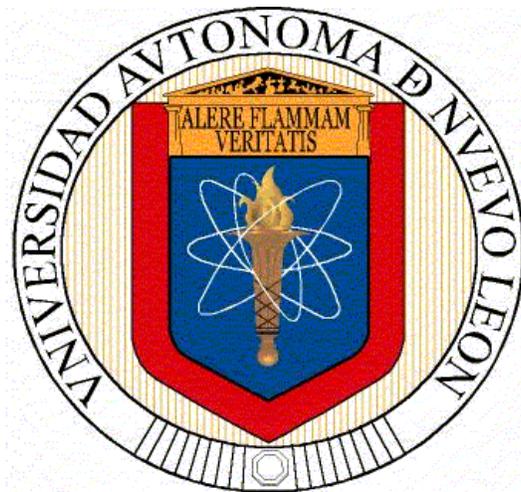


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CONTADURÍA PÚBLICA Y ADMINISTRACIÓN**

CENTRO DE DESARROLLO EMPRESARIAL Y POSGRADO



**IMPACTO DE: LA MANUFACTURA ESBELTA, LA
MANUFACTURA SUSTENTABLE Y LA MEJORA CONTINUA
EN LA EFICIENCIA OPERACIONAL Y RESPONSABILIDAD
AMBIENTAL EN PLANTAS DE MANUFACTURA EN MÉXICO**

DISERTACIÓN PRESENTADA

POR:

CARLOS MONGE PERRY

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

**DOCTOR EN FILOSOFÍA CON ESPECIALIDAD EN
ADMINISTRACIÓN**

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

MAYO DE 2014

Declaración de Autenticidad

Declaro solemnemente que el documento que en seguida presento es fruto de mi propio trabajo, y hasta donde estoy enterado no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona, excepto aquellos materiales o ideas que por ser de otras personas les he dado el debido reconocimiento y los he citado debidamente en la bibliografía o referencias.

Declaro además que tampoco contiene material que haya sido aceptado para el otorgamiento de cualquier otro grado o diploma de alguna universidad o institución.

Nombre: Carlos Monge Perry

Firma: _____

Fecha: 10 de Mayo de 2014

Dr. José Nicolás Barragán Codina
Subdirector del Centro de Desarrollo Empresarial y Posgrado de FACPYA
PRESENTE.-

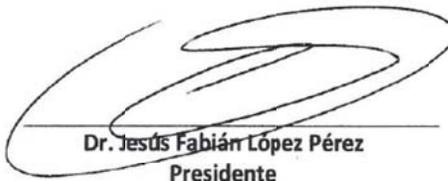
Por medio de la presente, nos permitimos informarle que después de haber revisado a detalle el proyecto de la tesis Doctoral titulada: **"Impacto de La Manufactura Esbelta, La Manufactura Sustentable y La Mejora Continua en la Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental en Plantas de Manufactura en México"**, y presentada por el alumno **Carlos Monge Perry**, nuestro dictamen colegiado es: **aprobado para presentarse**, y así mismo acreditarse octavo semestre.

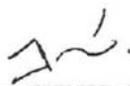
Sin más por el momento, estamos a sus órdenes para cualquier aclaración al respecto.

ATENTAMENTE
"Alere Flammam Veritatis"

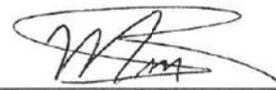
Cd. Universitaria de N.L. a 6 de Diciembre de 2013

Comité de Evaluación de Tesis Doctoral


Dr. Jesús Fabián López Pérez
Presidente


Dr. Jesús Gerardo Cruz Álvarez
Secretario


Dr. Miguel Ángel Palomo González
Vocal 1


Dra. Mónica Blanco Jiménez
Vocal 2


Dra. Karla Arrieta Cynthia Sáenz López
Vocal 3

c.c.p. Archivo
c.c.p. Expediente del comité
c.c.p. Expediente del alumno

FACPYA U.A.N.L.
RECIBIDO
07 DIC. 2013

Agradecimientos

A mi director de tesis **Dr. Fabián López Pérez** por su valiosa guía y apoyo, así como por las múltiples interacciones a lo largo de mi formación doctoral, sin duda todas ellas enriquecedoras en el plano profesional y personal.

A mi comité tutorial formado por los **Dres: Fabián López Pérez, Jesús Cruz Álvarez y Miguel A Palomo**, por sus consejos y orientaciones que me permitieron lograr la estructuración final del presente trabajo de investigación.

A mis maestras (os), **Dres: Karla J Sáenz, Joel Mendoza, Mohammed Badii, Fabián López, Mónica Blanco y Paula Villalpando** por sus conocimientos, que fueron de gran utilidad para entender en que consiste el trabajo de un investigador.

A mis compañeros de estudios: **Adriana, Alejandro, Rogelio, Fernando, Armando, Rubén y Danilo**, a ellos toda mi estimación por los inolvidables y gratos momentos que vivimos juntos en el plano formal y social. A todos mi gratitud y recuerdos imperecederos.

Reconocimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACyT**) por el apoyo brindado a través de una beca para la realización de mis estudios doctorales.

A la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por la beca otorgada para colegiaturas.

Al Dr. Sergio Fernández, director de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por su confianza y apoyo.

Dedicatorias

Para mis adoradas hijas: **Wendy Jacqueline y Karla Stephanie**, para ustedes mi amor eterno.

A mis entrañables padres: **Carlos Edwin† y María Magdalena**, a ellos mi gratitud por siempre.

A mis queridas(os) hermanas(os): **Rosa Carolina, Álvaro, Rebeca, Dulce María y Bernardo** quienes aún están, y también para: **Jorge y Roberto** quienes ya me esperan en Alfa Centauri.

Hay hombres que luchan un día y son buenos, hay quienes luchan un año y son mejores, hay quienes luchan muchos años y son muy buenos, pero hay quienes luchan toda la vida, ellos son los imprescindibles.

Eugene Berthold Friedrich Brecht
Poeta Alemán
(1898-1956)

INDICE

Lista de Tablas	1
Lista de Figuras.....	2
Glosario.....	3
Resumen.....	9
Introducción.....	11
1. Naturaleza y Dimensión del Estudio.....	14
1.1 Antecedentes y Contexto	14
1.1.1 La Conciencia Sustentable en las Organizaciones.....	14
1.1.2 La Sustentabilidad en las Organizaciones de Manufactura.....	16
1.2 Planteamiento del Problema de Investigación	17
1.2.1 Declaración del Problema de Investigación.....	17
1.2.2 Pregunta General de Investigación	18
1.2.3 Preguntas Secundarias de Investigación	18
1.3 Objetivos y Delimitaciones.....	19
1.3.1 Objetivo General de la Investigación.....	19
1.3.2 Objetivos Específicos.....	20
1.3.3 Justificación del Estudio	20
1.3.4 Delimitaciones del Estudio	24
2. Marco Teórico Referencial de la Investigación	25
2.1 Marco general de referencia.....	25
2.1.1 Marco de referencia	27
2.2 Marco teórico.....	38
2.2.1 Variables y constructos del estudio.....	38
2.2.2 Variables medibles y elementos teóricos relacionados.....	39
2.2.3 Variables independientes y elementos teóricos relacionados	41
2.2.4 Variable dependiente latente y elementos teóricos Relacionados.....	42
2.2.5 Relación de variables, indicadores medibles y elementos teóricos.....	69

2.3 Marco Conceptual.....	73
3. Modelo y método de investigación.....	76
3.1 Hipótesis y modelo gráfico de relaciones causa-efecto	76
3.1.1 Hipótesis de la investigación.....	77
3.1.2 Definición de variables	78
3.2 Método de investigación y estudio de campo	80
3.2.1 Tipo de investigación usado.....	80
3.2.2 Diseño y técnica de la Investigación.....	80
3.3 Estudio de campo.....	80
3.3.1 Elaboración del instrumento de medición.....	80
3.3.2 Definición de población y muestra	81
3.3.3 Cálculo del tamaño de la muestra simple.....	82
3.3.4 Cálculo del tamaño de las muestras estratificadas	82
3.4 Tratamiento estadístico	85
3.4.1 Descripción del instrumento de medición de variables manifiestas (escala)	85
3.4.2 Análisis Estadístico y técnicas usadas en la modelación	88
3.4.3 Modelo de ecuaciones estructurales.....	91
4. Análisis estadísticos y presentación de resultados.....	92
4.1 Resultados del Modelo.....	93
4.1.1 Evaluación del Modelo de Medición (<i>Outer Model</i>) – Algoritmo PLS.....	93
4.1.2 Estimación del Modelo de Medición (<i>Outer Model</i>).....	97
4.1.3 Evaluación del Modelo Estructural (<i>Inner Model</i>) – Algoritmo.....	99
Bootstrapping.....	99
4.1.4 Estimación del Modelo Estructural (<i>Inner Model</i>)	100
4.2 Pruebas de hipótesis de la investigación	103
4.3 Modelos estadísticos complementarios.....	105
4.3.1 Desarrollo del modelo para la potencia estadística del IEORA	106
4.3.2 Desarrollo del modelo predictivo del IEORA.....	108
4.3.3 Modelo predictivo de los indicadores del IEORA	112
4.3.4 Acciones prescriptivas	113
5. Conclusiones, implicaciones y recomendaciones	115
5.1 Principales Aportaciones al conocimiento.....	115

5.2 Implicaciones prácticas	119
Referencias Bibliográficas	120
Apéndices.....	127
Apéndice 1: Relación de autores, elementos teóricos, y variables que influyen.....	127
Apéndice 2: Análisis crítico de elementos teóricos afines utilizados	132
Apéndice 3: Criterios de calidad para PLS-SEM modelos de medición y estructural.....	139

Lista de Tablas

Tabla 1. Relación de elementos teóricos con variables y constructos	69
Tabla 2. Variables manifiestas que influyen la EME.....	70
Tabla 3. Variables manifiestas que influyen la EMS	71
Tabla 4. Variables manifiestas que influyen la EMC.....	72
Tabla 5: Variables manifiestas que influyen el IEORA.....	73
Tabla 6. Criterios de calidad del modelo PLS-SEM.....	94
Tabla 7: Redundancia cruzada y validada CV-Red Q2	95
Tabla 8: Correlaciones entre variables latentes	95
Tabla 9: Efectos totales directos e indirectos (renglones/origen → columnas destino)	95
Tabla 10: Cargas cruzadas indicadores - constructos	96
Tabla 11. Tamaño de los efectos f^2	96
Tabla 12. Valores de F, t, p y VIF de la regresión.....	108
Tabla 13. Valores de F, t, p y VIF de la regresión.....	112
Tabla 14. Valores de b, t, p de la regresión de los indicadores de IEORA.....	113
Tabla 15. Ítems de los indicadores de EME, EMC, EMS.....	114
Tabla 16. Ítems de los indicadores del IEORA.....	114

Lista de Figuras

Fig. 1: Variables medibles y elementos teóricos	40
Fig. 2: Variables independientes y elementos teóricos.....	41
Fig. 3: Variable dependiente latente y elementos teóricos	42
Fig. 4: De utilización de la capacidad %, WIP y tiempo de ciclo.....	46
Fig. 5: Secuencia TOP	49
Fig. 6: Modelo gráfico de relaciones causa-efecto	76
Fig. 7: Aspectos generales de la planta.....	85
Fig. 8: Aspectos de la manufactura esbelta.....	86
Fig. 9: Aspectos de la manufactura sustentable	86
Fig. 10: Aspectos de la mejora continua.....	87
Fig. 11: Aspectos de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental.....	87
Fig. 12: Modelo de ecuaciones estructurales de la investigación	91
Fig. 13: Plantas encuestadas por su tamaño y porcentaje (n = 40).....	92
Fig. 14: Plantas encuestadas por cantidad/giro y porcentaje (n = 40)	93
Fig. 15: Resultados del modelo mostrando las R^2 , betas y cargas estandarizadas.....	93
Fig. 16: Resultados del modelo mostrando los valores T de las variables e indicadores	99
Fig. 17: Modelo de potencia estadística del IEORA (n=40).....	107
Fig. 18: Modelo causa efecto del IEORA (n=40), betas estandarizadas	109
Fig. 19: Modelo predictivo del IEORA (n=40), betas no estandarizadas.....	111
Fig. 20: Modelo predictivo de los indicadores de IEORA (n=40).....	112

Glosario

ATYC	Indicador que mide las entregas a Clientes finales, de productos completos en cantidad y en el tiempo prometido.
BCG	Boston Consulting Group por sus siglas en inglés, compañía consultora de gran prestigio internacional ubicada en Boston.
CALIDAD EN LA FUENTE	Que los operarios de cada estación se hagan responsables de la calidad de lo que producen el principio en cuanto a los defectos es: no lo aceptes, no lo hagas no lo pases.
CARBON FOOTPRINT	El impacto que provoca en el medio ambiente la generación y utilización de energía, materiales residuos y que se traduce en la emisión de gases de efecto de invernadero principalmente el CO ₂ .
DESPERDICIOS AMBIENTALES	Consumos no racionales de energía eléctrica, agua, materias primas y generación de residuos sólidos y/o peligrosos, y emisiones al aire y al agua.
DISCRETA-REPETITIVA	Manufactura de productos en lotes de tamaño determinado, y cuya fabricación se repite periódicamente.
EFFECTIVIDAD DE LA MANUFACTURA ESBELTA (EME)	El nivel de aplicación y adopción por parte del personal de las Plantas de las diferentes filosofías, técnicas y herramientas que considera la Manufactura Esbelta.
EFFECTIVIDAD DE LA MANUFACTURA SUSTENTABLE (EMS)	El nivel de aplicación y adopción por parte del personal de las Plantas de los diferentes principios, conceptos, técnicas y herramientas que considera la Manufactura Sustentable.

