entregas a tiempo y mejoras en la percepción del cliente. En paralelo, se reconocen beneficios en el

personal; manifestándose más habilidosos, polivalentes, autónomos, y comprometidos con la calidad. En lo concerniente a la optimización y mejoramiento de los procesos, la parte operativa de la empresa, también se beneficia al ver aumentos en: la disponibilidad de materiales, la flexibilidad de la línea de producción, el flujo de información y la seguridad en el trabajo. Por último, permite un mejor control y uso de los recursos, principalmente en inventarios, ya que, por un lado, se observa una reducción de estos, así como en la generación de desperdicios. Mientras que, por otro lado, en consecuencia, se ven reducidas al mínimo las quejas de los clientes. Los resultados obtenidos se asemejan a los resultados obtenidos por Melton (2015); Womack *et al.*, (2017); Bellisario y Pavlov (2018), quienes sostienen que la aplicación simultánea de prácticas específicas dan lugar a un mejor desempeño operativo.

Así mismo, se identificaron elementos asociados a la adopción, a los que, organizaciones industriales ubicadas en Sonora se enfrentan, constituyéndose como obstáculos asociados a la adopción de PE. En este sentido, los obstáculos más significativos que resultan de la presente tesis son: las Rutinas (hábitos) de la compañía, la Falta de conocimientos prácticos o el "know-how" la Falta de visión a largo plazo, la Resistencia al cambio, la Incapacidad para reconocer los beneficios, los Estilos de gestión, la Falta de apoyo de la gerencia, la Rotación de personal y el pobre desempeño de proveedores. Como muestran los resultados, casi la mitad de las herramientas de la ME se están implementando actualmente en las industrias ubicadas en la región estudiada, lo que muestra un nivel importante de difusión de estas prácticas organizativas en el contexto de la industria del noroeste mexicano.

En este sentido, la tesis arroja resultados que se asemejan a los obtenidos por Cooney (2002); Anand y Kodali (2010); Scherrer *et al.*, (2014); Bhasin y Burcher, 2016 quienes encontraron que los principales obstáculos para la adopción estaban relacionados, con la resistencia al cambio y la incapacidad de reconocer los beneficios por parte de los empleados, así como la falta de apoyo y los diferentes estilos de dirigir por parte de la gerencia.

Para el futuro es pertinente abordar líneas de investigación que permitan a las industrias locales comprender los retos a los que se enfrentan en la adopción de cambios y mejoras organizacionales, así como las repercusiones de una mala implementación de las mismas.

8.3. Limitaciones de la Investigación

La encuesta se aplicó sólo a un muy limitado número de industrias; sin embargo, se debe destacar que la muestra alcanzada puede considerarse como una representativa de la actividad industrial de nuevo tipo desarrollada en la región fronteriza México-Estados Unidos en los años recientes. El tamaño tan limitado de la muestra se explica por la baja tasa de respuesta obtenida. Al igual que en otras regiones de México, los empresarios sonorenses carecen de una cultura de apertura y transparencia, mostrándose reticentes a compartir información de corte empresarial importante. Considerando que la encuesta se aplicó sólo a una muy limitada cantidad de industrias; sin embargo, se debe destacar que el tamaño y composición de la muestra alcanzada puede considerarse como una representativa de la actividad industrial que se experimentó en la región fronteriza México-Estados Unidos en años recientes. Desafortunadamente, al igual que en otras regiones de México, los empresarios sonorenses carecen de una cultura de apertura y transparencia, por lo que suelen mostrarse reticentes a compartir cualquier información de corte empresarial.

El estudio presenta las siguientes características en cuanto a sus alcances y limitaciones:

- El presente trabajo sólo comprende las empresas de manufactura, de las ciudades de Hermosillo, Guaymas y Empalme.
- Para el desarrollo del presente trabajo de investigación sólo se consideró una muestra de las empresas manufactureras de las ciudades ya mencionadas.
- La disponibilidad de tiempo de los empresarios o representantes de las empresas para contestar el instrumento de evaluación.
- La disponibilidad de las personas que realizarán las encuestas del instrumento de evaluación.
- El tiempo disponible para la realización del presente proyecto de investigación.
- La objetividad con la cual los representantes de las empresas bajo estudio contestaron el instrumento de evaluación.
- La veracidad de la información proporcionada por las organizaciones para la realización del diagnóstico.

8.4. Futuras Líneas de Investigación

Los alcances de este trabajo son de carácter exploratorio-relacional que busca arrojar información o conocimiento nuevo sobre las pautas de adopción de PE en base a las distintas prácticas y métodos que la componen, y en un contexto industrial y socio-territorial específico. Aunque de manera limitada, con este estudio se avanza en la comprensión de los posibles factores que pueden estar determinando el nivel de adopción de distintas prácticas de PE, ya que, se analiza la percepción de los gerentes sobre los principales impedimentos y factores que pueden servir de base para análisis futuros con mayor fundamentación en la teoría, que traten de explicar la difusión de prácticas organizativas y de sistemas productivos novedosos en los contextos nacionales y regionales. Por ejemplo, se encontró que los principales obstáculos percibidos por los empleados de las empresas participantes tienen que ver con la limitación en la disponibilidad de recursos (tiempo, personal calificado, recursos financieros, recursos de know-how) y con resistencias que tienen que ver con la cultura laboral local y la cultura organizacional. En el primero de los casos, los enfoques teóricos de la dependencia de recursos pueden arrojar luz para elaborar explicaciones más precisas sobre las diferencias en los ritmos de adopción de la PE en las distintas empresas; y en el segundo, los enfoques actuales del nuevo institucionalismo podrán ser de utilidad para explicar el papel que juega la cultura, especialmente las resistencias culturales, en el proceso de difusión y adopción de nuevas prácticas organizacionales ligadas a sistemas productivos emergentes. Como muestran los resultados, casi la mitad de las prácticas de PE se aplican actualmente en las industrias ubicadas en la región estudiada, lo que muestra un nivel importante de difusión de estas prácticas organizativas en el contexto de la industria del noroeste mexicano.

9. REFERENCIAS

- Abdallah, A. Dahiyat, S., y Matsui, Y. (2019). Lean research and innovation performance. *Management Research Review*, 41(2), 239-262. DOI: <https://doi.org/10.1108/MRR-10-2017-0363>
- Abdulmalek, F. A., y Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of production economics*, 107(1), 223-236.
- Abrahamson, E. y Fairchild, G. (1999). Management fashion: Lifecycles, triggers, and collective learning processes. *Administrative science quarterly*, 44(4), 708-740.
- Achanga, P., Shehab, E., Roy, R., y Nelder, G. (2006). Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of manufacturing technology management*, 17(4), 460-471.
- Adler, P. S., y Cole, R. E. (1995). *Designed for learning: A tale of two auto plants* (pp. 157-78). Aldershot: Avebury.
- Ahuja, I. P. S., y Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International journal of quality & reliability management*, 25(7), 709-756.
- AlManei, M., Salonitis, K., y Xu, Y. (2017). Lean implementation frameworks: the challenges for SMEs. *Procedia Cirp*, 63, 750-755.
- Almeida Marodin, G., y Saurin, T. A. (2015). Managing barriers to lean production implementation: context matters. *International Journal of Production Research*, 53(13), 3947-3962.
- Alonso, J., Carrillo, J. y Contreras, O. (2002). Aprendizaje Tecnológico en las Maquiladoras del Norte de México', *Frontera Norte* 14(27), 43-81.
- Alvarado, A. N., Yañez, R. C., y Moreno, C. D. G. (2018). Conceptos para entender la innovación organizacional. *Revista de la SEECI*, (45), 87-101.
- Álvarez, L., y Cuadros, L. (2012). Las importaciones chinas y su impacto en el mercado de autopartes de repuesto mexicano. *Problemas del desarrollo*, 43(169), 97-119.
- Al Aomar, R. A. (2011). *Applying 5S LEAN Technology: An infrastructure for continuous process improvement*.
- Anand, G. y Kodali, R. (2010). Development of a framework for implementation of lean manufacturing systems. *International Journal of Management Practice*, 4(1), 95-116.
- Anderson, James C. y David W. Gerbing (1988). "Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach." *Psychological bulletin* 103, 3: 411.
- Anvari, A., Zulkifli, N., Yusuff, R. M., Hojjati, S. M. H., y Ismail, Y. (2019). A proposed dynamic model for a lean roadmap. *African Journal of Business Management*, 5(16), 6727-6737.
- Arechavala-Vargas, R., Rosales-Soto, A., y Vargas-Hernández, J. G. (2016) *Alianzas*

estratégicas, sus propósitos, duración y evolución hacia la internacionalización.

- Arias-Pineda, A. A., y Ramirez-Martinez, L. (2019). La organización-empresa: ¿un sistema vivo? Aportes de la teoría de la complejidad y la filosofía ambiental a la teoría administrativa y organizacional. *Revista EAN*, (86), 133-150.
- Arlbjorn, J. S., y Freytag, P. V. (2013). Evidence of lean: A review of international peer-reviewed journal articles. *European Business Review*.
- Arteaga-Coello, H. S. y, Intriago-Manzaba, D. M., y Mendoza-García, K. A. (2016). La ciencia de la administración de empresas. *Dominio de las Ciencias*, 2(4), 421-431.
- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (2022). Plantas de Ensamble de Vehículos, Motores y Transmisiones de Empresas Asociadas https://www.amia.com.mx/about/plantas_ensamble/
- Barrantes, R. (2014). Investigación: Un camino al conocimiento, Un enfoque Cualitativo, cuantitativo y mixto. San José, Costa Rica: EUNED
- Basco, A., Beliz, G., Coatz, D., Garnero, P. (2018) “Industria 4.0: fabricando el futuro” – Ciudad Autónoma de Buenos Aires – julio 2018
- Bateman, N., Radnor, Z., y Glennon, R. (2018). The landscape of Lean across public services. *Public Money & Management*, 38(1), 1-4.
- Bayou, M. E., y De Korvin, A. (2008). Measuring the leanness of manufacturing systems—a case study of Ford Motor Company and General Motors. *Journal of Engineering and Technology Management*, 25(4), 287-304.
- Bellisario, A. y Pavlov, A. (2018) Performance management practices in lean manufacturing organizations: a systematic review research evidence. *Prod. Planning y Control* 29:5, pages 367-385.
- Belokar, R. M., Kumar, V., y Kharb, S. S. (2012). An application of value stream mapping in automotive industry: a case study. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 1(2), 152-157.
- Benders, J., Bleijerveld, H., y Schouteten, R. (2017). Continuous improvement, burnout and job engagement: a study in a Dutch nursing department. *The International journal of health planning and management*, 32(4), 481-491.
- Benders, J., y Morita, M. (2004). Changes in Toyota Motors’ operations management. *International Journal of Production Research*, 42(3), 433-444.
- Bentler, P. M. (1995). EQS structural equations program manual. Encino, CA: Multivariate Software
- Bhamu, J., y Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations y Production Management*.
- Bhasin, S., y Burcher, P. (2016). Lean viewed as a philosophy. *Journal of manufacturing technology management*.
- Bido, D. y da Silva, D. (2019). SmartPLS 3: especificación, estimación, validación y explicación. *Administración: Ensino y Pesquisa*, 20(2), 488-536. <https://doi.org/10.13058/raep.2019.v20n2.1545>

- Bortolotti, T., Danese, P., y Romano, P. (2013). Assessing the impact of just-in-time on operational performance at varying degrees of repetitiveness. *International Journal of production research*, 51(4), 1117-1130.
- Bozarth, C. C., Warsing, D. P., Flynn, B. B., y Flynn, E. J. (2009). The impact of supply chain complexity on manufacturing plant performance. *Journal of operations management*.
- Brah, S. A., y Chong, W. K. (2004). Relationship between total productive maintenance and performance. *International journal of production research*, 42(12), 2383-2401.
- Brinzer, B., Banerjee, A., y Hauth, M. (2017). Complexity thinking and cyber-physical systems. *SSRG International Journal of Industrial Engineering*, 4(1), 14-20.
- Buitelar, R., Padilla, R. y Urrutia, R. (1999). *Industria Maquiladora y Cambio Técnico*, Revista de la CEPAL 67(abril), 133–152.
- Buttha, M.K.S., Egilmez, G., Chatha, K.A y Huq, F. (2017). Survey of lean management practices in Pakistani industrial sectors. *International Journal of Services and Operations Management*, 28(3), 309-344. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2017.087287>.
- Caldera, H. T. S., Desha, C., y Dawes, L. (2019). Evaluating the enablers and barriers for successful implementation of sustainable business practice in ‘lean’ SMEs. *Journal of cleaner production*, 218, 575-590.
- Carrillo, J. (2004). Principales estadísticas de la industria maquiladora. Encuesta sobre aprendizaje tecnológico y escalamiento industrial. Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte.
- Carrillo, J., y Barajas, M. R. (2007). Evolución y heterogeneidad: Las maquiladoras fronterizas electrónicas y automotrices. México, DF: El Colegio de la Frontera Norte & Plaza y Valdés.
- Carrillo, J. y Hualde, A. (1997). Third Generation Maquiladoras: The Case of Delphi-General Motors. *Journal of Borderlands Studies* 13(1), 79–98.
- Carrillo, J., Hualde, A. y Quintero, C. (2005). Maquiladoras en México. Breve recorrido histórico, en *Comercio Exterior*, vol. 55, núm. 1, México, pp. 30-42.
- Carrillo, J. y Zárata, R. (2009) The Evolution of Maquiladora Best Practices: 1965–2008. *Journal of Business Ethics*, 88, 335–348.
- Cerruti, G. C. (2015). Il World Class Manufacturing alla Fiat ei dualismi sociali e organizzativi de la produzione snella. *Economia & lavoro*, 49(3), 37-54.
- Chay, T., Xu, Y., Tiwari, A., & Chay, F. (2015). Towards lean transformation: the analysis of lean implementation frameworks. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 26(7), 1031-1052.
- Chen, Z. (2015). The relationships among JIT, TQM and production operations performance. *Business Process Management Journal*, 21(5), 1015-1039. DOI: <https://doi.org/10.1108/0972798111117595>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., y Benhida, K. (2016). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future

- research directions for developing a specific model. *Journal of Cleaner Production*, 139, 828-846.
- Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Mishra, N., Ghobadian, A., y Elfezazi, S. (2018). Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance. *International Journal of Production Economics*, 206, 79-92.
- Chiesa, V., Coughlan, P., y Voss, C. A. (1996). Development of a technical innovation audit. *Journal of Product Innovation Management: an international publication of the product development & management association*, 13(2), 105-136.
- Christman, J. (2003). *Perspectivas para la Industria Maquiladora: 2003–2007. Un Camino Lento Hacia el Crecimiento*, CIV Junta Cuatrimestral Macroeconómica, CIMEX-WEFA, Global Insight, marzo.
- Christopher, M., y Towill, D. R. (2000). Supply chain migration from lean and functional to agile and customized. *Supply Chain Management: An International Journal*, 5(4), 206-213.
- Coffey, D., y Thornley, C. (2006). Automation, motivation, and lean production reconsidered. *Assembly Automation*.
- Contreras, O. (2000). *Empresas Globales, Actores Locales: Producción Flexible y Aprendizaje Industrial en las Maquiladoras* (Centro de Estudios Sociológicos, El Colegio de México, México).
- Contreras, O. Carrillo, J. y Olea, J. (2007). *Managing. Health and Safety in Small-and-Medium Size Firms in the Maquiladoras: The Role of Mexican Public Policy*. Paper presented at International Conference What Public Policy for Work in a Global Era. CRIMT, HEC Montreal, May 24–26.
- Cooney, R. (2002). Is “lean” a universal production system? Batch production in the automotive industry. *International Journal of Operations y Production Management*.
- Coriat, B. (1988). *El taller y el cronómetro. Siglo XXI. México-1992*. Pensar al.
- Coriat, B. (2000). *Penar al revés. Trabajo y organización en la empresa japonesa. Siglo XXI*.
- Cua, K. O., McKone-Sweet, K. E., & Schroeder, R. G. (2006). Improving performance through an integrated manufacturing program. *Quality Management Journal*, 13(3), 45-60.
- Cunningham, W. V., y Maloney, W. F. (2016). Heterogeneity among Mexico’s microenterprises: An application of factor and cluster analysis. *Economic Development and Cultural Change*, 50(1), 131-156.
- Cusumano, M. A. (1985). *The Japanese automobile industry: Technology and management at Nissan and Toyota*.
- Cusumano, M. A. (1994). The limits of "Lean". *Sloan management review*, 35, 27-27.
- Dalley, J., y Hamilton, B. (2017). Knowledge, context and learning in the small business. *International Small Business Journal*, 18(3), 51-59.
- Dalle, P., Boniolo, P., Sautu, R. y Elbert, R. (2005). *Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. Buenos Aires: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Disponible en: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/gsd/collect/clacso/index/assoc/D1532.dir/sautu2.pdf>