EFFECTIVIDAD DE LA MEJORA CONTINUA (EMC)

El nivel de aplicación y adopción por parte del personal de las Plantas de los diferentes principios, filosofías, conceptos, técnicas y herramientas que envuelven los Sistemas de Mejora Continua al estilo japonés.

EFICIENCIA ECOLÓGICA

La capacidad para obtener eficiencia de transformación de los materiales e insumos usados en un proceso; Es un cociente donde lo usado en unidades equivalentes forma parte del numerador y lo invertido en unidades equivalentes forma parte del denominador, una buena eficiencia de transformación se considera superior al 95%.

EFICIENCIA ECONÓMICA

La capacidad de obtener resultados económicos superiores a lo invertido en un determinado proyecto.

EFICIENCIA OPERACIONAL

La capacidad de obtener de resultados financieros positivos (Utilidades) debido al desempeño en los pisos de producción en una planta de manufactura.

EPA

Agencia de protección al ambiente de los EEUU, por sus siglas en inglés.

EVSM

Mapeo de la cadena de valor bajo la perspectiva ambiental, identificando los desperdicios ambientales (por sus siglas en inglés).

GEMBA

Expresión japonesa que indica donde se agrega valor al producto o servicio de un Cliente.

GREEN MANUFACTURING

Ver manufactura verde o manufactura sustentable.

HEIJUNKA

Producir de manera nivelada y mezclada, una cantidad pequeña de toda la variedad de productos en un período de tiempo (día, semana, mes).

HUELLA ECOLÓGICA

Véase Carbon Footprint.

IEORA	Índice de efecto compuesto de la Eficiencia Operacional, Responsabilidad Ambiental y Mejora Continua en el desempeño de una organización de manufactura.
JIDOKA	Técnica japonesa, que consiste en la detección automática de defectos, en inglés se le llama autonomation y sugiere la automatización con sentido humano, comprende las herramientas paro de línea, andon (señal luminosa, sónica o ambas), tableros informativos, y dispositivos a prueba de errores o poka-yoke.
KAIZEN	Expresión japonesa con raíces Kai – cambio, Zen – para mejorar – Mejora Continua -, Competitiva Japonesa (1989), y sugiere que toda organización debe mejorar en pequeños pasos basados en el conocimiento de los empleados y el involucramiento y no en el capital.
KAIZEN BLITZ	Enfoque norteamericano del Kaizen y viene del término alemán relámpago, es un mejoramiento en un periodo de tiempo corto típicamente de tres a 7 días.
KAIZEN TEIAN	Variante del Kaizen, y es también una técnica japonesa orientada al mejoramiento en la organización a través de las sugerencias y participación individual de los empleados.
KANBAN	Significa tarjeta viajera, y tiene el mismo significado que PULL SYSTEM.
LEAN	Término mencionado por el Dr. James P. Womack en su libro “The machine that changed the world (1990)”, en el que refiere la expresión “lean” para aquellos procesos y en particular de manufactura, libres de desperdicio o actividades que no agregan valor desde la perspectiva del Cliente.
LEAN MANUFACTURING	Véase Manufactura Esbelta.
LEVELED MIXED SCHEDULING	Véase Heijunka.

MANUFACTURA ESBELTA

Manufactura libre de desperdicios o MUDA y donde el involucramiento del personal y la mejora. continua están presentes.

MANUFACTURA SUSTENTABLE

Véase manufactura verde.

MANUFACTURA VERDE

Manufactura que se realiza bajo los principios esbeltos y de manera que también sean eliminados los desperdicios ambientales como son excesos en: energía, materiales, desechos, emisiones al aire o al agua, transportación, biodiversidad, residuos sólidos y peligrosos y uso de agua.

MEJORA CONTINUA

Proceso de búsqueda constante de todo el personal de una organización, de mejores niveles de desempeño en calidad, costo, tiempo de entrega, moral, seguridad y ambiente.

MIT

Massachussets Institute of Technology por sus siglas en ingles, universidad de excelencia localizada en Boston EEUU.

MUDA

Expresión japonesa que describe todas las actividades de un proceso que no agregan valor desde la perspectiva del Cliente – sobreproducción, esperas, movimientos, transportación, defectos, inventario, procesos excesivos y habilidades del personal no usadas al máximo.

MULTIHABILIDADES

Un operario debe ser capaz de dominar el uso de varias máquinas.

OEE

Overall Equipment Effectiveness, componente del TPM que permite medir la Efectividad Global del Equipo, y se calcula multiplicando tres factores la Disponibilidad, Desempeño y Calidad.

ONE-PIECE

Técnica de manufactura japonesa, que consiste en producir y hacer fluir a la siguiente estación una pieza a la vez o bien el lote más pequeño posible.

OSE	Overall Service Effectiveness, medición de la efectividad global del servicio, y se calcula multiplicando los porcentajes de los factores de Entregas a Tiempo, Entregas Completas y Entregas sin defecto.
PIM	Participación del personal en la mejora continua de una organización a través de sugerencias individuales
PMDRA	Plantas de Manufactura Discreta-Repetitiva de Apodaca, Nuevo León, México.
PULL SYSTEM	Un sistema en el cual la producción es regida por la demanda, es decir sólo se produce cuando el cliente lo pide.
SMALL LOT PRODUCTION	Similar al One-Piece solo que con éste enfoque se hace fluir el lote más pequeño posible.
SMED	Single Minute Exchange of Die, técnica japonesa que permite realizar los cambios de troqueles, moldes dados, productos, corridas, campañas en un período de tiempo menor o igual a 10 minutos.
SUSTENTABILIDAD	Desarrollo de las actividades de una organización de cualquier tipo usando recursos naturales de manera que no comprometan la existencia de éstos para la siguiente generación.
TIEMPO DE CICLO	El tiempo que consume una actividad de punto a punto, típicamente comprende a: Carga de la máquina, ciclo de la máquina, descarga de la máquina y transferencia a la siguiente estación de procesamiento.
TPM	Mantenimiento productivo total (por sus siglas en inglés), técnica japonesa que busca maximizar la efectividad total de los equipos con la activa participación de los empleados en proyectos de mejora continua.

TRIPLE BOTTOM LINE

Véase triple línea final.

TRIPLE LÍNEA FINAL

Los resultados financieros obtenidos en función del compromiso de una compañía con el Medio Ambiente, la Responsabilidad Social y Ambiental (Utilidades-Personas-Planeta).

VA

Valor agregado, lo que el Cliente está dispuesto a pagar.

VSM

Value Stream Map, técnica de la Manufactura Esbelta que permite mapear y visualizar los procesos para identificar los desperdicios típicos, es decir actividades que agregan y no agregan valor.

Resumen

Con el fin de mostrar los impactos que tienen la Manufactura Esbelta (EME), la Manufactura Sustentable (EMS) y la Mejora Continua (EMC) en el Índice de Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental (IEORA) en plantas de manufactura discreta medianas y grandes de Apodaca, NL, se diseñó un modelo matemático utilizando la técnica de modelación mediante ecuaciones estructurales basadas en mínimos cuadrados parciales PLS-SEM (por sus siglas en inglés), y empleando el paquete computacional PLS SMART 2.0.

El modelo fue probado con una muestra de 40 casos, calculada vía fórmula con un nivel de confiabilidad del 95% y un error de 5%, y los resultados exhibieron un impacto directo y estadísticamente significativo de la EME, EMS y EMC en la variable IEORA, así como en los indicadores clave de ésta última variable latente como son: Resultados Financieros (RF), Impacto en la Huella de carbono (IHC), Cultura de Sustentabilidad de la organización (CSO) y Satisfacción de Empleados (SE).

De forma complementaria, se desarrolló un modelo predictivo del comportamiento de la variable latente IEORA, usando análisis de regresión lineal múltiple y tomando los scores estandarizados generados por el PLS-SMART de las variables latentes EME, EMS y EMC, considerando a éstas últimas como variables independientes y al IEORA como la variable dependiente. El resultado de este modelo complementario mostró valores de R^2 significativos, una potencia estadística referida por la F muy superior al umbral crítico y valores de inflación de las variables FIV muy por debajo de 5.00.

Finalmente fue desarrollado un modelo prescriptivo basado en análisis de regresión múltiple y simple, con el fin de derivar de los resultados empíricos de este modelo, acciones de mejora y toma de decisiones basadas en criterios científicos en los indicadores clave del IEORA, a saber: RF, CSO, IHC y SE. El modelo referido hace uso de los scores no estandarizados de los indicadores de las variables EME, EMS y EMC, y los emplea en una regresión lineal del tipo stepwise cuyos resultados dejaron únicamente cinco indicadores significativos. Los indicadores se alimentaron en una regresión múltiple como variables independientes, en tanto que el IEORA fue la variable dependiente. Los resultados obtenidos en R^2 , T, F y FIV fueron altamente satisfactorios.

Las acciones prescriptivas, pueden obtenerse al utilizar el score no estandarizado del IEORA como variable independiente y utilizarlo en regresiones lineales simples con cada uno de los indicadores: RF, IHC, CSO y SE. La estimación de los valores de los indicadores mencionados permite conocer los ítems de la escala y en que grado deben mejorar.

Introducción

El presente estudio de investigación muestra el impacto que tienen la Efectividad de: *La Manufactura Esbelta*, *La Manufactura Sustentable* y *La Mejora Continua* en la *Eficiencia Operacional* y *Responsabilidad Ambiental*, influenciando el *Impacto en Huella de Carbono*, la *Satisfacción de los Empleados*, *Resultados Financieros* y la creación de *Cultura de Sustentabilidad* en las Plantas de manufactura discreta y repetitiva de Apodaca, Nuevo León.

El estudio consta de cinco capítulos que describen la manera como se desarrolla la investigación, en el **Capítulo 1**, denominada **Naturaleza y Dimensión del Estudio** se comentan los antecedentes y contexto de la investigación, es decir qué se ha estudiado en el pasado en la dirección objeto de la investigación, se define el problema de investigación y la declaración del problema de investigación, se establecen las preguntas general y secundarias de investigación, a las cuales deben dar respuestas los resultados de la investigación. Se define asimismo en esta sección, en el apartado de objetivos y delimitaciones, el objetivo de la investigación y la justificación del mismo, indicando las razones e importancia para la realización de la investigación, la sección termina con las delimitaciones del estudio, mostrando de manera específica las pretensiones del estudio, el alcance del mismo y a quienes pudiera interesar el presente estudio.

El **Capítulo 2** lleva por nombre **Marco Teórico Referencial de la Investigación**, en el que se presenta el marco general de referencia y en él, se describe la revisión de la literatura más actual acerca de lo que ha sido estudiado previamente sobre el tópico del presente estudio,

posteriormente, se presenta propiamente el marco teórico y lo encontrado en la literatura acerca de las variables en estudio incluyendo la descripción de las variables dependientes e independientes, así como las teorías, enfoques teóricos, investigaciones y antecedentes que sustentan dichas variables y la manera como éstas se operacionalizan, el capítulo termina con el marco conceptual.

El **Capítulo 3** recibe el nombre de **Modelo y Método de Investigación**, en la que se describen las hipótesis, las relaciones causa-efecto, el modelo gráfico de hipótesis o relaciones causa-efecto, y en el que se aborda también el método que se seguirá en la investigación, definiendo el tipo de investigación a utilizar, la forma como se diseñó la investigación y la técnica usada, se describe como se efectuó el estudio de campo indicando la población y la determinación de la muestra, el instrumento de medición empleado, la manera como se efectuó la validez de contenido, la técnica de modelación utilizada para el análisis estadístico y cómo fue realizada la prueba piloto.

El **Capítulo 4** constituye el apartado de **Análisis estadístico y presentación de Resultados**, en él se presentan, los perfiles de las plantas encuestadas, estadística descriptiva, análisis estadísticos obtenidos del paquete computacional utilizado, las interpretaciones de los resultados contrastándolos contra los criterios de calidad establecidos por la literatura, se validan en esta sección las pruebas de hipótesis, indicando cuáles se aceptan y cuáles se rechazan de acuerdo a la significancia obtenida, indicando las relaciones relevantes y significantes y aquellas que no lo son, en este apartado fue probada la capacidad predictiva del modelo. En esta sección también, se realizó un análisis estadístico complementario mediante regresión lineal, tomando las

variables latentes como variables independientes. El estudio demuestra la potencia estadística del modelo de ecuaciones estructurales. También se desarrolló un modelo predictivo para estimar comportamientos futuros en los indicadores clave de desempeño de las plantas, particularmente en el *Índice de Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental*.