- Dankbaar, B. (1997). Lean production: denial, confirmation or extension of sociotechnical systems design? *Human relations*, 50(5), 567-583.
- De Carlo, F., y Richardson-Simioli, G., (2018). Lean Production and World Class Manufacturing: A Comparative Study of the Two Most Important Production Strategies of Recent Times. *Int J Ind Operations Res* 1:001.
- De la Garza, E. (2005). Modelos de producción en la maquiladora de exportación. México: Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Iztapalapa–Plaza y Valdés.
- De la O, M. y Quintero, C. (2002). Globalización, trabajo y maquilas: las nuevas y viejas fronteras de México. México: Plaza y Valdés.
- Delbridge, R., Turnbull, P., y Wilkinson, B. (1992). Pushing back the frontiers: management control and work intensification under JIT/TQM factory regimes. *New Technology, work, and employment*, 7(2), 97-106.
- De Toni, A., y Tonchia, S. (2001). Performance measurement systems-models, characteristics and measures. *International journal of operations y production management*.
- Dieste, M., Panizzolo, R., y Garza-Reyes, J. A. (2020). Evaluating the impact of lean practices on environmental performance: evidence from five manufacturing companies. *Production Planning & Control*, 31(9), 739-756.
- Dillon, A. P., y Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*. CRC Press.
- Dobb, Maurice (1985). *Teorías de valor y la Distribución desde Adam Smith. Ideología y teoría económica*.
- Doolen, T. L., y Hacker, M. E. (2005). A review of lean assessment in organizations: an exploratory study of lean practices by electronics manufacturers. *Journal of Manufacturing systems*, 24(1), 55-67.
- Dora, M., Kumar, M., Van Goubergen, D., Molnar, A., y Gellynck, X. (2013). Operational performance and critical success factors of lean manufacturing in European food processing SMEs. *Trends in food science & technology*, 31(2), 156-164.
- Dussel Peters, E. (2003). Características de las actividades generadoras de empleo en la economía mexicana (1988-2000). *Investigación económica*, 63(243), 123-154.
- Dutrenit, G. y Vera-Cruz, A. (2004). *La IED y las Capacidades de Innovación Desarrollo Locales: Lecciones del Estudio de los Casos de la Maquiladora Automotriz y Electrónica en Ciudad Juárez, CEPAL, LC/MEX/L.604*, México.
- Eaton, W. M., Brasier, K. J., Burbach, M. E., Whitmer, W., Engle, E. W., Burnham, M., ... y Weigle, J. (2021). A conceptual framework for social, behavioral, and environmental change through stakeholder engagement in water resource management. *Society y Natural Resources*, 34(8), 1111-1132.
- Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (2019). *Distribución geográfica de la industria aeroespacial en México* recuperado de <https://femiamx.com/#!/-inicio-4-2/>
- Fullerton, R. R., y Wempe, W. F. (2009). Lean manufacturing, non-financial performance

- measures, and financial performance. *International journal of operations y production management*.
- Flynn, B. B., Sakakibara, S., y Schroeder, R. G. (1995). Relationship between JIT and TQM: practices and performance. *Academy of management Journal*, 38(5), 1325-1360.
- Fujimoto, T. (1999). *The evolution of a manufacturing system at Toyota*. Oxford university press.
- Furlan, A., Vinelli, A., y Dal Pont, G. (2011). Complementarity and lean manufacturing bundles: an empirical analysis. *International Journal of Operations y Production Management*.
- García, J. M., Garcia Osma, B., y Mora, A. (2005). The effect of earnings management on the asymmetric timeliness of earnings. *Journal of Business Finance y Accounting*, 32(3-4), 691-726.
- Gallardo, Anahi (2014). Nuevas formas de organización frente a la reestructuración productiva. *Empresa y la crisis actual en México*. Editorial Gestión y Estrategia p25.
- Gil-Vilda, F., Yagüe-Fabra, J. A., y Sunyer, A. (2021). From Lean Production to Lean 4.0: A Systematic Literature Review with a Historical Perspective. *Applied Sciences*, 11(21), 10318. MDPI AG.
- Gurumurthy, A., y Kodali, R. (2009). Application of benchmarking for assessing the lean manufacturing implementation. *Benchmarking: An International Journal*, 16(2), 274-308.
- Hall, R. W., y Hall, R. A. (1983). *Zero inventories*. Irwin Professional Pub.
- Hallgren, M., & Olhager, J. (2009). Lean and agile manufacturing: external and internal drivers and performance outcomes. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(10), 976-999.
- Hannan, M. T., y Freeman, J. (1977). The population ecology of organizations. *American journal of sociology*, 82(5), 929-964.
- Harrison, B. (1994). The dark side of flexible production. *National Productivity Review*, 13(4), 479-501.
- Hair, J. F. (2009). *Multivariate data analysis*.
- Hamde, K. (2002). Teamwork: fashion or institution? *Economic and Industrial Democracy*, 23(3), 389-420.
- Hardy, C., y Phillips, N. (2004). Discourse and power. *The Sage handbook of organizational discourse*, 299, 316.
- Haque, B. y James-Moore, M. (2010). Applying lean thinking to new product introduction. *Journal of Engineering Design*, 15(1), 1-31.
- Hayes, R. H., y Pisano, G. P. (2004). Beyond world class: The new manufacturing strategy. *Harvard business review*, 72(1), 77-86.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4, pp. 310-386). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Henao, R., Sarache, W., y Gómez, I. (2019). Lean manufacturing and sustainable performance:

- Trends and future challenges. *Journal of cleaner production*, 208, 99-116.
- Hendrick, H. W., y Kleiner, B. M. (2001). *Macroergonomics: An introduction to work system design*. (No Title).
- Hines, P., Holweg, M., y Rich, N. (2014). Learning to evolve a review of contemporary lean thinking. *International journal of operations y production management*.
- Hines, P., Taylor, D., y Walsh, A. (2020). The Lean journey: Do we have it wrong? *Total quality management y business excellence*, 31(3-4), 389-406.
- Hoffer, S. y Naeve, J. (2017). The application of Lean Management in higher education. *International Journal of Contemporary Management: IJCM*, 16(4), 63-80.
- Holweg, M. (2017). The genealogy of lean production. *Journal of operations management*, 25(2), 420-437.
- Holweg, M., Davies, J., De Meyer, A., Lawson, B., y Schmenner, R. W. (2018). *Process theory: The principles of operations management*. Oxford University Press.
- Hopp, W. J., y Spearman, M. L. (2004). To pull or not to pull: what is the question? *Manufacturing & service operations management*, 6(2), 133-148.
- Huberman, Leo (1982). *Los bienes terrenales del Hombre. Historia de la riqueza de las naciones. Nuestro Tiempo, México*,
- Huo, B., Gu, M., y Wang, Z. (2019). Green or lean? A supply chain approach to sustainable performance. *Journal of cleaner production*, 216, 152-166.
- Ichniowski, C., y Shaw, K. (2003). Beyond incentive pay: Insiders' estimates of the value of complementary human resource management practices. *Journal of Economic Perspectives*, 17(1), 155-180.
- Imai, M. (1986). *Kaizen (Vol. 201)*. New York: Random House Business Division.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (2016). *Estadísticas a propósito de la industria automotriz*. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825079963> [consultado el 23 de mayo de 2016]
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (2014). *Censos Económicos 2014. Sistema Automatizado de Información Censal (SAIC)*. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx › app › saic>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (2019). *Banco de Información Económica (BIE). Sector externo. Exportaciones según principales productos del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías*. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/comext/doc/descripcion.pdf>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (2019). *Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM)*. <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/486/download/17531>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (2019). *Encuesta Mensual sobre Empresas Comerciales (EMEC)*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/emec/2013/doc/cemec_2019.pdf

- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (2019). Encuesta Anual de Comercio (EAC). https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/eac/2010/doc/cuestionario_2017.pdf
- Jabbour, C. J. C., de Sousa Jabbour, A. B. L., Govindan, K., Teixeira, A. A., & de Souza Freitas, W. R. (2013). Environmental management and operational performance in automotive companies in Brazil: the role of human resource management and lean manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 47, 129-140.
- Jaca, C., Santos, J., Errasti, A., y Viles, E. (2018). Lean thinking with improvement teams in retail distribution: a case study. *Total Quality Management & Business Excellence*, 23(3-4), 449-465.
- Japan Management Association. (2018). *KANBAN: Y Just-in-time en Toyota*. Routledge.
- Jones, D. T. y Womack, J. P. (2016). The evolution of lean thinking and practice. *The Routledge companion to lean management*, 8, 3.
- Jurado Jurado, J. C., y de J García Estrada, R. (2021). Del empresario fundador al directivo asalariado: el surgimiento del administrador en occidente. *Innovar*, 31(79), 33-46.
- Kahn, J. H. (2006). Factor analysis in Counseling Psychology research, training and practice: Principles, advances and applications. *The Counseling Psychologist*, 34, 1-36.
- Karim, A., y Arif-Uz-Zaman, K. (2013). A method for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*.
- Kieser, A. (1997). Rhetoric and myth in management fashion. *Organization*, 4(1), 49-74.
- Karlsson, C., y Ahlstrom, P. (1996). Assessing changes towards lean production. *International Journal of Operations y Production Management*.
- Kearney, C., & Morris, M. H. (2015). Strategic renewal as a mediator of environmental effects on public sector performance. *Small Business Economics*, 45, 425-445.
- Khadse, P. B., Sarode, A. D., y Wasu, R. (2013). Lean manufacturing in Indian industries a review. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 3(1), 175-181.
- Khanchanapong, T., Prajogo, D., Sohal, A. S., Cooper, B. K., Yeung, A. C., y Cheng, T. C. E. (2014). The unique and complementary effects of manufacturing technologies and lean practices on manufacturing operational performance. *International journal of production economics*, 153, 191-
- Knights, D., y Morgan, G. (1991). Corporate strategy, organizations, and subjectivity: A critique. *Organization studies*, 12(2), 251-273.
- Koido, A. (1992). "Between Two Forces of Restructuring: U.S. Japanese Competition and the Transformation of Mexico's Maquiladora Industry", PhD Dissertation, The John Hopkins University, Baltimore, Maryland.
- Kopinak, K. (1993). The maquiladorization of the Mexican economy. In *The political economy of North American, free trade* (pp. 141-161). Palgrave Macmillan, London.
- Kopinak, K. (1996). Household, gender and migration in Mexican maquiladoras: the case of Nogales. *International Migration Review*, 30(1_suppl), 214-228.