En el **Capítulo 5** denominado **Conclusiones, Implicaciones y Recomendaciones**, se hace referencia a las conclusiones generales obtenidas del modelo, los hallazgos relevantes, las aportaciones específicas al conocimiento que proporciona el estudio así como su originalidad y valor, se citan también las limitaciones y se proponen líneas de investigación ulteriores que pueden desarrollarse partiendo del presente estudio.

Por último, se presentan las referencias bibliográficas y apéndices que acompañan a la presente investigación.

Capítulo 1

1. Naturaleza y Dimensión del Estudio

1.1 Antecedentes y Contexto

1.1.1 La Conciencia Sustentable en las Organizaciones

¿Hacia dónde deben las organizaciones de manufactura enfocarse, para maximizar las *Utilidades*, obtener beneficios para la *Sociedad* y el *Planeta*?” (Future State Solutions, 2009), es decir lograr la *Triple Línea Final* “*Triple Bottom Line*” – *Utilidades-Personas-Planeta*, parece ser, la interrogante presente en la mente de los altos ejecutivos de las empresas en los tiempos actuales, en virtud de los serios problemas medioambientales que presenta el planeta, entre ellos, la generación de gases de efecto de invernadero y su impacto en el calentamiento global, provocados principalmente por la emisión de Dióxido de Carbono CO₂ generado primordialmente por la utilización de combustibles fósiles en las actividades humanas (Irastorza et al., 2010; Boyle, 2004), el CO₂ a su vez, es generado en gran medida por la generación, distribución y consumo de la energía eléctrica (Schneider Electric, 2008) que de acuerdo a la World Wind Energy Association (WWEA) y (Boyle, 2004) es de aproximadamente 0.60 Kg de CO₂ por cada KWhe (Kilo Watt hora eléctrico) utilizado.

Lo anterior lo muestra un alto porcentaje (75%) de los 300 altos de ejecutivos de las empresas Fortune 1000 de los EEUU, de acuerdo a una encuesta realizada en el 2010 por Harris Interactive a solicitud del conglomerado global francés Electric (Schneider Electric Study, 2011; Bodenhamer, 2011). En dicho estudio se muestra que el 88% de los altos ejecutivos

encuestados consideran, que tienen la responsabilidad moral de hacer a sus organizaciones más eficientes en el uso de la energía, e ir más allá de cumplir únicamente las regulaciones gubernamentales en materia ambiental, el mismo estudio revela también, que el 75% de los ejecutivos reportaron que la importancia del ahorro de energía había incrementado en los últimos dos años, indicando la preocupación por el medio ambiente y la sustentabilidad.

Por otra parte, estudios recientes del MIT y BCG realizados en el 2010 vía encuesta a 3000 líderes corporativos de organizaciones globales (MIT yBCG, 2013; 2011; 2009), muestran que un grupo de las compañías van hacia una administración impulsada por la sustentabilidad, y consideran a la sustentabilidad como algo estratégico que debe formar parte de la agenda del negocio, y que puede proveerles ventajas competitivas, sin embargo, el mismo estudio reveló que existe otro grupo de ejecutivos que indicaron que el motivador principal para adoptar acciones sustentables es la obtención de ahorros económicos, esto último, había sido advertido en un estudio previo también conducido por MIT y BCG durante el 2009, vía encuesta a altos ejecutivos de organizaciones globales, en el que se observó en los resultados obtenidos, que existía un gran interés en los altos ejecutivos por el tema ambiental, pero que pocas organizaciones estaban realmente desarrollando esfuerzos en el tema de la sustentabilidad limitándose únicamente a satisfacer las regulaciones ambientales (MIT & BCG Special Report., 2009).

Las tendencias descritas en el párrafo anterior son similares a las que Harris Interactive detectó en el estudio mencionado con anterioridad, en el que se informaba que 61% de los ejecutivos encuestados mencionó que adoptarían prácticas sustentables, únicamente si estas les

permitían conseguir beneficios económicos (Bodenhamer, 2011; Schneider Electric Study, 2011) contra un reducido 13% que refirió su preocupación por el medio ambiente. Kiron et al., (2013) refiere en su estudio que las compañías globales están concientizándose de que la sustentabilidad permite lograr utilidades a la vez que se ayuda al medio ambiente, y a elevar la moral de los empleados, impresiones similares tiene (Wills, 2009b).

1.1.2 La Sustentabilidad en las Organizaciones de Manufactura

En cuanto a las empresas de manufactura, parece existir el sentimiento en sus ejecutivos que ser medioambientalmente responsable deteriora la rentabilidad del negocio (Wills, 2009b), y que si se adoptan prácticas de manufactura sustentable, ésta debe proporcionarles beneficios económicos de corto plazo, resultados similares a los obtenidos en los estudios de Harris Interactive (Bodenhamer, 2011; Schneider Electric Study, 2011) y MIT y BCG (2013; 2011; 2009).

En el caso particular de México según Rodríguez (2011), existe escasa conciencia hacia la sustentabilidad en la industria, así lo revela información obtenida de un artículo obtenido de la revista *manufactura* de circulación nacional y que es un referente en México para las empresas de manufactura. De acuerdo al artículo referido (Rodríguez, 2011) solo el 30% de las empresas en México cuenta con un sistema de medición de consumo de energía eléctrica, y que el sector industrial demanda el 60% de la electricidad del país, y ya se ha visto como este insumo contribuye a la generación de CO₂ a la atmósfera lo cual revela la poca preocupación por hacer más eficiente el uso de este insumo.

Considerando que una condición fundamental para reducir el uso de energía eléctrica, es medir el consumo en primera instancia, para después entrar en el proceso de mejora continua y reducción o sustitución por energías renovables, resultan reveladores los datos mencionados en el párrafo anterior, ya que muestran la poca importancia que actualmente las empresas de manufactura mexicanas otorgan al tema del uso eficiente de la energía eléctrica y consecuentemente a la sustentabilidad.

En este contexto se crea una circunstancia adversa para el medio ambiente, difícil de modificar sin la existencia de una real conciencia sustentable por parte de los directivos de las plantas de manufactura, lo cual se lograría al establecerse de una manera clara y formal la relación benéfica entre *la responsabilidad ambiental, la manufactura y las utilidades del negocio a través de una mayor eficiencia operacional y responsabilidad ambiental* (Kiron, 2013; Wills, 2009b; EPA, 2000).

1.2 Planteamiento del Problema de Investigación

En la siguiente sección se hace referencia al problema de investigación objeto del presente estudio.

1.2.1 Declaración del Problema de Investigación

La carencia de EME, EMS y EMC genera en las PMDRA deficiencias en la Eficiencia Operacional e Impacto en la Responsabilidad Ambiental (IEORA), lo cual se manifiesta a través de problemáticas en las: RF, IHC, SE y CSO, comprometiendo su prevalencia en el entorno competitivo de la manufactura global en el mediano y el largo plazo.

La falta de un modelo integral de medición, que permita determinar el impacto combinado de la *Efectividad de la Manufactura Esbelta* (EME), la *Efectividad de la Manufactura Sustentable* (EMS) y la *Efectividad de la Mejora Continua* (EMC) en la *Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental*, generando un índice (IEORA) que muestre el desempeño en los aspectos mencionados, impide que la medición de dicho índice pueda guiar los esfuerzos de mejora del desempeño de las PMDRA, en virtud de que la Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental influyen positivamente los Resultados Financieros (RF), el Impacto de la Huella de Carbono (IHC), la Satisfacción del Personal (SE) y la Cultura Sustentable de la Organización (CSO).

1.2.2 Pregunta General de Investigación

¿Son la Efectividad de la Manufactura Esbelta (EME), la Efectividad de la Manufactura Sustentable (EMS) y la Efectividad de la Mejora Continua (EMC) los factores que de manera integral influyen positivamente la Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental (IEORA), incidiendo en los Resultados Financieros (RF), el Impacto en la Huella de Carbono (IHC), la Satisfacción de los Empleados (SE) y la Cultura Sustentable de la Organización (CSO) de las PMDRA?

1.2.3 Preguntas Secundarias de Investigación

Relativas a la Manufactura Esbelta

- P1. ¿Cuál es el nivel de Efectividad de la Manufactura Esbelta (EME) en las PMDRA?
- P2. ¿Qué elementos son los que influyen la (EME) en las PMDRA?

Relativas a la Manufactura Sustentable

P3. ¿Cuál es el nivel de Efectividad de la Manufactura Sustentable (EMS) en las PMDRA?

P4. ¿Qué elementos son los que influyen la (EMS) en las PMDRA?

Relativas a la Mejora Continua

P5. ¿Cuál es el nivel de Efectividad de la Mejora Continua (EMC) en las PMDRA?

P6. ¿Qué elementos son los que influyen la (EMC) en las PMDRA?

1.3 Objetivos y Delimitaciones

1.3.1 Objetivo General de la Investigación

Medir la efectividad de la Manufactura Esbelta (EME), la Manufactura Sustentable (EMS) y la Mejora Continua (EMC), y su impacto en la Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental (IEORA), influenciando positivamente a través de este indicador los Resultados Financieros (RF), la Huella de Carbono (IHC), la Satisfacción de los Empleados (SE) y la Cultura Sustentable de la Organización (CSO) de las PMDRA, lo que les permitiría obtener ventajas competitivas sostenibles.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ❖ Medir en qué nivel de IEORA se encuentran las PMDRA, y ubicar a las plantas que buscan a través de la sustentabilidad: a) Beneficios económicos de corto plazo, b) Lograr ventajas competitivas y estratégicas, c) Cumplir un mandato corporativo, d) Mejorar su imagen pública, e) Cumplir con las regulaciones gubernamentales y f) Cumplir con la responsabilidad moral de ser ambientalmente responsable.
- ❖ Generar conclusiones generales de cursos de acción a desarrollar para la mejora en el desempeño de las variables: RF, SE, IHC, CSO.

1.3.3 Justificación del Estudio

No se encontró evidencia suficiente de estudios de las PMDRA, acerca de la existencia de un modelo o herramienta para medir la Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental (IEORA) y sus impactos en RF, IHC, SE, CSO, que les permita orientar las acciones específicas de mejora, y apoye el logro de ventajas competitivas. Se eligieron para este estudio las plantas de manufactura de Apodaca NL, debido a la importancia relativa que tiene, al ser este el municipio más industrializado y del estado de Nuevo León, y además que Nuevo León genera el 11% del empleo en México, contribuye con el 10% del PIB nacional, y es líder en inversión extranjera directa (IED) según el 4to. Informe de gobierno del estado de Nuevo León presentado en Octubre de 2013. Otras justificaciones de la presente investigación se citan a continuación.

Metodológica. Proveer una metodología, formal, empírica y estructurada para la medición de la Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental (IEORA) y sus impactos en: RF, IHC, SE, CSO, lo que permitiría a las PMDRA obtener ventajas competitivas.

Práctica. Permitir a las PMDRA la medición de los impactos combinados de las variables EME, EMS y EMC en el IEORA, y a su vez ayudar a medir el efecto integrado de este, en las variables: RF, IHC, SE, CSO.

Social. Ayudar a las PMDRA en el proceso de conciliación los componentes de la triple línea final (Utilidades-Personas-Ambiente), con el fin de lograr un desarrollo armónico y sustentable.

Teórica. El estudio constituye un avance en el conocimiento, ya que la literatura revisada, hace mención de los temas de La Manufactura Esbelta, La Sustentabilidad y La Mejora Continua, incluso, abordan el tema de la Efectividad de estos aspectos, sin embargo, se identifica una brecha de conocimiento, ya que no considera la medición del impacto integrado de la Efectividad de: La Manufactura Esbelta, La Manufactura Sustentable y La Mejora Continua en el contexto mexicano como el de las empresas de Apodaca, Nuevo León.

Operacional y/o Económica. La medición, seguimiento del IEORA, y el establecimiento de acciones en todos o alguno de sus componentes (EME, EMS, EMC), conduce a la obtención de beneficios en el terreno Operacional/Económico, algunos de ellos se citan a continuación a manera de ejemplo:

En el componente de la EME, el logro de una mayor Eficiencia Operacional a través del incremento de la OEE, la reducción de los tiempos de entrega y de flujo de los procesos de manufactura o incremento de las actividades con valor agregado (VA) que se obtiene a través de la eliminación de los desperdicios (MUDA), tienen beneficios directos en los aspectos que se describen a continuación:

- Incremento de la OEE, lleva a
 - Aumento en la capacidad de producción lo cual evita inversiones en equipo, reducción de días y/o turnos de producción, dado que la capacidad de un proceso está dada por la siguiente ecuación.

$$\text{Cap. Proceso} = \frac{\text{Tiempo disponible para producir (hrs)}}{\text{Estándar de producción } \left(\frac{\text{hrs}}{\text{pza}}\right)} * \text{OEE}$$

Un estimado conservador de mejora en la OEE se establece en un 60 lo que equivale al doble de la OEE de una planta mexicana de manufactura discreta-repetitiva típica.

- El aumento en el porcentaje de actividades de valor agregado (VA) en los procesos de manufactura conduce a la reducción del tiempo de entrega (Lead Time) y del tiempo de flujo (Flow Time) y en consecuencia al mejoramiento del flujo de efectivo de una planta, es razonable considerar una mejora de un 75%, si se toma en cuenta que las plantas mexicanas de manufactura discreta-repetitiva típicas, tienen un tiempo de entrega típico de 4 semanas, cuando es factible alcanzar 1 semana o menos.

En cuanto al componente EMS, el IEORA, es valioso para orientar las acciones tendientes a la reducción de los desperdicios ambientales como son: energía eléctrica, emisiones al medio ambiente y/o al agua, uso excesivo de materiales (materia prima), generación de residuos sólidos y/o peligrosos y la transportación; beneficios directos pueden obtenerse en:

- Reducción del consumo de energía eléctrica, lo que apoya la manufactura sustentable, es conservador esperar como parte de las acciones de mejora en la EMS una reducción del 30% del consumo de energía eléctrica (KWhe) derivado de acciones de mejora activas y pasivas.

Finalmente en el componente EMC, índice IEORA ayuda a que se establezcan acciones clave orientadas a:

- Incrementar el porcentaje de participación de los empleados en la mejora a un 80% del personal de la planta, cuando típicamente en las plantas de manufactura discreta-repetitiva mexicanas ese porcentaje no rebasa el 5%.
- Aumentar el número de sugerencias por empleado por mes hasta alcanzar eventualmente 3 (tres), un incremento significativo si se considera que en las plantas de manufactura discreta-repetitiva mexicanas la cantidad es muy cercana a cero. Asimismo, llevar el porcentaje de implantación de sugerencias al nivel del 90% o superior.

- Elevar el nivel de observación directa del piso de producción por parte del personal de la administración a un 80% del tiempo laboral cotidiano.

Las acciones arriba mencionadas, se traducen en ahorros de costos, mayor satisfacción de los empleados, mejora de la imagen de las compañías, obtención de mayor flexibilidad de producción y desempeño operativo y desde luego al logro de ventajas competitivas sostenibles.

1.3.4 Delimitaciones del Estudio

Para efectos del estudio aquí presentado, se considera que la delimitación espacial será la investigación en las plantas de manufactura discreta repetitiva medianas y grandes de Apodaca, Nuevo León (PMDRA). Se eligieron las plantas de manufactura discreta-repetitiva ya que son en las que se tiene una mayor aplicación de las metodologías investigadas. La elección de Nuevo León como ya se mencionó integra el grupo de las cuatro entidades más industrializadas de México, generando en el 2012 el 11% del empleo de México, y contribuyendo al 10% del PIB nacional en el mismo año y se seleccionó el municipio de Apodaca ya que es la entidad de Nuevo León con mayor cantidad de plantas instaladas, y por la facilidad para obtener los datos relevantes requeridos por el estudio. La delimitación temporal se asocia al año 2013 por ser el año fiscal más reciente en el tiempo del desarrollo de la investigación. Los límites demográficos y analíticos no son aplicables, y el límite teórico será marcado por los enfoques hacia la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua.

Capítulo 2

2. Marco Teórico Referencial de la Investigación

2.1 Marco general de referencia

En las secciones siguientes, se establecen los aspectos y criterios generales que han sustentado el presente estudio, cabe mencionar que las referencias y argumentos planteados han sido extraídos de revisión de la literatura más actualizada, relacionada con los temas de: Manufactura esbelta, manufactura sustentable, mejora continua y de eficiencia y desempeño operacional.

Durante la investigación se efectuó una amplia revisión de la literatura existente relacionada con el tema objeto del estudio para conocer las aportaciones más recientes que se han hecho acerca del mismo. Los elementos teóricos encontrados proceden de diversas fuentes bibliográficas reconocidas como: Revistas indexadas, libros, disertaciones doctorales, artículos de divulgación científica, y bases de datos digitales entre ellas: Scielo México, Scielo Chile, Información tecnológica Chile, bases de datos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Academic One File, EBSCO Host Academic Search Complete, EBSCO Business Source Complete, EBSCO Econlit with full text, Springer y Elsevier.

Los elementos teóricos encontrados, se relacionan con el planteamiento del problema de investigación, y sirvieron de base para extraer las variables o constructos dependientes,

mediadores e independientes, así como la manera de cómo operacionalizarlos, y fueron útiles también para la definición de los ítems del instrumento de medición o escala.

En este proceso, se identificaron también las brechas de conocimiento de los elementos teóricos estudiados, mismas que cimentan la dirección de la investigación y la aportación al avance del conocimiento del presente trabajo de investigación, encontrándose que dicha brecha consiste en: La combinación de la efectividad de la manufactura esbelta (EME), la efectividad de la manufactura sustentable (EMS) y la efectividad de la mejora continua (EMC) y su medición a través de un índice de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental (IEORA), y que éste incide en los resultados financieros (RF), impacto de la huella de carbono (IHC), satisfacción de los empleados (SE) y la cultura sustentable de la organización (CSO) en las PMDRA.

Los elementos teóricos encontrados en las fuentes estudiadas, consideran los aspectos de la manufactura esbelta, la sustentabilidad y la mejora continua de manera separada y no proponen un modelo para medir los impactos combinados de estos factores en un índice. También debe mencionarse como parte de la brecha el hecho de que los estudios encontrados en la literatura fueron realizados en contextos diferentes al de Apodaca, Nuevo León. En los párrafos siguientes, se describen algunas revisiones primordiales que inspiraron la extracción de las variables dependientes e independientes consideradas en el presente estudio, y guiaron la manera de cómo operacionalizarlas.

2.1.1 Marco de referencia

El tema de estudio se plantea, en virtud de la importancia que mundialmente se está otorgando en la actualidad al aspecto medioambiental y la generación de los seis gases de efecto de invernadero que lista el tratado de Kyoto, y sus efectos actuales en el calentamiento global y cambio climático, dichos gases de efecto de invernadero son provocados por la actividad humana, en particular las de la industria, comerciales y residenciales, jugando la generación, el consumo y distribución de la energía eléctrica un papel preponderante, pues tan solo el consumo de energía eléctrica contribuye aproximadamente en un 50% a la generación de CO₂ considerado el principal causante de la generación de gases de efecto de invernadero (Irastorza, 2010; Schneider Electric, 2008; Boyle, 2004).

Estudios realizados recientemente en empresas globales por el MIT (MIT y BCG, 2013; 2011; 2009) y Kiron, (2013) revelan que en países avanzados se están adoptando de manera activa acciones sustentables con el fin de mitigar los efectos de la actividad industrial en los aspectos ambientales, y por otra parte otros estudios ponen de manifiesto que la manufactura esbelta produce mejoras significativas de productividad, eficiencia operacional y resultados financieros con importantes mejoras ambientales e implicaciones en la creación de cultura de sustentabilidad organizacional (Monge et al., 2013; Murugesan et al., 2012; Vinohd et al., 2012; Cooper et al., 2008; EPA, 2000).

En México la situación es diferente, porque no obstante las iniciativas de los tres diferentes niveles de gobierno y las políticas públicas existentes sobre el particular, el tema medio ambiental y la sustentabilidad llegan en el caso extremo, a ser considerados en muchas

plantas de manufactura como aspectos secundarios (KPMG, 2009), y en el mejor de los casos, sólo como algo que sería bueno considerar en algún momento, esto se debe quizá, por la escasa cultura en el tema de sustentabilidad de la comunidad, que no les permite ver que el compromiso medioambiental permite obtener beneficios económicos (Kidwell, 2006) y simultáneamente mejorar la huella ecológica “Carbon footprint” (Slaper, 2011; Future State Solutions, 2009), así como la incapacidad de identificar en la fusión de los tres aspectos: Manufactura Esbelta, Manufactura Sustentable y Mejora Continua, la oportunidad de conseguir ventajas competitivas y estratégicas, crear cultura de sustentabilidad y mejorar la calidad, costos, tiempos de entrega e imagen ante la sociedad (Cooper et al., 2008).

Por su parte Murugesan et al., (2012) y Vinohd et al., (2012), indican que el logro de una mayor eficiencia operacional lograda a través de la manufactura esbelta tiene una influencia significativa, positiva y directa en el logro de ventajas competitivas del negocio como son: calidad a la primera intención, reducción de tiempos de entrega e incremento en la productividad (Ghosh, 2013), resultados similares pueden obtenerse en otros contextos demandantes en conocimiento, como el sector del cuidado de la salud con la aplicación de la cultura esbelta (Toussaint et al, 2013). Es pues, de suma importancia para las empresas mexicanas de manufactura y las PMDRA en particular, y con el fin de lograr niveles de competitividad comparables mundialmente, que estas, adopten las filosofías líneas arriba mencionadas.

Manufactura Esbelta

El problema que se presenta en las empresas de manufactura de la zona de Apodaca, NL, es que éstas, consideran a la manufactura esbelta, el compromiso medioambiental y la sustentabilidad como aspectos mutuamente excluyentes según lo revela el estudio de Monge et al., (2013), sin tomar en cuenta que, la mayor eficiencia en la producción que se obtiene como resultado de la aplicación de la manufactura esbelta, consume menos energía y materias primas por unidad, genera menos emisiones al aire y al agua, así como también desecha menos residuos sólidos y/o peligrosos por unidad producida y reduce el riesgo de incumplimiento con las regulaciones gubernamentales para la disposición de los residuos, de manera, que la manufactura esbelta ayuda al medio ambiente aun inadvertidamente.

Por otra parte, la prevención de la contaminación y la preocupación por el medio ambiente, conducen a una mejora en la eficiencia operacional que en esencia es lo que persigue la manufactura esbelta (Kidwell, 2006), de hecho ambas filosofías tienen varios puntos de coincidencia y comparten algunas herramientas como son: Value stream mapping o VSM por sus siglas en inglés (Rother et al., 1998) y 5'S con algunas modificaciones menores; por ejemplo el VSM, utilizado en la manufactura esbelta para identificar y eliminar los desperdicios consignados por el Sistema de Producción de Toyota (TPS) por sus siglas en inglés, puede ser usado simultáneamente para identificar los Desperdicios Ambientales como una herramienta de administración sustentable (Silveira et al., 2009) y trabajar en ellos para mejorarlos (EPA, 2006; Future State Solutions, 2009). Se desprende de esto que la manufactura esbelta y el compromiso medioambiental son enteramente compatibles y absolutamente necesarios hoy día (Kiron, 2013;

Jiang et al., 2012; Millar et al., 2011), de hecho, no considerar el tema medioambiental de manera proactiva, es decir evitar la contaminación y no trabajar al final de la tubería en la manufactura esbelta, constituye una falla de implementación de dicho esquema de mejora continua (Kidwell, 2006).

No obstante que en la mayoría de las organizaciones de manufactura, los costos de la energía y en general los costos de los desperdicios ambientales, se consideran costos de “overhead”, existe la preocupación por pagarlos, pero no por controlarlos. Es determinante vigilarlos y reducirlos con el mismo empeño que se aplica a la reducción de los desperdicios en la manufactura esbelta (Kidwell, 2006; Schneider Electric, 2009), es frecuente que los ejecutivos de las plantas de manufactura piensen en las unidades de producto que deben producir, pero no en la energía y el medio ambiente.

Como consecuencia de lo anterior, los costos ambientales – *energía, uso de recursos no-producto, emisiones, residuos*-, están ocultos y no son considerados en la evaluación del costo de un proceso productivo (Kidwell, 2006) lo cual dificulta su medición, control y mejoramiento. A pesar de lo anterior, en una gran cantidad de casos en las empresas, no existe compromiso alguno con la sustentabilidad, o bien el compromiso se constriñe al cumplimiento únicamente de las regulaciones ambientales existentes en el país algo que sucede también en otros países avanzados como USA (Schneider Electric Study, 2011).

En el caso de México debe reconocerse que las regulaciones ambientales tienen actualmente muy poco alcance, sin embargo en virtud de las fuertes presiones sociales e internacionales, y los fuertes compromisos internacionales recientemente contraídos por el

gobierno mexicano en los foros mundiales en materia medioambiental, surgirán para estar a tono con el concierto internacional en el mediano plazo en el país, regulaciones ambientales más exigentes, de modo que la industria en general será impulsada a ahorrar energía con métodos diferentes.

Considerando que no hay evidencia suficiente de estudios en México (Monge et al., 2013), que muestren el éxito de las PMDRA en la implantación de la manufactura esbelta, lo cual parece deberse al hecho de que las compañías consideren la implantación de la manufactura esbelta, como el simple proceso de implantación de técnicas ej; SMED, TPM, KANBAN, HEIJUNKA (Spear y Bowen, 1999), y en muchos casos dichas técnicas son aplicadas de forma aislada, obedeciendo las preferencias del personal de la organización de algunas áreas, es claro, que de ésta manera podrán lograrse beneficios marginales, pero no se obtendrán los beneficios integrales y sostenidos que los grandes manufacturadores esbeltos consiguen con la filosofía esbelta.