- Kopinak, K., y Soriano Miras, R. M. (2013). Types of migration enabled by maquiladoras in Baja California, Mexico: The importance of commuting. *Journal of Borderlands Studies*, 28(1), 75-91.
- Kotter, J. P. (2018). *Leading change*. Harvard business press.
- Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the lean production system. *Sloan management review*, 30(1), 41-52.
- Kumar, A., y Mitra, S. (2017). A Review on Lean Manufacturing Implementation Tools. *Journal of Industrial Engineering and Advances*, 2(2), 1-27.
- Kumar, R., y Kumar, V. (2015). Lean manufacturing in Indian context: A survey. *Management Science Letters*, 5(4), 321-330.
- LaClair, J. A., y Rao, R. P. (2020). Helping employees embrace change. (Current Research). *The McKinsey Quarterly*, 17-22.
- Lara, A. (1998) *Aprendizaje Tecnológico y Mercado de Trabajo en las Maquiladoras Japonesas* (Ed. Miguel Ángel Porrúa UAM, México).
- Lara, A. (2003). Packard Electric/Delphi and the Birth of the Autopart Cluster: The Case of Chihuahua, México. *International Journal of Urban and Regional Research* 26(4), 785–798.
- Lara, A., Trujano, G. y García, A. (2005), ‘Producción Modular y Coordinación en el Sector de Autopartes en México. El Caso de la Red de Plantas de Lear Corporation. Región y Sociedad 17(32), Colegio de Sonora, Sonora, México.
- Lara Enríquez, B. E., y Velázquez Contreras, L. (1993). Estructura industrial y características de operación de la manufactura sonoreense.
- Lawrence, J. J., y Hottenstein, M. P. (1995). The relationship between JIT manufacturing and performance in Mexican plants affiliated with US companies. *Journal of operations Management*, 13(1), 3-18.
- León, H. C. M., y Farris, J. A. (2011). Lean product development research: Current state and future directions. *Engineering Management Journal*, 23(1), 29-51.
- Lian, Y. H., y Van Landeghem, H. (2007). Analysing the effects of Lean manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator. *International Journal of Production Research*, 45(13), 3037-3058.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Liker, J., y Convis, G. L. (2011). *The Toyota way to lean leadership: Achieving and sustaining excellence through leadership development*. McGraw-Hill Education.
- Lillrank, P. (1995). The transfer of management innovations from Japan. *Organization studies*, 16(6), 971-989.
- Losonci, D., Demeter, K., y Jenei, I. (2011). Factors influencing employee perceptions in lean transformations. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 30-43.
- MacDuffie, J. P. (1995). Human resource bundles and manufacturing performance: Organizational logic and flexible production systems in the world auto industry. *ilr*

- Review, 48(2), 197-221.
- Mantoux, P. (1962). La revolución industrial en el siglo XVIII: ensayo sobre los comienzos de la gran industria moderna en Inglaterra. Prefacio de TS Ashton (No. 301.15/M29rE).
- Marodin, G. A., Frank, A. G., Tortorella, G. L., y Saurin, T. A. (2016). Contextual factors and lean production implementation in the Brazilian automotive supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(4), 417-432.
- Marodin, G. A., y Saurin, T. A. (2013). Implementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies. *International Journal of Production Research*, 51(22), 6663-6680.
- Marvel, J. H., y Standridge, C. R. (2019). Simulation-enhanced lean design process. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2(1), 90-113.
- Masaaki, I. (1986). *Kaizen: The key to Japan's competitive success*. McGraw-Hill/Irwin.
- Matyusz, Z., Demeter, K., y Szász, L. (2015). Size as a contingency factor exploring the effect of size on the use and performance impact of manufacturing practices.
- McLachlin, R. (1997). Management initiatives and just-in-time manufacturing. *Journal of Operations management*, 15(4), 271-292.
- McIvor, R. (2001). Lean supply: the design and cost reduction dimensions. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7(4), 227-242.
- Melton, T. (2004). to lean or not to lean? (That is the question). *The Chemical Engineer*, 759, 34-37.
- Melton, T. (2015). the benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries. *Chemical engineering research and design*, 83(6), 662-673.
- Metternich, J.; Müller, M.; Meudt, T.; Schaede, C. Lean 4.0—Zwischen Widerspruch und Vision. *ZWF* 2017, 112, 346–348
- Midor, K. (2014). An analysis of the causes of product defects using quality management tools. *Management Systems in Production Engineering*.
- Miranda, A. V. (2007). La industria automotriz en México: Antecedentes, situación actual y perspectivas. *Contaduría y administración*, (221), 209-246.
- Moeuf, A., Tamayo, S., Lamouri, S., Pellerin, R., y Lelievre, A. (2016). Strengths and weaknesses of small and medium sized enterprises regarding the implementation of lean manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 71-76.
- Monden, Y. (1981). What makes the Toyota production system really tick. *Industrial Engineering*, 13(1), 36.
- Monden, Y. (1983). *Toyota Production System: Practical Approach to Production Management*. Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineers,
- Monden, Y. (2011). *Toyota production system: an integrated approach to just in time*. CRC Press.
- Moreda, P. (2020). 4ta. Revolución Industrial: Industria 4.0. Cátedra Proyecto Integral de

Plantas. Universidad nacional de La Plata. Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecanicab

- Morris, M. H., y Zahra, S. (2015). Adaptation of the business concept over time: The case of historically disadvantaged South African owner/managers. *Journal of Small Business Management*, 38(1), 92-100.
- Mostafa, S., Dumrak, J., y Soltan, H. (2018). A framework for lean manufacturing implementation. *Production y Manufacturing Research*, 1(1), 44-64.
- Moeuf, A., Tamayo, S., Lamouri, S., Pellerin, R., y Lelievre, A. (2016). Strengths and weaknesses of small and medium sized enterprises regarding the implementation of lean manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 71-76.
- Moyano-Fuentes, J., y Sacristán-Díaz, M. (2012). Learning on lean: a review of thinking and research. *International Journal of Operations & Production Management*, 32(5), 551-582.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: total productive maintenance*. (Translation). Productivity Press, Inc., 1988, 129.
- Narayanamurthy, G., y Gurumurthy, A. (2016). Leanness assessment: a literature review. *International Journal of Operations y Production Management*.
- Nawanir, G., Kong Teong, L., y Norezam Othman, S. (2013). Impact of lean practices on operations performance and business performance: some evidence from Indonesian manufacturing companies. *Journal of manufacturing technology management*, 24(7), 1019-1050.
- Negrão, L. L. L., Godinho Filho, M., y Marodin, G. (2017). Lean practices and their effect on performance: a literature review. *Production Planning y Control*, 28(1), 33-56.
- Ohno, T. I. (1978). *Toyota seisan hoshiki: datsu-kibo no keiei o mezashite*. DiamondYsha, Tokyo.
- Ohno, T. (2018). *El sistema de producción Toyota: más allá de la producción a gran escala*. Routledge.
- Ohno, T. (2019). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity press.
- Oliver, S. P. (2011). *Metodología de la investigación social*. Librería-Editorial Dykinson.
- Organización Internacional de Constructores de Automóviles
- Palomares, L. y Mertens, L. (1985). El Surgimiento de un Nuevo tipo de Trabajador en la Industria de alta tecnología. El caso de la electrónica, in E. Gutiérrez (ed.), *Reestructuración Productiva y Clase Obrera (Siglo XXI, México)*, pp. 170–198.
- Panizzolo, R., Garengo, P., Sharma, M. K., y Gore, A. (2012). Lean manufacturing in developing countries: evidence from Indian SMEs. *Production Planning & Control*, 23(10-11).
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K., y Jambekar, A. B. (2018). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 41(13), 3075-3090.

- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: some conceptual and practical issues. *The TQM journals*.
- Pirraglia, A., Saloni, D., y Van Dyk, H. (2009). Status of lean manufacturing implementation on secondary wood industries including residential, cabinet, millwork, and panel markets. *BioResources*, 4(4).
- Porter, M. E. (2015). *Estrategia competitiva: prácticas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. Grupo Editorial Patria.
- Pramila Gamage, Nihal, P. Jayamaha, Nigel P. Grigg. (2017) Acceptance of Taguchi's Quality Philosophy and Practice. *Total Quality Management Y Business Excellence* 28:11-12, pages 1322-1338.
- Rahani, A. R., y Al-Ashraf, M. (2012). Production flow analysis through value stream mapping: a lean manufacturing process case study. *Procedia Engineering*, 41, 1727-1734.
- Rahman, S., Laosirihongthong, T., y Sohal, A. S. (2010). Impact of lean strategy on operational performance: a study of Thai manufacturing companies. *Journal of manufacturing technology management*, 21(7), 839-852.
- Ramírez, J. C. (1996). La nueva fuerza de trabajo en México: equipos de trabajo y eficiencia en las plantas automotrices de exportación. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 263-290.
- Ramírez, J. C. (1999). Los nuevos factores de localización industrial en México. La experiencia de los complejos automotrices de exportación en el norte. *Economía Mexicana Nueva Época*, volumen VIII, número 1, 1er semestre de 1999, pp 105-147.
- Ramírez, J. C., y Unger, K. (1997). Las grandes industrias ante la reestructuración. Una evaluación de las estrategias competitivas de las empresas líderes en México. *Foro Internacional*, 37(2 (148), 293-318.
- Reyes-Aguilar, P. (2002). Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. *Contaduría y administración*, (205), 51-69.
- Repenning, N. P., Sterman, J. D. (2001). Nobody ever gets credit for fixing problems that never happened: creating and sustaining process improvement. *California management review*, 43(4), 64-88.
- Rinehart, J., Huxley, C., & Robertson, D. (2018). *Just another car factory? Lean production and its discontents*. Cornell University Press.
- Rivera, L., y Chen, F. F. (2007). Measuring the impact of Lean tools on the cost–time investment of a product using cost–time profiles. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23(6), 684-689.
- Roa, M. (marzo 27, 2023). China siguió encabezando la producción mundial de vehículos en 2022 [Imagen digital]. Recuperado el 21 de agosto de 2023, de <https://es.statista.com/grafico/29576/principales-paises-productores-del-sector-de-la-automocion-segun-el-numero-de-vehiculos-fabricados/>
- Rocha-Lona, L., Garza-Reyes, J. A., y Kumar, V. (2013). *Building quality management systems: selecting the right methods and tools*. CRC press.

- Romme, A. G. L. (2003). Making a difference: Organization as design. *Organization science*, 14(5), 558-573.
- Rothaermel, F. T. (2016). *Competitive advantage in technology intensive industries. In Technological innovation: Generating economic results*. Emerald Group Publishing Limited.
- Rue, L. W., y Ibrahim, N. A. (1998). The relationship between planning sophistication and performance in small businesses. *Journal of small business management*, 36(4), 24.
- Rüttimann BG yStöckli MT (2016) Lean and Industry 4.0-twins, partners, or contenders? a dueclarification regarding the supposed clash of two production systems. *J Serv Sci Manag* 9: 485–500
- Sakakibara, S., Flynn, B. B., Schroeder, R. G., y Morris, W. T. (1997). The impact of just-in-time manufacturing and its infrastructure on manufacturing performance. *Management Science*, 43(9), 1246-1257.
- Samuel, D., Found, P., y Williams, S. J. (2015). How did the publication of the book *The Machine That Changed the World* change management thinking? Exploring 25 years of lean literature. *International Journal of Operations y Production Management*.
- Sandoval-Godoy, S. A. (2003). Hibridación social: un modelo conceptual para el análisis de la región y el territorio. *Región y sociedad*, 15(28), 47-80.
- Sandoval-Godoy, S. A., y Wong-González, P. (2005). Especialización regional, integración de proveedores e impactos locales: El nuevo proyecto de expansión de Ford-Hermosillo. *Región y sociedad*, 17(33), 3-32.
- Sarhan, J., Xia, B., Fawzia, S., Karim, A., y Olanipekun, A. (2018). Barriers to implementing lean construction practices in the Kingdom of Saudi Arabia (KSA) construction industry. *Construction Innovation*, 18(2), 246-272.
- Sarhan, S., y Fox, A. (2013). Barriers to implementing lean construction in the UK construction industry. *The Built y Human Environment Review*.
- Saurin, T. A., Marodin, G. A., y Ribeiro, J. L. D. (2011). A framework for assessing the use of lean production practices in manufacturing cells. *International Journal of Production Research*, 49(11), 3211-3230.
- Seth, D., y Gupta, V. (2005). Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study. *Production Planning & Control*, 16(1), 44-59.
- Scherrer-Rathje, M., Boyle, T. A., y Deflorin, P. (2009). Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation. *Business horizons*, 52(1), 79-88.
- Schmenner, R. W. (2015). The Pursuit of Productivity. *Production and Operations Management* 24(2), pp. 341–350,
- Schmenner, R. W., y Swink, M. L. (1998). On theory in operations management. *Journal of operations management*, 17(1), 97-113.
- Schonberger, R. J., y Ebrahimpour, M. (1984). The Japanese Just-in-Time/Total Quality control production system: potential for developing countries. *International Journal of*

- Production Research, 22(3), 421-30.
- Schonberger, R., y Schonberger, R. T. (1982). Japanese manufacturing techniques: Nine hidden lessons in simplicity. Simon and Schuster.
- Schouteten, R., y Benders, J. (2017). Lean production assessed by Karasek's job demand–job control model. *Economic and Industrial Democracy*, 25(3), 347-373.
- Searcy, D. L. (2009). Developing a lean performance score: here's a way to track the progress of your lean journey. *Strategic Finance*, 91(3), 34-40.
- Serrano Lasa, I., Castro, R. D., y Laburu, C. O. (2009). Extent of the use of Lean concepts proposed for a value stream mapping application. *Production Planning & Control*, 20(1), 82-98.
- Shah, R., y Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of operations management*, 21(2), 129-149.
- Shah, R., y Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of operations management*, 25(4), 785-805.
- Shaiken, H. (1991). The Universal Motors assembly and stamping plant; transferring high-tech production to Mexico. *Columbia Journal of World Business*, 26(2), 124-138.
- Shaiken, H. y Browne, H. (1991). Japanese Work Organization in Mexico, in. Szekely (ed.), *Manufacturing Across Borders and Oceans: Japan, the United States and Mexico* (Center of the USA-Mexican Studies, University of California, San Diego), pp. 25–50.
- Sheridan, J. H. (2004). Growing with Lean. *Industry Week*, December 21, 2004. Retrieved from <http://www.industryweek.com/Lean-six-sigma/growing-Lean>
- Shimada, H. y MacDuffie, J.P. (1986). *Industrial Relations and Human ware; Working Paper; Sloan School of Management: Cambridge, MA, USA,*
- Shingo, S. (1985). *Una revolución en la producción: el sistema SMED. 2ª.* Tokio.
- Shingo, S. (1988). *Non-stock production: the Shingo system of continuous improvement.* CRC Press.
- Shingo, S., y Robinson, A. (2017). *Modern Approaches to Manufacturing Improvement: The Shingo System: The Shingo System.* Routledge.
- Sibatrova SV y Vishnevskiy KO (2016) Present and future of the production: integrating lean management into corporate foresight, Working Paper, National Research University Higher School of Economics.
- Silvers, R. (1988). *A Pause on the Path.*
- Sim, K. L., y Rogers, J. W. (2008). Implementing lean production systems: barriers to change. *Management research news*, 32(1), 37-49.
- Sohal, A. S., y Egglestone, A. (1994) *Lean Production: Experience among Australian Organizations.* *International Journal of Operations and Production Management.*
- Soriano-Meier, H., y Forrester, P. L. (2002). A model for evaluating the degree of leanness of manufacturing firms. *Integrated manufacturing systems*, 13(2), 104-109.

- Spear, S., y Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota production system. *Harvard business review*, 77, 96-108.
- Strang, D, y Kim, Y.M. (2005). The diffusion and domestication of managerial innovations.
- Stone, K. B. (2012). Four decades of lean: a systematic literature review. *International journal of lean six sigma*.
- Suarez Barraza, M. F., Smith, T., y Mi Dahlgaard-Park, S. (2019). Lean-kaizen public service: an empirical approach in Spanish local governments. *The TQM Journal*, 21(2), 143-167.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., y Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just in time and rePEct-for-human system. *The international journal of production research*, 15(6), 553-564
- Swink, M., y Song, M. (2007). Effects of marketing-manufacturing integration on new product development time and competitive advantage. *Journal of operations management*, 25(1), 203-217.
- Taj, S., y Morosan, C. (2011). The impact of lean operations on the Chinese manufacturing performance. *Journal of manufacturing technology management*, 22(2), 223-240.
- Taylor, D. H., Taylor, D., y Brunt, D. (2001). *Manufacturing operations and supply chain management: the lean approach*. Cengage Learning EMEA.
- Taylor, F. W., y Fayol, H. (1973). *Principios de administración científica* (No. T58 T3e 1973). Buenos Aires: El Ateneo.
- Tejada, G., Cruz, J., Uribe, Y., y Rios, J. (2019). Innovación tecnológica: Reflexiones teóricas. *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 24, núm. 85. Universidad del Zulia.
- Thun, J. H., Drüke, M., & Grübner, A. (2010). Empowering Kanban through TPS-principles— an empirical analysis of the Toyota Production System. *International Journal of Production Research*, 48(23), 7089-7106.
- Toledo, J. C., Gonzalez, R. V. D., Lizarelli, F. L., y Pelegrino, R. A. (2019). Lean production system development through leadership practices. *Management Decision*.
- Toyota Motor Corporation (1996). *The Toyota Production System*. Toyota Motor Corporation, International Public Affairs Division, Tokyo-
- Turesky, E. F., y Connell, P. (2010). Off the rails: understanding the derailment of a lean manufacturing initiative. *Organization Management Journal*, 7(2), 110-132.
- Unger, K., y Chico, R. (2004). La industria automotriz en tres regiones de México. Un análisis de clusters. *El trimestre económico*, 909-941.
- Vinodh, S., y Vimal, K. E. K. (2012). Thirty criteria-based leanness assessment using fuzzy logic approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 60, 1185-1195.
- Wan, H. D., y Frank Chen, F. (2008). A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives. *International journal of production research*, 46(23), 6567-6584.