Lo anterior denota la falta de compromiso de la alta administración, un ingrediente fundamental para el éxito de la manufactura esbelta (Toussaint et al., 2013), desconocimiento del alcance y metodología de implantación, resistencia al cambio, la falta de entrenamiento o carencia de liderazgo (Womack et al., 1996). La literatura sobre manufactura esbelta y experiencias en otros países como Japón, EEUU y otros, muestran que la manufactura mencionada, implica una verdadera transformación organizacional un cambio de paradigma, que involucra a todas las áreas de la organización, los sistemas contables, los sistemas de involucramiento y motivación del personal, apertura, humildad e ingenuidad organizacional y

finalmente el cambio de cultura (Toussaint et al., 2013; Cooper et al., 2008) que debe ser precedido por un cambio en el comportamiento del personal (Shook, 2010).

Por otra parte, condiciones básicas deben ser cumplidas previo a la incorporación de la manufactura esbelta, entre ellas la existencia de estándares básicos, ingeniería industrial, métricos, mediciones clave del Gemba como son: Efectividad Total del Equipo (OEE) por sus siglas en inglés, tiempos de cambio de modelo, tiempos de ciclo por operación, procedimientos estándares, por citar algunos. Debe recordarse que la mejora continua es justamente el mejoramiento de un estándar existente y la carencia de éste, imposibilita la mejora (IMAI, 1997).

Manufactura Sustentable

En lo relativo al tema medioambiental y la manufactura sustentable (Jiang et al., 2012; Millar et al., 2011), no hay evidencia suficiente que revele el compromiso de las PDMRA en relación al tema, lo cual puede deberse a múltiples factores como son: el desconocimiento del tema ambiental, las escasas regulaciones ambientales existentes y/o carencias de políticas públicas en México, la falta de liderazgo de los altos ejecutivos de las compañías de manufactura en materia sustentable, la escasa formación que reciben los profesionales en el tema sustentable en las universidades mexicanas, considerar que no es necesario preocuparse por el ambiente, creer que el progreso y la actividad económica inevitablemente conducen a un deterioro del medio ambiente y el desconocimiento de las herramientas y los beneficios de la manufactura sustentable y la relación con la manufactura esbelta.

De igual manera no son evidentes en las PMDRA métricos y/o índices definidos para el tema del medio ambiente y la sustentabilidad, que permitan ver de manera clara la forma como se va mejorando en éstos aspectos, y sobretodo determinar el impacto de las actividades del negocio en la huella ambiental “Carbon Footprint” (Slaper, 2011; EPA, 2006). Estudios recientes de Monge et al., (2013), MIT (MIT y BCG, 2013, 2011, 2009) y Bergmiller et al., (2011), así como los de Murugesan et al., (2012), Millar et al., (2011), Wills, (2009a, 2009b) y EPA, (2000) muestran que la manufactura sustentable puede ayudar a las organizaciones a lograr mejor desempeño operacional y medioambiental, apoyando los esfuerzos de sustentabilidad de las plantas de manufactura e impactando directa y positivamente: los resultados financieros (RF), el impacto de la huella de carbono (IHC), la cultura de sustentabilidad de la organización (CSO) y la satisfacción de los empleados (SE).

El tema es de gran importancia, si se considera que la manufactura a nivel global consume grandes cantidades de recursos y genera enormes cantidades de desperdicios, baste decir que la manufactura a nivel mundial consume un tercio de la energía mundial y genera el 36% del total de CO₂ (Millar et al., 2011) el principal gas de efecto de invernadero (GEI), en México Irastorza et al., (2010) indican que la industria generadora de energía contribuye con un 21% y la manufactura con un 8% a la emisión del mencionado gas, sin embargo es el sector de las industrias quien más energía consume contabilizando 60% del total consumido en el país, mientras que solo el 30% de las empresas en México cuentan con un sistema de medición energética, lo que manifiesta la escasa conciencia ambiental de las empresas (Rodríguez, 2011), es por lo tanto fundamental que las plantas de manufactura adopten prácticas sustentables

(Bergmiller et al., 2011) o manufactura sustentable, aunque ésta última expresión tenga diferentes significados para diferentes personas como lo consigna Millar et al., (2011).

Algunas estadísticas que reseñan la conciencia ambiental en México se muestran a continuación (Rodríguez, 2011).

- Sólo el 30% de las empresas en México tienen un sistema de medición de consumo de energía eléctrica.
- El sector industrial demanda el 60% de la electricidad del país, y ya se ha visto como está contribuye a la emisión de CO₂.
- El 79% de la electricidad en México proviene de combustibles fósiles – petróleo, gas, carbón.
- El perfil de consumo de electricidad es como sigue:
 - 46% motores eléctricos de corriente alterna
 - 17% refrigeración
 - 10% iluminación
 - 10% procesos
 - 9% Aire acondicionado

Los datos anteriores muestran la poca importancia que en general las empresas de manufactura mexicanas otorgan al tema del consumo de la electricidad, y como este consumo está relacionado íntimamente con los tres aspectos anteriormente mencionados, particularmente

aquel relacionado con el compromiso medioambiental, la sustentabilidad y el desarrollo sustentable (López-López, 2008), así como la valiosa sinergia que pueden darse entre ellos, en la búsqueda de la Triple Línea Final “Triple bottom line” (Slaper, 2011). Por otra parte, no se han encontrado estudios que evidencien que en las PMDRA, existen programas estructurados y estratégicos para disminuir los desperdicios ambientales que de acuerdo a (Wills, 2009a) son:

- Energía
- Agua
- Uso de recursos (insumos)
- Residuos sólidos y/o peligrosos.
- Emisiones a la atmósfera o al agua.
- Transportación (personal, MP, PT, proveedores)
- Biodiversidad

Es justamente en la actividad de reducción de manera sistemática y estructurada de los desperdicios ambientales en las PMDRA, que deben confluir la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la Mejora continua ya que estos tres aspectos están interrelacionados. Es decir la filosofía esbelta, la manufactura esbelta y la manufactura sustentable están estrechamente ligadas con la mejora continua, y los tres aspectos se ligan con la mejora del desempeño operacional (Toussaint et al., 2013; Murugesan et al., 2012; Vinohd et al., 2012; Koenigsaecker, 2009; Cooper et al., 2008).

Mejora Continua

En cuanto al tema de la *Mejora Continua*, no es común que existan dichas iniciativas en las PMDRA, ni de manera grupal ni de manera individual, por lo general, el personal confunde la administración por objetivos o el trabajo cotidiano con la mejora continua, en algunos otros casos las organizaciones realizan esfuerzos aislados como proyectos 6 sigma como lo demuestra Pande et al., 2000, o eventos Kaizen/Blitz (Moody et al., 1999), en otros casos no existe en absoluto orientación hacia la mejora continua y más escasa aún, es la participación individual del personal en la mejora a través de las propuestas individuales de mejora (PIMs) o sugerencias, lo anterior puede deberse a que la alta administración considera o bien que no hay tiempo para esas iniciativas, o que lo único importante es realizar el trabajo cotidiano.

En este sentido debe mencionarse que la mejora continua no es un destino, sino un viaje que implica la búsqueda insaciable de mejores niveles de desempeño, y requiere de ingredientes indispensables e insustituibles como son: el liderazgo genuino y comprometido de la alta administración y la capacitación continua del personal, la mejora continua no es la aplicación temporal de herramientas o técnicas sino una verdadera transformación cultural en la organización que modifique la forma como trabaja una organización (Toussaint et al., 2013; Liker et al., 2011; Shook, 2010).

Al respecto Murugesan et al., 2012, Koenigsaecker, (2009) e Imai, (1986) refieren que la mejora continua (Kaizen), es un componente fundamental para la ventaja competitiva, sobrevivencia y crecimiento de las organizaciones, sin embargo la literatura revela que la

manufactura esbelta y la mejora continua no han sido bien comprendidas en las plantas de manufactura del mundo occidental, y como consecuencia los esfuerzos se orientan a la aplicación aislada de técnicas, creando “silos” esbeltos y no una implantación integral, con sus beneficios y ventajas competitivas, esto es consignado por Bergmiller et al., (2011) y Liker et al., (2011).

En el contexto de la manufactura y en particular en las plantas de México, la situación no es muy diferente en cuanto a la adopción de la mejora continua, la manufactura esbelta y la manufactura sustentable, éstas iniciativas no se reflejan en acciones de mejora continua según lo revela un estudio realizado por Reyes-Aguilar, (2002) y que se traduce en la escasa participación de las plantas mexicanas en estos enfoques ya sea de manera grupal o individual a través de sugerencias.

En este contexto, el modelo resultante del presente estudio, pudiera ser empleado como guía por las PMDRA, para orientar acciones de mejora en la eficiencia operacional y la responsabilidad medioambiental de manera simultánea, es decir impactando la triple línea final (Slaper, 2011; Future State Solutions, 2009) – Utilidades-Sociedad-Medio Ambiente (RF, SE, IHC, CSO). También es importante mencionar, que no se conoce de estudios realizados en México, que interrelacionen los tres componentes: Manufactura esbelta, manufactura sustentable y mejora continua, y midan la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental (IEORA) y su impacto en: RF, SE, IHC, CSO, con el fin de obtener una medición integral, y resulta de un gran valor conocer como se encuentran las empresas de manufactura discreta en dicho índice de medición.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Variables y constructos del estudio

En este apartado del estudio, se presentan los elementos teóricos encontrados en la revisión de la literatura que tienen relación con las variables o constructos del estudio. Se describen en qué consisten las aportaciones y las deficiencias de cada elemento teórico, en relación a la presente investigación. Los elementos teóricos se han extraído de literatura reciente de los temas de manufactura esbelta, manufactura sustentable, mejora continua y desempeño operacional, así como de análisis estadístico mediante ecuaciones estructurales por el método de mínimos cuadrados parciales.

Las variables dependientes, independientes, medibles o manifiestas y constructos considerados en el estudio y extraídos del planteamiento del problema y del marco general de referencia son:

Indicadores medibles.

- Resultados financieros (RF)
- Impacto de la huella de carbono (IHC)
- Satisfacción de los empleados (SE)
- Cultura sustentable de la organización (CSO)

Variable latente dependiente.

- Índice de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental (IEORA)

Variables independientes.

- Efectividad de la manufactura esbelta (EME)
- Efectividad de la manufactura sustentable (EMS)
- Efectividad de la mejora continua (EMC)

2.2.2 Variables medibles y elementos teóricos relacionados

Los elementos teóricos revisados en el marco teórico que sustentan las 4 variables medibles están representados en los mapas conceptuales que se muestran a continuación.

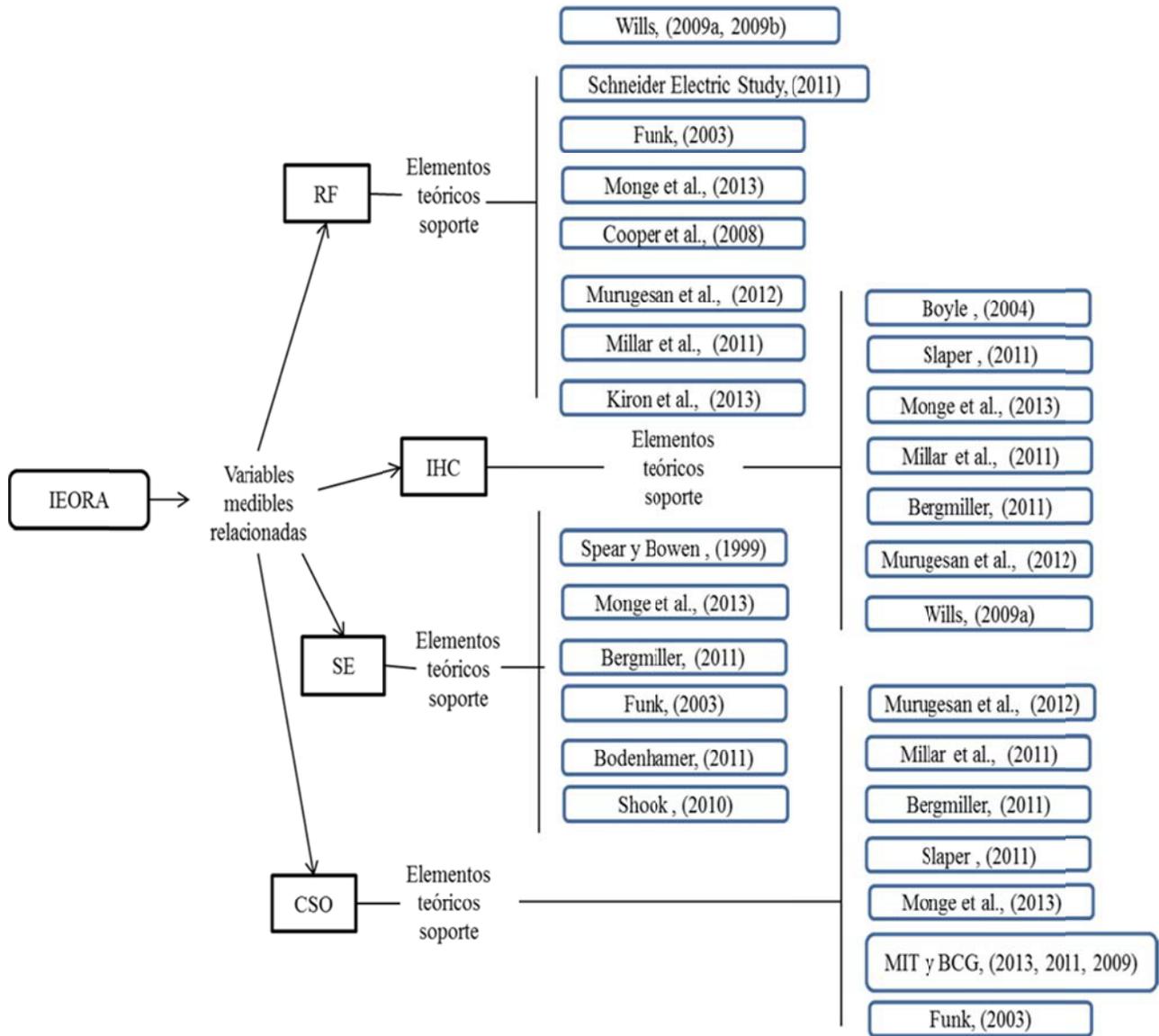


Fig. 1: Variables medibles y elementos teóricos

Fuente: Propia

2.2.3 Variables independientes y elementos teóricos relacionados

Los elementos teóricos revisados en el marco teórico que sustentan las 3 variables independientes se describen en el siguiente mapa conceptual:

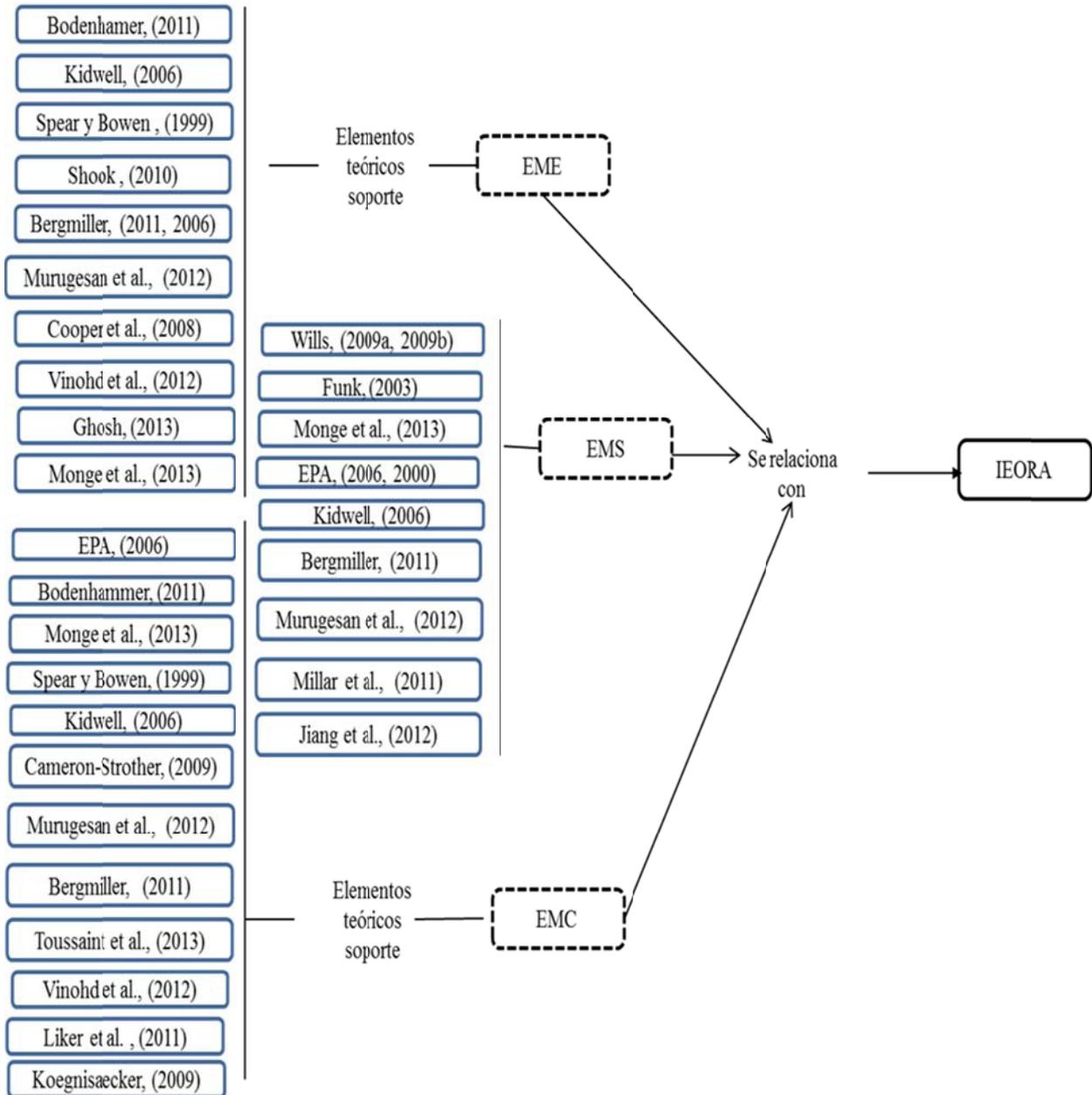


Fig. 2: Variables independientes y elementos teóricos

Fuente: propia

2.2.4 Variable dependiente latente y elementos teóricos Relacionados

Los elementos teóricos revisados en el marco teórico que sustentan la variable dependiente se indican en el siguiente mapa conceptual.

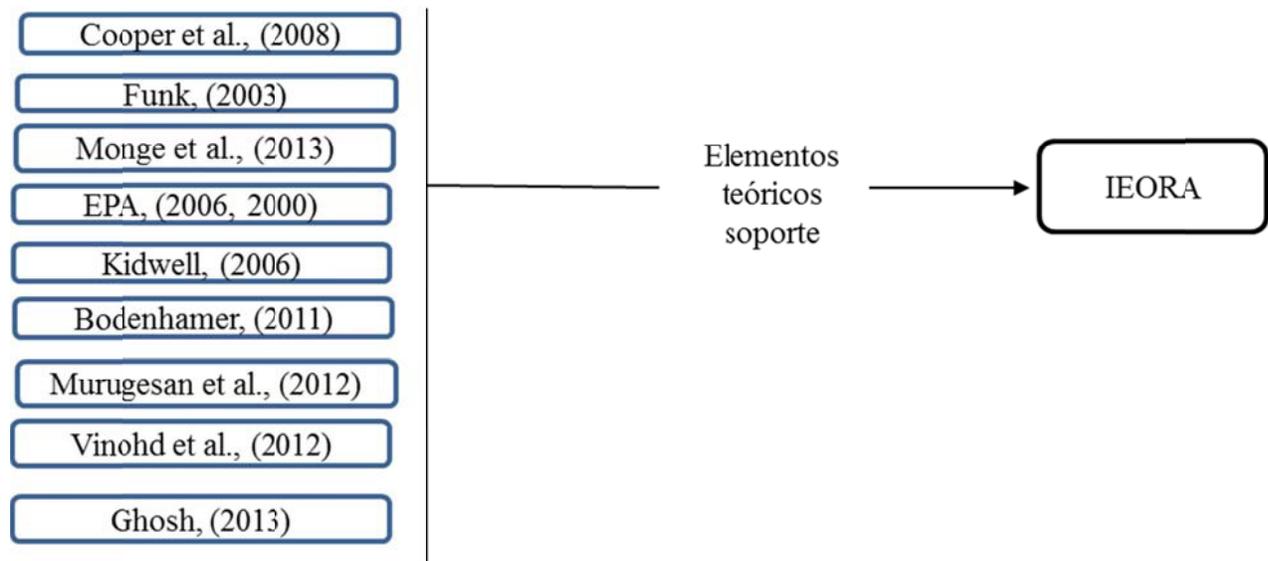


Fig. 3: Variable dependiente latente y elementos teóricos

Fuente: Propia

Efectividad de la manufactura esbelta (EME)

Los conceptos de Manufactura Esbelta no son en esencia nuevos, se remontan a décadas atrás partiendo desde la línea de ensamble de Ford, pasando al sistema de Justo-a-Tiempo (JIT) que de manera excepcional ha venido aplicando y perfeccionando Toyota desde los años 50's en

su TPS “Toyota Production System” (Ohno, 1988, Robinson, 1990) lo que le permitió a Toyota en 2009 convertirse en el fabricante de autos más poderoso del mundo superando a los tres grandes de EEUU (GM, Chrysler y Ford).

A mediados de los 80’s el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) dentro de su Programa Internacional de Vehículos de Motor (IMVP) auspiciado por gobiernos, compañías fabricantes de autos y empresas de autopartes de varias lugares del mundo, y obedeciendo a la preocupación de que los fabricantes de autos de EEUU y Europa usaban técnicas de manufactura masivas no muy diferentes a las de FORD, mismas que no les permitían ser competitivas en relación a sus contrapartes japonesas, encargó a un equipo de investigadores liderado por el Dr. James P. Womack, un estudio de las prácticas de manufactura del sector automotriz terminal a nivel mundial, los resultados de dichos estudios fueron publicados en el libro “The Machine That Changed The World” (Womack, Jones y Roos, 1990) y actualizados en una versión más reciente del mismo libro (Womack, Jones y Roos, 2007).

Ambos fundamentalmente apuntaban hacia el TPS refinado, como el factor diferencial entre productores japoneses y norteamericanos, y es cuando surge el término “Lean” Esbelto, para denotar una manufactura sin desperdicios o MUDA por su expresión en japonés, considerando un desperdicio, todas aquellas actividades que no agregan valor desde la perspectiva del Cliente, en otras palabras, aquellas por las que el Cliente no está dispuesto a pagar (Womack y Jones, 2003).

A pesar de que la filosofía de la Manufactura Esbelta “Lean Manufacturing” como tal, existe desde hace al menos tres décadas, y que se encuentra aplicada exitosamente en plantas japonesas como Toyota o en plantas norteamericanas con excelente calidad y productividad como NUMMI en Fremont, CA, EEUU, una sociedad entre Toyota y GM, hoy extinta (Abril 2010) por situaciones no imputables a su ejemplar sistema de manufactura esbelta. En México en general y en las PMDRA en particular, no ha logrado arraigarse y, consecuentemente las compañías de manufactura de la región no han conseguido sus enormes beneficios que brindan ventajas competitivas que permiten a una compañía una competitividad de clase mundial, en otras palabras, las compañías de manufactura mexicanas no han logrado la **Flexibilidad** (Stalk, 1988) que se alcanza a través de la manufactura esbelta “Lean”, y que puede sintetizarse como:

- Capacidad de producir y entregar variedad de productos.
- Lotes pequeños (caso ideal flujo de una pieza).
- Entregas frecuentes (Tiempos de entrega cortos).
- Costos bajos.
- Alta calidad.
- Tiempos de respuesta a requerimientos no planeados cortos.
- Tiempo de desarrollo de productos cortos.

Partiendo de la base que en los tiempos actuales en la manufactura, la ventaja competitiva por excelencia es el tiempo (Stalk, 1988), dado que la calidad y los costos son de carácter

mandatorio hoy día, en virtud de la competencia global, las PMDRA no están logrando ventajas competitivas importantes por la vía de la Eficiencia Operacional y consecuentemente pierden Clientes, negocios, participación de mercado y en última instancia su permanencia en el mercado, todo ello ante sus contrapartes de otros países, en el mejor de los casos las PMDRA mantienen su existencia no por su sólido sistema de manufactura, sino por el aprovechamiento de las ventajas comparativas artificiales e ilusorias que no son sostenibles en el tiempo como son: salarios bajos pagados a trabajadores, paridades cambiarias, y la cercanía geográfica con el mercado más grande del mundo que es el de los EEUU.

La Manufactura Esbelta debe ser adoptada en las PMDRA, por su capacidad de permitir la flexibilidad y finalmente un extraordinario flujo de efectivo al reducir dramáticamente el “Lead Time” – tiempo desde que el Cliente coloca una orden hasta que recibe su producto en las puertas de su organización. No obstante, en su gran mayoría las PMDRA continúan con los sistemas de manufactura de antaño, típicamente occidentales basados en la producción por pronósticos, con lotes de producción grandes basados en la cantidad de Lote Económico (EOQ) por sus siglas en inglés, y la búsqueda anacrónica de 100% de eficiencia de la mano de obra y 100% de utilización de la capacidad, este tipo de esquemas de manufactura invariablemente llevan a un incremento en la variabilidad del tiempo efectivo de procesamiento, y consecuentemente a grandes niveles de inventario en proceso (WIP) y largos tiempos de entrega “Lead times” (Standard y Davis, 1999) si no se atacan los problemas estructurales del GEMBA previamente, la gráfica siguiente muestra la relación del WIP, utilización de capacidad en % y lead Time.