- Wheel Wright, S. C. (1984). Manufacturing strategy: defining the missing link. *Strategic management journal*, 5(1), 77-91.
- Wickramasinghe, D. y Wickramasinghe, V. (2011). Differences in Organizational Factors by Lean Duration. *Oper Manag Res*, 3-4(4), 111-126.
- Wickramasinghe, G. L. D., y Wickramasinghe, V. (2017). Implementation of lean production practices and manufacturing performance: the role of lean duration. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(4), 531-550.
- Womack, J. P., y Jones, D. T. (1996). Beyond Toyota: How to root out waste and pursue perfection. *Harvard business review*, 74(5), 140-151.
- Womack, J. P., y Jones, D. T. (2003). Banish waste and create wealth in your corporation. Recuperado de http://www.kvimis.co.in/sites/kvimis.co.in/files/ebook_attachments/James, 56.
- Womack, J. P., y Jones, D. T. (2015). *Lean solutions: how companies and customers can create value and wealth together*. Simon and Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., y Roos, D. (2017). *La máquina que cambió el mundo: La historia de la Produccion Lean, el arma secreta de Toyota que revolucionó la industria mundial del automóvil*. Profit Editorial.
- Wong González, P. (1997). *La paradoja regional y regionalismos emergentes en México: entre la globalización y el centralismo*.
- Youndt, M. A., Snell, S. A., Dean Jr, J. W., y Lepak, D. P. (1996). Human resource management, manufacturing strategy, and firm performance. *Academy of management Journal*, 39(4), 836-866
- Zbaracki, M. J. (1994). *The rhetoric and reality of total quality management* (Doctoral dissertation, Stanford University).

10. ANEXOS

10.1. Cuestionario



Centro de Investigación
en Alimentación y Desarrollo

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del proyecto: La adopción de prácticas de Producción Esbelta en las industrias del Estado de Sonora

Responsable del proyecto: Roldán Piña Domínguez: estudiante del Doctorado en Desarrollo Regional, en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C (CIAD).

Dirección de correo electrónico: roldan.pina@estudiantes.ciad.mx.

La presente es para solicitarle su valiosa participación en la encuesta sobre “La adopción de prácticas de manufactura esbelta en las industrias del Estado de Sonora”. Esta encuesta está dirigida a una muestra de empresas industriales en los principales municipios de la entidad y su objetivo es integrar información actualizada y directa sobre el proceso de difusión de nuevas tecnologías productivas en las empresas locales.

Procedimiento y duración: La aplicación será por medio de correo electrónico, bajo un formato sumamente sencillo. Una vez firmado este formato, el responsable del proyecto le enviará el cuestionario para que este sea respondido de manera anónima e individual. El cuestionario no tiene límite de tiempo para ser contestado con duración aproximada de 15 minutos.

1. **Riesgos potenciales:** Ninguno.
2. **Incentivos/compensación:** Ninguno.
3. **Beneficios para los participantes:** La información que nos proporciones será utilizada para determinar que prácticas han sido adoptadas, los beneficios que se obtienen por la adopción, así como los principales obstáculos para la adopción en empresas maquiladoras ubicadas en la región.
4. **Derecho a rechazar la participación en la investigación:** Su participación en el estudio es voluntaria, por lo tanto, tiene el derecho de negarse a participar.
5. **Aseguramiento de la privacidad y confidencialidad:** La información que nos proporcione será utilizada estrictamente con fines académicos y manejada con absoluta confidencialidad. El formato del cuestionario no incluye nombre de los participantes ni de las empresas. Las respuestas serán reportadas de forma grupal y no de forma individual, por lo que, ninguna empresa podrá ser identificable en los informes de resultados.

6. **Información adicional:** En caso de requerir información adicional sobre alguno de los puntos anteriores o sobre la investigación, favor de comunicarse con el estudiante Roldán Piña Domínguez al correo electrónico: roldan.pina@estudiantes.ciad.mx
-

Responsable del proyecto:

Nombre: Roldán Piña Domínguez. **Firma:**

Fecha: _____ / _____ /2018.

Firma del participante: Al firmar este documento estoy indicando que he leído el contenido del mismo, que he tenido la oportunidad de discutir cualquier preocupación y cualquier pregunta acerca de la investigación, y que entiendo los riesgos y consecuencias de participar en este estudio.

Firma: _____

Parte 1. La siguiente encuesta tiene como propósito medir el grado en que diversas prácticas de Producción Esbelta. han sido adoptadas y son actualmente utilizadas dentro de su empresa. Utilizando una escala de respuestas; donde 1 = cero adopción, 2 = baja adopción, 3 = media adopción, 4 = alta adopción, 5 = completa adopción: indique, por favor, basado en su percepción, la respuesta que más describa la *situación* actual, en cuanto a la implementación de las prácticas y técnicas que a continuación se describen. El presente no es una prueba de conocimientos, por lo que no hay respuestas buenas ni respuestas malas. De igual forma, le recordamos que las respuestas que nos proporcione serán utilizadas estrictamente con fines académicos, por lo que puede usted contestar de la manera más honesta. Su participación es muy valiosa para nosotros. Gracias.

Prácticas de PE	Respuestas				
	cero adopción	baja adopción	media adopción	alta adopción	completa adopción
Entregas a tiempo	1	2	3	4	5
Balanceo de líneas	1	2	3	4	5
Producción Nivelada (Heijunka)	1	2	3	4	5
Reducción de Lead/Cycle Time	1	2	3	4	5
Sistema Pull o kanban	1	2	3	4	5
Producción flexible	1	2	3	4	5
Lot sizing (One piece flow)	1	2	3	4	5
Cambios rápidos (SMED)	1	2	3	4	5

Círculos de calidad	1	2	3	4	5
Adherencia al plan	1	2	3	4	5
Control visual (andón)	1	2	3	4	5
Calidad Total (TQM)	1	2	3	4	5
Flujo continuo	1	2	3	4	5
Mantenimiento preventivo	1	2	3	4	5
OEE	1	2	3	4	5
Poka Yoke	1	2	3	4	5
Satisfacción del cliente	1	2	3	4	5
Ideas de Mejora Continua/PDCA	1	2	3	4	5
Formación y Capacitación	1	2	3	4	5
Involucramiento de los empleados	1	2	3	4	5
Comunicación (Hoshin Kanri)	1	2	3	4	5
Equipos para la solución de problemas	1	2	3	4	5
Equipos funcionales cruzados	1	2	3	4	5
5 S's	1	2	3	4	5
Seguridad en el área de trabajo	1	2	3	4	5
Trabajo estandarizado	1	2	3	4	5
Cambios de layout	1	2	3	4	5
Mantenimiento autónomo	1	2	3	4	5
Celdas de Trabajo	1	2	3	4	5
Tiempo de entrega (Lead Time)	1	2	3	4	5

Parte 2. La siguiente sección del cuestionario tiene como propósito identificar los principales beneficios esperados por la adopción de las prácticas de Producción Esbelta incluidas en la sección anterior del cuestionario. Utilizando una escala de respuestas; donde 1 = nada de acuerdo, 2 = ligeramente de acuerdo, 3 = medianamente de acuerdo, 4 = altamente de acuerdo, 5 = completamente de acuerdo, indique, por favor, basado en su percepción, la respuesta que más describa los beneficios obtenidos por la adopción de prácticas del modelo esbelto. El presente no es una prueba de conocimientos, por lo que no hay respuestas buenas ni respuestas malas. De igual forma, le recordamos que las respuestas que nos proporcione serán utilizadas estrictamente con fines académicos, por lo que puede usted contestar de la manera más honesta. Su participación es muy valiosa para nosotros. Gracias.

Beneficios esperados	Respuestas				
	Nada de acuerdo	Ligeramente de acuerdo	Medianamente de acuerdo	Altamente de acuerdo	Completamente de acuerdo
Mejora en entregas a tiempo	1	2	3	4	5
Reducción de tiempos muertos	1	2	3	4	5
Mejora en percepción del cliente	1	2	3	4	5
Mejoras en lineamientos legales	1	2	3	4	5
Reducción de quejas de calidad	1	2	3	4	5
Aumento flexibilidad de producción	1	2	3	4	5
Mejora en eficiencia (OEE)	1	2	3	4	5
Disponibilidad de materiales	1	2	3	4	5
Mejor flujo de información e insumos	1	2	3	4	5
Reducción de Scrap	1	2	3	4	5
Reducción de inventarios	1	2	3	4	5
Disminución de retrabajos	1	2	3	4	5
Reducción de paros de línea	1	2	3	4	5
Incremento en productividad	1	2	3	4	5
Reducción costos por garantías al cliente	1	2	3	4	5
Disponibilidad flujo de efectivo	1	2	3	4	5
Reducción de mano de obra	1	2	3	4	5
Reducción de huella ecológica	1	2	3	4	5
Reducción de material auxiliar	1	2	3	4	5
Reducción de costos en equipo	1	2	3	4	5
Reducción gastos de distribución y entregas	1	2	3	4	5
Aumento en Ideas de Mejoras	1	2	3	4	5
Personal polivalente y autónomo	1	2	3	4	5

Reducción de accidentes	1	2	3	4	5
Seguridad en el área de trabajo	1	2	3	4	5
Reducción de prácticas inseguras	1	2	3	4	5
Aumento de habilidades	1	2	3	4	5
Empleados comprometidos con la calidad	1	2	3	4	5

Parte 3. La siguiente sección del cuestionario tiene como propósito identificar los principales obstáculos asociados a la adopción de las prácticas de Producción Esbelta Utilizando una escala de respuestas; donde 1 = nada de acuerdo, 2 = ligeramente de acuerdo, 3 = medianamente de acuerdo, 4 = altamente de acuerdo, 5 = completamente de acuerdo, indique, por favor, basado en su percepción, la respuesta que más describa los obstáculos asociados por la adopción de prácticas del modelo esbelto. El presente no es una prueba de conocimientos, por lo que no hay respuestas buenas ni respuestas malas. De igual forma, le recordamos que las respuestas que nos proporcione serán utilizadas estrictamente con fines académicos, por lo que puede usted contestar de la manera más honesta. Su participación es muy valiosa para nosotros. Gracias.

Obstáculos asociados	Respuestas				
	Nada de acuerdo	Ligeramente de acuerdo	Medianamente de acuerdo	Altamente de acuerdo	Completamente de acuerdo
Falta de controles de calidad	1	2	3	4	5
Rutinas de la compañía	1	2	3	4	5
Falta de entrenamiento	1	2	3	4	5
Falta de conocimientos técnicos “know-how”	1	2	3	4	5
Conflictos con otros programas	1	2	3	4	5
Falta de visión holística y a largo plazo	1	2	3	4	5
No se reconocen beneficios inmediatos	1	2	3	4	5
Falta de comunicación efectiva	1	2	3	4	5

Falta de apoyo de la gerencia	1	2	3	4	5
Falta de estándares y procedimientos	1	2	3	4	5
Resistencia al cambio	1	2	3	4	5
Estilos de gestión	1	2	3	4	5
Consultores externos	1	2	3	4	5
Incapacidad para resolver problemas	1	2	3	4	5
Alta rotación de personal	1	2	3	4	5
Pobre desempeño de proveedores	1	2	3	4	5
Volatilidad de la demanda	1	2	3	4	5

10.2. Prueba de Confiabilidad del Instrumento

Este tipo de análisis identifica si existen errores en la medición mediante un coeficiente de confiabilidad estimado que oscila en un rango entre cero y uno, siendo los valores cercanos a uno los más confiables. Al medir la consistencia interna, se evalúa al mismo tiempo el grado de replicabilidad de esta, lo que indica que, si se repitiera la prueba n veces a la misma población, se obtendrían los mismos resultados. El alfa de Cronbach responde a la pregunta ¿Qué tan semejante es el conjunto de datos? La pregunta se responde con un coeficiente de cero a uno, donde valores menores a 0.5 se consideran inaceptable, mayor a 0.6 es cuestionable, mayor a 0.7 es aceptable, mayor a 0.8 es bueno y mayor a 0.9 es excelente. Los resultados del alfa de Cronbach de cada una de las escalas y del cuestionario completo con los datos de los 60 participantes se muestran en la tabla a continuación.

Cuadro 20. Análisis de confiabilidad

Sección	Reactivos	α de Chronbach
Nivel de adopción	31	0.781
Beneficios esperados	28	0.802
Obstáculos asociados	18	0.843
Cuestionario completo	77	0.839

Fuente: elaboración propia

Los resultados muestran una buena consistencia interna tanto en las escalas por separado como en conjunto, al incluirlas todas.

10.3. Descripción de las Prácticas Incluidas en el Cuestionario

Entregas a tiempo (OTD)

Es uno de los indicadores claves de desempeño (KPI), en lo que respecta a entregar un producto de calidad basado en el principio de satisfacción del cliente, dentro del modelo de PE. El indicador OTD mide el porcentaje de pedidos que se entregaron dentro del plazo informado por la empresa en el momento de la compra.

Balanceo de líneas

El balanceo de línea busca eficientar los procesos de producción en todos los sentidos. El objetivo principal corresponde a la igualación de los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso y el incremento de la eficiencia en general

Producción Nivelada (Heijunka)

Este término hace referencia a la herramienta utilizada para nivelar el mix y el volumen de producción mediante la distribución de tarjetas Kanban dentro del centro de trabajo utilizando intervalos fijos. Permite asegurar el nivelado de la producción de las diferentes categorías de productos fabricados. Es una herramienta de gestión visual para empleados. Cada una de las celdas representa la frecuencia de producción (o «ritmo»).

Reducción de Lead/Cycle Time

Este término hace referencia al establecimiento de un ritmo determinado de producción de

acuerdo al ritmo de la demanda del cliente. Se obtiene mediante la división del tiempo disponible de trabajo por la demanda del cliente

Sistema Pull o Kanban

Término japonés que hace referencia a un documento o tarjeta que se utiliza como señal de comunicación entre puestos de trabajo y advierte de una necesidad de fabricación, repuesto o transporte

Sistema de Producción flexible

Es la integración de los procesos de manufactura o ensamble, flujo de materiales e información, controlados por computadora. Un sistema de producción flexible es capaz de procesar una amplia familia de productos (con cierta similitud), por medio de un programa de control numérico en diferentes estaciones de trabajo.

Lot sizing (One piece flow)

Este término hace referencia al método de cálculo de lotes de fabricación basados en la demanda del cliente y la organización de la producción. Su objetivo principal es la producción de lotes lo más pequeños posibles con el mayor número de cambios posibles con el OEE objetivo.

Cambios rápidos (SMED)

Es una herramienta de Lean Manufacturing utilizada para reducir los cambios de referencia dentro de un entorno productivo. SMED (Single Minute Exchange of Die, o cambio de herramienta en una sola cifra de minuto)

Círculos de calidad

Un círculo de calidad es un grupo integrado por 4 o hasta 8 colaboradores de una empresa que trabajan en la misma área o departamento, horizontales para que las personas en niveles de dirección no influyan, que se reúne de manera regular para analizar el trabajo que se realiza. Con sus experiencias y puntos de vista encuentran soluciones a problemas relacionados con la calidad en el servicio, producción y desempeño en general

Adherencia al plan

Es posible alterar el volumen de producción, cambiando la cantidad de personas asignadas a la celda: Las celdas suelen ser semi-automatizadas, lo que permite a cada operador atender más de una máquina (de ahí la necesidad de que sean multifuncionales). Entonces, cuando los volúmenes de producción varían notablemente se puede variar la velocidad de una celda

asignando diferentes cantidades de personas, sin alterar los balances de línea ni desequilibrar las cargas de trabajo.

Control visual (andón)

La palabra andón, es un término japonés que significa “señal” o “linterna”, y es una alarma que indica, mediante una señal iluminada, un problema dentro de los flujos de calidad y control y el lugar de la producción y proceso donde se requiere la acción. Se utiliza para aplicar, a su vez, el principio de Jidoka en la PE. El Andon se activa a través de un botón, el cual detiene la producción de manera automática para que el equipo tenga tiempo de recopilar información, aplicar PDCA y analizar las causas y el origen que ha causado el problema para, posteriormente, aplicar una rápida solución.

Las señales luminosas son fácilmente visibles mediante un letrero, que también muestra el área de trabajo concreta donde ha surgido el problema.

El análisis del origen y frecuencia de los problemas forma parte del sistema de Toyota de mejora continua.

Calidad Total (TQM)

Este término hace referencia al enfoque del control de calidad para conseguir una producción con cero defectos. Parte del principio de que los errores se pueden evitar a través de una combinación de inspecciones y el uso de sistemas a prueba de errores o también llamado “Poka Yoke”

Flujo continuo

La creación de flujo es una de las ideas principales del pensamiento Lean. Se refiere a la producción estable y continua de piezas sin retrasos o interrupciones con el objetivo de proporcionar al cliente sólo lo que requiere.