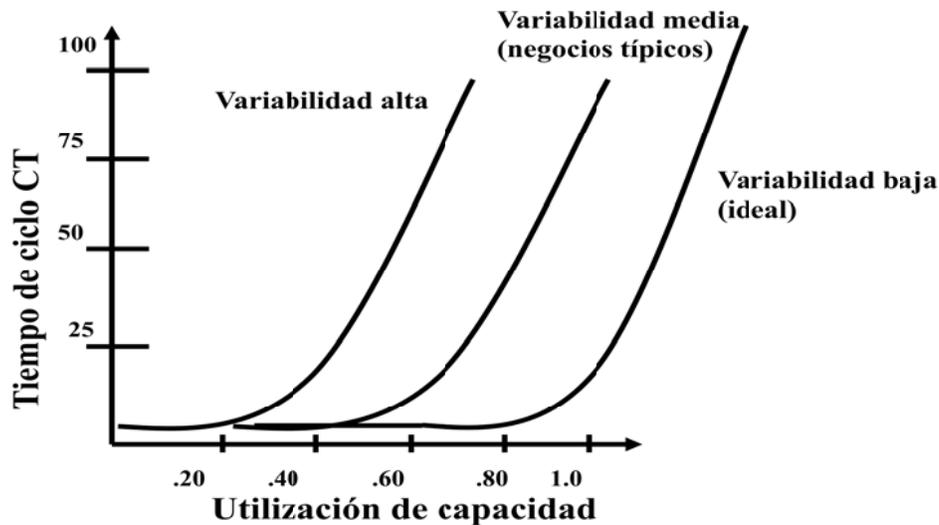


Fig. 4: De utilización de la capacidad %, WIP y tiempo de ciclo

Fuente: Adaptado de (Standard y Davis, 1999)

Por otra parte este tipo de manufactura se sustenta fuertemente en el empleo de sistemas de información del tipo ERP/MRP II que han probado incapacidad para convertir una compañía de manufactura en una de clase mundial (Maskell, 2002), mientras los problemas estructurales, elementales, básicos en el GEMBA no hayan sido resueltos. Debido a sus inherentes limitaciones al considerar la capacidad de la planta infinita, los tiempos de entrega de los proveedores fijos, y no manejar prioridades, aún las piezas más acabadas de software como son los sistemas del tipo APS (Advanced Planning & Scheduling Systems) que consideran capacidad de planta finita, algoritmos neuronales, sistemas expertos, inteligencia artificial, reglas heurísticas, teoría de restricciones, lógica difusa y prioridades, así como el empleo de la

tecnología de cómputo más avanzada, han podido lograr un mejoramiento en la eficiencia operacional importante como puede ser conseguida a través de la Manufactura Esbelta.

Es correcto afirmar que el desempeño superior de una planta de manufactura no sólo se limita a la búsqueda de una mayor eficiencia operacional en el piso de producción (GEMBA), *entendida ésta como hacer lo mismo que la competencia pero mejor*, sino, que se requiere *también de estrategia hacer cosas diferentes a la competencia (Stalk 1988)*, en realidad se requieren de ambas cosas, sin embargo una excelente Eficiencia Operacional apunta a una gran estrategia, lo contrario no resulta cierto, ya que en una planta de manufactura es en el piso de producción (GEMBA) donde se juega el destino del negocio.

Otras variables observadas o medidas pudieran ser consideradas, sin embargo las seleccionadas en este proyecto, son consideradas integradoras, así por ejemplo, podría pensarse incluir el costo de manufactura, sin embargo si el lead time, las actividades de valor agregado y la calidad mejoran, los costos necesariamente se reducirán y por otra parte la disminución del lead time y el mejoramiento del OEE conducen a la disminución del tamaño de lote y consecuentemente a incrementar la variedad (Flexibilidad).

La seguridad por su parte está fuertemente correlacionada con el OEE (Moore, 2006) y finalmente el tiempo dedicado a la observación directa en el piso por parte de la administración (Nestwood, 2005) y el nivel de conocimiento de los empleados en las técnicas y herramientas de la Manufactura Esbelta es fundamental para asegurar la Efectividad de la Manufactura Esbelta. Los parámetros de referencia que indican un desempeño sobresaliente en los ítems de esta

sección del cuestionario correspondiente a la EME, fueron obtenidos de la literatura sobre Manufactura Esbelta.

- * OEE o ETE \geq 85% (Mc. Carthy y Rich 2004, Smith et al., 2004)
- * OSE \geq 98% (Mc.Carthy y Rich, 2008; Moore, 2006)
- * Flow Time \leq 5 días (Mc. Carthy y Rich 2004; Herman, 2001)
- * % de Tiempo de valor agregado de los procesos (VA) \geq 50% (Womack y Jones, 2003; Conner, 2001)
- * Variedad \geq 80% (Mc. Carthy & Rich, 2004)
- * Calidad a la primera intención \geq 99% (Carreira, 2005)
- * Tiempo dedicado de los altos ejecutivos en el piso de producción \geq 80% (Nestwood, 2005).

La Manufactura Esbelta (Lean), es una manufactura libre de desperdicios (MUDA). Un modelo simplificado que sugiere una secuencia lógica de implantación de las técnicas se presenta a continuación en la Fig. 5 y representa los principios TOP (Takt Time-One-Piece-Pull-Level) y es una adaptación del modelo de (Conner, 2001).

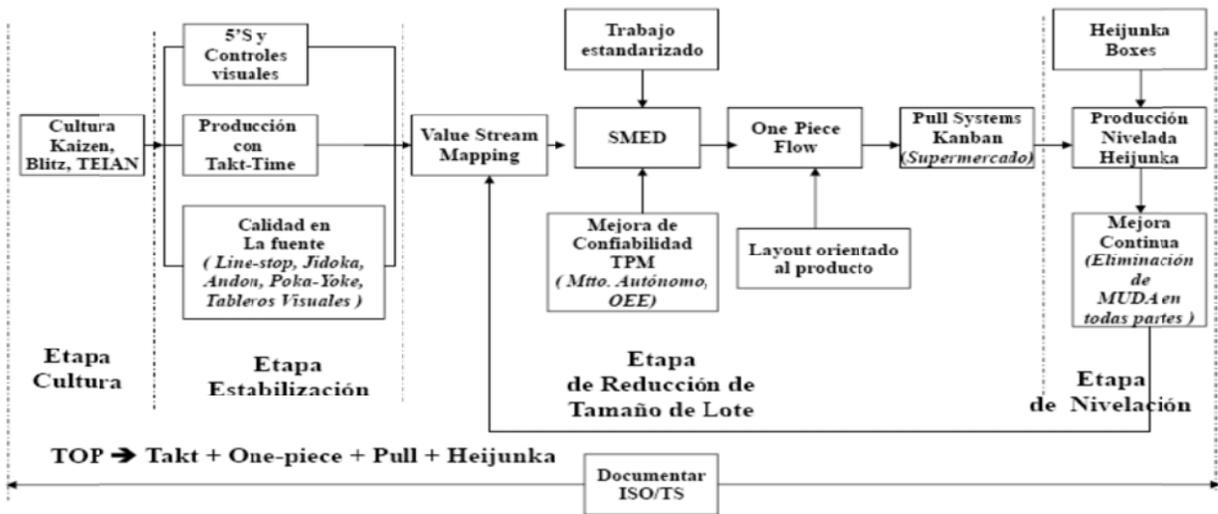


Fig. 5: Secuencia TOP

Fuente: Adaptado de (Conner, 2001)

El enfoque TOP adaptado propone la implantación de la Manufactura Esbelta en el orden siguiente:

a) Etapa de estabilidad: Asegurar que todas las estaciones de trabajo del flujo de un proceso operen de acuerdo al Takt Time, para ello se usarán las técnicas siguientes:

- 5S
- Análisis de tiempo de ciclo de las operaciones
- Análisis de valor agregado (VA).
- Value Stream Mapping (VSM) por sus siglas en inglés.

- Eliminación de desperdicios (MUDA).
- Redistribución de actividades entre estaciones de trabajo.

b) Etapa de creación de flujo: Producir y transferir a la siguiente estación el lote más pequeño posible, idealmente una pieza; las técnicas a utilizar son.

- Single Minute Exchange of Die (SMED) por sus siglas en inglés.
- Total Productive Maintenance (TPM) por sus siglas en inglés.
- Overall Equipment Effectiveness (OEE) por sus siglas en inglés.
- One-Piece-Flow.
- Small-lot production.
- Celdas de Manufactura.
- Jidoka (Autonomation).
- Calidad en la Fuente.
- Operarios con Multihabilidades.
- Trabajo estandarizado.

c) Etapa de Jalar la Producción: Producir únicamente cuando el Cliente lo pide, y usa las herramientas:

- Pull Systems – Kanban

d) Etapa de Nivelación: Producir de manera nivelada y mezclada - cantidades pequeñas de toda la mezcla de productos de la compañía en un período de tiempo dado (diario, semana, mes), la herramienta a utilizar es:

- Leveled Mixed Scheduling (Heijunka).

Con respecto a la literatura más actualizada sobre los temas motivos de la presente investigación, se describe a continuación las referencias y elementos teóricos encontrados en la revisión de la literatura.

Manufactura esbelta. El término esbelto (lean) que da inicio a la manufactura esbelta fue introducido por el Dr. James P. Womack en 1990 en occidente con la publicación del libro la Máquina que cambió al mundo (Womack et al., 1990) basado en el estudio de cinco años del Sistema de Producción Toyota realizado por el MIT dentro de su Programa Internacional de Vehículos de Motor (IMVP) por sus siglas en inglés, el concepto esbelto y la manufactura esbelta persiguen mejoras sustanciales del desempeño operacional o como Marugesan et al., (2012) refiere ventajas competitivas como: Calidad, costo, precio, velocidad en la entrega, consistencia en la entrega, innovación y flexibilidad (mejor, más barato, más rápido y más ágil),

esto es posible a través de la identificación y eliminación continua y sistemática de los desperdicios (actividades que no agregan valor) o “mudas” (término japonés de desperdicios), con el activo involucramiento de todos los empleados de una organización en proyectos de mejora continua (Imai, 1986).

La eliminación de las “mudas” como: sobreproducción, esperas, transporte, procesos innecesarios, inventario, movimientos y defectos (Cottyn et al., 2011; Imai, 1986) se realiza a través de 5 principios rectores del pensamiento esbelto que son: a) definición de valor desde la perspectiva del Cliente, b) mapeo de los procesos de producción y de servicios, c) crear flujo en los diferentes procesos, d) jalar la producción y e) búsqueda de la perfección a través de la mejora continua (Cottyn et al., 2011). La aplicación disciplinada, comprometida y eficazmente lideradas de estos principios eventualmente conduce a las plantas hacia la conversión en empresas esbeltas y a la obtención de enormes beneficios en términos de eficiencia operacional y ventajas competitivas (Ghosh, 2013; Lee, 2012; Murugesan et al., 2012; Vinohd et al., 2012).

En relación con la manufactura esbelta y el pensamiento esbelto, existen varios estudios en la literatura (Amin et al., 2013; Austin et al., 2013; Ghosh, 2013; Lee, 2012; Vinodh et al., 2012; Murugesan et al., 2012) e incluso algunos de ellos realizados en contextos latinoamericanos (Cardozo et al., 2011; Millar et al., 2011; Arrieta et al., 2010; Pérez et al., 2011), en el ámbito mexicano desafortunadamente pocos estudios relevantes fueron encontrados (Reyes-Aguilar, 2002).

Enseguida se comentará con mayor detalle los alcances de cada uno de los estudios citados al inicio de este párrafo, en Amin et al., (2013), se desarrolló un modelo matemático de optimización con el fin de ayudar a las plantas de manufactura a seleccionar las estrategias esbeltas (lean) adecuadas para eliminar o reducir los desperdicios dadas las restricciones de los recursos de planta y de esta manera mejorar el desempeño operacional, en dicho modelo se evalúa cuantitativamente el valor percibido de las estrategias lean en la reducción de los desperdicios “muda” a través de un solución óptima construida con MATLAB, los resultados muestran que el valor percibido de la reducción de “muda” puede cambiar significativamente de acuerdo a las políticas y estrategias de producto consideradas por el fabricante.