Mantenimiento Preventivo

Este término hace referencia a las acciones o actividades realizadas por los operarios dirigidas a la prevención del mantenimiento y mejora de los equipos para la maximización del tiempo de funcionamiento de los equipos

OEE

El indicador OEE está indicado para mostrar la eficiencia de una máquina, conjunto de máquinas, plantas, etc. La eficiencia general de los equipos, OEE (Overall Equipment

Effectiveness o Eficiencia total de los Equipos) es uno de los conceptos fundamentales en la fabricación lean y un impulsor de rendimiento clave para cualquier planta de producción, unidad de producción, taller o estación individual.

Poka Yoke

Este término hace referencia al sistema utilizado para detener y prevenir errores en procesos de trabajo. Su objetivo principal es la producción de cero defectos.

Satisfacción del cliente

Permite desarrollar un entendimiento de los requerimientos del cliente, traduciéndolos en especificaciones de ingeniería y diseño de producto. Se especifican las técnicas que el cliente exige dentro de la producción y sus procesos. Se integran las exigencias del cliente especificando todos los recursos necesarios para el diseño y la elaboración del producto. De esta manera se planifican los recursos, maquinaria y procesos de trabajo dentro del área de producción. Esta es una de las herramientas principales de PE ya que, su objetivo es el reconocimiento de que el producto debe ser diseñado de forma eficaz desde sus inicios mediante innovación y tecnología disponible.

Formación y Capacitación

Fundamental para mantener la seguridad en el trabajo. Consiste en el desarrollo de habilidades y de empoderamiento de los empleados en las tareas que conforman su vida diaria. Implica compartir información e involucrar al empleado en las nuevas regulaciones vinculadas a su cargo, recordarle ciertos requisitos y sensibilizarle sobre los riesgos del trabajo, permitiéndole ganar independencia y mejorar su desempeño. Reduce inevitablemente el mal uso de equipos, el riesgo de accidentes y el número de paros laborales.

Ideas de MC/PDCA

Este término hace referencia a la metodología creada por Deming, con la finalidad de asegurar la mejora continua en cualquier actividad realizada.

También conocido por las siglas PDCA, que significan los siguiente:

- P(Plan): la primera fase establecerá los objetivos realistas contando con los procesos necesarios para la obtención de resultados acordes con lo planificado.
- D(Do): en la segunda fase implantaremos las acciones planificadas, preferiblemente, a gran escala. En caso de resolución de problemas, estos pueden ser resueltos por diferentes roles y responsabilidades.

- C(Check): en esta tercera fase mediremos la efectividad de los procesos y acciones implantadas o de las soluciones propuestas. Para realizar este control, se compararán los datos y especificaciones iniciales a mejorar evaluando el nivel de mejora y su eficacia.
- A(Act): en la cuarta fase modificaremos aquellos procesos que se requieran para alcanzar los objetivos propuestos inicialmente, aplicando mejoras en caso de ser necesario.
Dentro de este proceso, debemos evaluar el impacto que estas mejoras causarán a otros aspectos del proceso como, por ejemplo, la calidad, seguridad, maquinaria, etc

Involucramiento de los empleados

Es el hecho de delegar poder, autoridad y responsabilidad a los subordinados o asociados y de conferirles el sentimiento de que son dueños de su propio trabajo. Además, es una práctica que provee los elementos para fortalecer los procesos que llevan a las empresas a su desarrollo, como son programas de calidad, mantenimiento, mejora continua.

Comunicación (Hoshin Kanri)

Este término hace referencia a la alineación de los objetivos de la empresa (Estrategia), con los planes de la gerencia media (Tácticas) y el trabajo realizado en la planta (Acción)

Esta es una herramienta de comunicación utilizada para transferir conocimientos o habilidades simples y concisas que incrementen un aprendizaje sencillo, claro y preciso.

Equipos p/ solución de problemas

Esta metodología de resolución de problemas se centra en resolver el problema de fondo en lugar de aplicar soluciones rápidas que sólo tratan los síntomas inmediatos del problema y ‘apagar el incendio’. Técnica que se utiliza para definir de manera adecuada un problema o situación, atendiendo las siguientes cuestiones: ¿Qué?, ¿Quién?, ¿Dónde?, ¿Cuánto?, ¿Cuándo? ¿Por qué?

Equipos funcionales cruzados

Equipos interdisciplinarios dedicados al proyecto —ingeniería concurrente— y el trabajo contable y administrativo se organiza alrededor de grandes familias de procesos y productos. El objetivo es mejorar la organización y gestión. Para ello cuentan con indicadores alineados con los objetivos de la empresa y reuniones diarias.

Uno de los integrantes es a su vez el líder o coordinador, el cual no tiene por qué tener un puesto jerárquico diferente.

Seguridad en el área de trabajo

Se refiere al conjunto de normas y procedimientos tendientes a la protección de la integridad física y mental del trabajador, preservándolo de los riesgos de salud inherentes a las tareas del cargo y al ambiente físico donde se ejecutan

Trabajo estandarizado

Los procedimientos de trabajo describen de forma clara como ha de realizarse una tarea, operación o proceso mismo. La estandarización es la base de la mejora continua. Permiten que los procedimientos de trabajo se lleven a cabo de forma óptima y similar por todos los empleados. Identificando, definiendo y formando conjuntamente a los empleados en su uso, la empresa podrá tender a mejorar las condiciones laborales de sus empleados.

La adopción de estándares tiene como consecuencia minimizar los tiempos contraproducentes, reducir el riesgo de accidentes, reducir el desgaste prematuro de las máquinas, mejorando así la comodidad de los empleados en el trabajo.

Cambios de layout

Diseño y análisis de los cambios a realizar en cualquier línea de producción o procesos ya instalada para modificarla “in situ” (en sitio) o trasladarla a otro lugar distinto de la ubicación actual. El objetivo es efficientar el flujo tanto de materiales como de información, evitando movimientos innecesarios y el sobre procesamiento de actividades

Mantenimiento Autónomo

Es un elemento básico de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Se enfoca en mantener óptimas condiciones al equipo con el fin de prevenir pérdidas de equipo relacionadas con paros, pérdidas de velocidad y defectos de calidad.

Sus objetivos principales son los siguientes:

- El traspaso de la responsabilidad de las máquinas al área de producción.
- Detección de anomalías antes de que se produzca el fallo.
- Reducción del mantenimiento correctivo.

Celdas de Trabajo

Es el layout de máquinas y estaciones de trabajo situadas por orden de procesamiento, normalmente en forma de “U”, para realizar diferentes operaciones y así permitir un flujo continuo. Los operadores de las celdas son multi-hábiles y manejan a su vez múltiples procesos. El número de operarios puede variar cuando cambia la razón de demanda del cliente. Este sistema permite la aplicación de diferentes distribuciones de elementos de

trabajo entre los operadores, además de que las operaciones iniciales y finales sean ejecutadas por el mismo operario.

Tiempo de entrega (Lead Time)

Lead time es el tiempo empleado en todo el ciclo de producción, desde el momento en que se realiza un pedido hasta su entrega real

Identificación de desperdicio (VSM)

Es una técnica gráfica que permite visualizar a detalle y entender completamente el flujo necesario tanto de información como de recursos en un proceso de producción. Permite identificar actividades que no agregan valor para posteriormente iniciar a eliminarlas. Se usa para establecer planes de mejora ya que permite identificar cuellos de botella y actividades no productivas.

5 S's

El término 5S hace referencia a una de las técnicas utilizadas en Lean Manufacturing y está basada en cinco principios japoneses cuyos objetivos son los siguientes:

- **Seiri (Clasificar)**

Significa eliminar todos los elementos que no son útiles y que acumulan desperdicios y generan costos del lugar de trabajo para las operaciones de producción de un producto o la prestación de un servicio.

- **Seiton (Ordenar)**

Una vez nos hemos deshecho de los desperdicios y elementos no útiles, pasamos a ordenar aquellos que consideramos útiles en un lugar asignado para que estos puedan ser encontrados fácilmente por quienes los requieran, ahorrando tiempos de búsqueda, movimientos innecesarios, etc.

- **Seisō (Limpiar)**

Identificaremos las fuentes de suciedad ara que este problema no se vuelva a repetir o acumular (limpieza preventiva).

Los tipos de consecuencias que podemos encontrar dentro de este problema son los siguientes:

- a) Los entornos de trabajo sucios afectan a la autoestima de los empleados.
- b) Los residuos de procesos pueden generar daños o productos defectuosos.
- c) Las maquinas no se revisan lo suficiente.

d) La presencia de desperdicios puede generar accidentes.

Para dar solución a estos problemas debemos llevar a cabo el concepto de la limpieza preventiva.

- **Seiketsu (Estandarización)**

Este proceso se da cuando las tres “S” anteriores (Clasificación, Orden y Limpieza) se mantienen.

El objetivo principal de este proceso de estandarización es evitar el retroceso de los procesos anteriores y mantener una rutina de los mismos.

- **Shitsuke (Disciplina)**

Este proceso es el único que no se puede medir ni visualizar ya que se encuentra en la motivación y voluntad de los empleados de la organización y son estos los encargados de mostrarla en las acciones que realizan en sus puestos de trabajo.