Por su parte Austin et al., (2013) refiere que dadas la necesidades cambiantes del Cliente y los requerimientos tecnológicos actuales, las organizaciones se ven forzadas a implantar iniciativas “lean” en sus procesos de producción con el fin de conseguir mejorar el desempeño operacional (eficiencia operacional) y lograr ventajas competitivas, el estudio presenta en el contexto automotriz una del concepto esbelto, un modelo desarrollado empleando la técnica de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) por sus siglas en inglés, en su implantación se aplicó un cuestionario a 15 compañías automotrices de la India, el modelo relaciona las prácticas y técnicas esbeltas con los objetivos competitivos e identifica, cuáles de las diferentes herramientas esbeltas tienen mayor impacto en el logro de un desempeño esbelto. Con Ghosh, (2013) el estudio muestra la situación actual en la implantación de prácticas esbeltas en plantas de manufactura de la India y su impacto en el desempeño operacional.

El estudio se realizó aplicando un cuestionario a 79 plantas en las diferentes regiones de India, y dado que la manufactura esbelta es un constructo multidimensional se encontró que el 80% de las plantas ha implantado varias dimensiones de la manufactura esbelta como son: enfocarse en las necesidades del Cliente, sistemas de producción jalada, reducción de tiempo de intercambio de moldes (SMED), mantenimiento productivo total (TPM), relación con proveedores, control estadístico de procesos y solución incluyente de problemas.

Se encontró asimismo que se ha incrementado la productividad, la calidad a la primera intención, reducido el tiempo de entrega y los inventarios así como el espacio ocupado. A manera de síntesis, los encuestados afirmaron que la calidad a la primera intención, reducción del tiempo de entrega y el incremento de la productividad son los tres principales impulsores de la adopción de la manufactura esbelta en aquel contexto.

Vinodh et al., (2012) describe que con frecuencia se considera que la manufactura esbelta mejora la competitividad de los negocios, sin embargo, existe poca evidencia en la literatura de estudios empíricos que validen el impacto positivo en el desempeño organizacional, con este propósito en este estudio se obtuvieron datos empíricos para medir las prácticas de la manufactura esbelta que prevalecen en las industrias en India, fue desarrollado un modelo de ecuaciones estructurales para validar las mediciones e hipótesis y los resultados muestran como la manufactura esbelta está correlacionada con el mejoramiento del desempeño operacional de las organizaciones, este estudio tiene un enfoque similar al de la presente investigación, debido a que usa modelación con ecuaciones estructurales para determinar el impacto directo de la manufactura esbelta con la eficiencia operacional.

Murugesan et al., (2012) presenta un estudio que contempla un modelo de regresión múltiple para correlacionar dos variables independientes, la manufactura de clase mundial (WCM) por sus siglas en inglés y las iniciativas esbeltas (lean) o manufactura esbelta con la variable dependiente ventaja competitiva o desempeño operacional, todas estas variables son multidimensionales, los datos empíricos fueron obtenidos de 125 plantas de manufactura del sur de la India y el resultado mostró que tanto la manufactura de clase mundial y la manufactura esbelta están estrechamente ligadas con el desempeño operacional y la ventaja competitiva, lo cual fue revelado por un coeficiente de determinación R^2 de 0.83.

Es importante mencionar que Upadhye et al., (2010) considera que la manufactura de clase mundial (WCM) y la manufactura esbelta son lo mismo. Lee, (2012) en un estudio realizado con 970 compañías de manufactura en 18 países, aplicó modelación con ecuaciones estructurales para probar empíricamente la relación entre la manufactura esbelta y la administración total de la calidad (TQM) por sus siglas en inglés en el desempeño operacional (eficiencia operacional), los resultados revelaron que los dos aspectos tienen un impacto positivo, directo y estadísticamente significativo en el desempeño operacional medido a través de las dimensiones: calidad, costo velocidad y flexibilidad, en algunos otros estudios estas dimensiones son expandidas para incluir algunas otras mediciones (Murugesan et al., 2012).

En el contexto latinoamericano se han realizado algunos estudios en relación con la adopción de la manufactura esbelta: Monge et al., (2013) realizaron un estudio en 40 plantas de manufactura discretas medianas y grandes en Apodaca NL, en este estudio se demostró el

impacto positivo, directo y estadísticamente significativo que tienen la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua, en el desempeño operacional y responsabilidad ambiental, así como el impacto que tiene dicho desempeño operacional en los resultados financieros, cultura de sustentabilidad de las plantas, y satisfacción de los empleados.

Cardozo et al., (2011) analizaron el proceso productivo de 45 empresas pequeñas y medianas productoras de queso en Venezuela, para determinar la adopción de las dimensiones de la manufactura esbelta en particular de las 5S y la adopción de prácticas sustentables (manufactura sustentable) en estas organizaciones, los resultados muestran que las empresas tienen limitaciones en la adopción de ambos enfoques, comprometiendo su competitividad. Arrieta et al., (2012) también muestran en su estudio una difusión muy baja de las iniciativas esbeltas en el sector de la confección en las empresas no extranjeras en Colombia, el caso de México no es muy diferente en las plantas de manufactura de acuerdo a los estudio de Reyes-Aguilar, (2002) y Monge et al., (2013).

Efectividad de la manufactura sustentable (EMS)

El **segundo** componente del modelo motivo de la presente investigación es la sustentabilidad en las plantas de manufactura, es decir “*Que las plantas de manufactura realicen sus operaciones empleados recursos naturales de modo tal que no ponga en peligro la disponibilidad de los mismos para las siguientes generaciones*” (López-López, 2008), el modelo como ya se ha mencionado busca integrar a la manufactura esbelta “lean Manufacturing” el componente de sustentabilidad, es decir la manufactura sustentable “green Manufacturing” (Millar et al., 2011; Wills, 2009a; EPA, 2006; EPA, 2000).

La razón es que los tiempos modernos y el entorno geopolítico actual han mostrado que no basta con obtener los grandes beneficios de la manufactura esbelta, si estos, son obtenidos a través del uso irracional de recursos naturales y un deterioro al medio ambiente, en otras palabras, a través de la operación de las plantas de manufactura de manera no sustentable, las sociedades, incluso la mexicana, se están volviendo más exigentes en materia medio ambiental, hay más conciencia, y podría decirse que una planta de manufactura sin manufactura esbelta no es viable, una planta de manufactura sin sustentabilidad no tiene futuro, las presiones sociales y la carencia de eficiencia operacional en esta época de intensa competencia global, atentan contra su sobrevivencia.

En última instancia, si, la manufactura esbelta también considera las metas ambientales, entonces conseguirá eficiencia operativa, sustentabilidad y buena imagen pública. Como un ejemplo de esto último, se menciona el caso de la energía eléctrica, el consumo de energía eléctrica tiene impacto directo en la Línea Final (utilidades) a la vez que se refleja en la huella ambiental “carbón footprint” (Slaper, 2011; Kidwell, 2006).

Es claro que existen razones prácticas y económicas para ligar a la manufactura esbelta con la manufactura sustentable, en otras palabras, la eficiencia económica es totalmente compatible con la eficiencia ecológica, de modo que una manufactura sustentable produce beneficios económicos y de imagen para una planta de manufactura, que le brindan una ventaja competitiva, la siguiente comparación puede aclarar el punto. La manufactura esbelta elimina los desperdicios (MUDA) y con ello genera reducción de costos, la manufactura sustentable reduce

o elimina la utilización de recursos naturales y también con ello logra una reducción de costos y en consecuencia se obtiene ventaja competitiva. Es claro el mandato hoy día para las plantas de manufactura, la búsqueda de la triple línea final “Triple Bottom Line” (Slaper, 2011; Future State Solutions, 2009; Kidwell, 2006), *Utilidades-Sociedad-Ambiente*, debe ser claro entonces, que la conjugación de la manufactura esbelta-sustentable “Lean Green” produce beneficios económicos y de imagen mayores, que aquellos que pueden ser obtenidos mediante la aplicación separada de ambos enfoques.

Existen herramientas que ligan la aplicación de ambos enfoques, sólo por citar una de ellas, el Mapeo de la cadena de valor verde (GVSM - Green Value Stream Map) (Wills, 2009b) o mapeo de la cadena ambiental (EVSM – Environmental Value Stream Map) (Silveira y Gati, 2009) ambos enfoques utilizan el VSM como una herramienta de administración para la mejora por la vía de la eliminación de los desperdicios ambientales (Wills, 2009b). Sin embargo, durante los esfuerzos de mejora que se establecen en manufactura esbelta dictados por el VSM, no se incluyen comúnmente los aspectos ambientales ni al personal responsable del área ambiental, ya que se considera que su labor, debe ser únicamente asegurar el cumplimiento de las regulaciones ambientales y no se le atribuye capacidad para contribuir a las utilidades, lo que constituye un error como ya se ha dicho. El personal del área ambiental debe formar parte del equipo de implantación de la manufactura esbelta y jugar un rol protagónico en los ejercicios de VSM (EPA, 2006; Kidwell, 2006).

La Environmental Protection Agency EPA por sus siglas en inglés, que es la agencia de protección al ambiente de los (EEUU), es un organismo que emitió una serie de

recomendaciones y herramientas para vincular la manufactura esbelta con la manufactura sustentable, dichas recomendaciones se encuentran en el documento “The Lean and the Environment Toolkit” (EPA, 2006), autores como (Wills, 2009a, 2009b) coinciden en la necesidad de que las compañías sean ambientalmente responsables. Por su parte (Silveira y Gati, 2009) proponen que se use el EVSM (Environmental Value Stream Mapping) como una herramienta de la administración para mejorar el desempeño ambiental y tener beneficios.

En la definición de estas variables manifiestas, se revisó la literatura para encontrar instrumentos de medición de las mismas, orientados hacia los fines de esta parte de la investigación. Se puso énfasis en aquellos que vincularan los componentes de la triple línea final (Utilidades, Personas, Planeta), con el fin de medir variables que afectan la salud y el bienestar y no únicamente la eficiencia operacional y prosperidad económica (Carleton, 2009), es decir, es una manufactura en la cual se pone especial atención a la eliminación de los desperdicios ambientales como son: Consumo excesivo de energía y de materiales, reducción de residuos (sólidos y/o peligrosos), y de emisiones al agua y a la atmósfera, en otros términos busca reducir el impacto ambiental o la huella ecológica derivado de la manufactura de productos. Para estos efectos se usa la herramienta del Green Value Stream Map “GVSM” o Environmental Value Stream Map “EVSM” (Silveira & Gati, 2009) por sus siglas en inglés que son versiones más acabadas del Value Stream Map “VSM” original (Rother y Shook, 1998). Estudios adicionales actualizados acerca del tema de la manufactura esbelta o verde se describen a continuación.

Manufactura sustentable. La manufactura sustentable (Jiang et al., 2012; Millar et al., 2011) basada en principios de sustentabilidad y desarrollo sustentable, a diferencia de la

manufactura esbelta que busca en un proceso de mejora continua reducir o eliminar desperdicios o “mudas”, persigue eliminar los desperdicios ambientales en los procesos productivos que de acuerdo a Wills, (2009a, 2009b) son: Energía (particularmente la eléctrica), agua, emisiones al aire, emisiones al agua, uso irracional de materiales, residuos sólidos y/o peligrosos, transportación y daño a la biodiversidad, mejorando así el desempeño operacional y ventajas competitivas.

Bergmiller et al., (2011) en otro estudio refiere que las plantas de manufactura exitosas en la aplicación de la manufactura esbelta, deberían también ser exitosas al implantar principios sustentables y manufactura sustentable, su estudio realizado en plantas de manufactura finalistas del premio Shingo, que es un reconocimiento a la excelencia en la manufactura en plantas de Canadá, EEUU y México, explora la sinergia existente entre la manufactura esbelta y la sustentabilidad, de esta forma se establece la relación entre la manufactura esbelta y la sustentable, Cardozo et al., (2011) en un estudio reciente en el contexto latinoamericano realizado en 45 plantas PYME's productoras de queso de Venezuela para determinar la adopción de prácticas esbeltas y sustentables, refiere que la manufactura esbelta y la manufactura sustentable están vinculadas, y que la falta de adopción de estas provoca una pérdida de la posición competitiva. También existe el estudio de Monge et al., (2013) que demuestra el impacto que tiene la manufactura sustentable en la eficiencia operacional, resultados financieros y cultura de sustentabilidad de las organizaciones.

Queda establecido entonces, que la manufactura esbelta ayuda al medio ambiente aun inadvertidamente, ahora bien, la prevención de la contaminación y la preocupación por el medio

ambiente (Kidwell, 2006), conducen a una mejora en la eficiencia operacional, que en esencia es lo que persigue la manufactura esbelta dada la liga entre estos dos enfoques de manufactura. De hecho ambas filosofías tienen varios puntos de coincidencia y comparten algunas herramientas como son: Mapeo de la corriente de valor o VSM por sus siglas en inglés (Toussaint et al., 2013) y 5S con algunas modificaciones menores, así por ejemplo, el VSM utilizado en la manufactura esbelta para identificar y eliminar los desperdicios “mudas” consignados por el Sistema de Producción de Toyota (TPS) por sus siglas en inglés, puede ser usado también para identificar los desperdicios ambientales, y como una herramienta de administración sustentable (Silveira et al., 2009) que facilita la generación de proyectos de mejora continua verdes (Wills, 2009a; EPA, 2000).

En el contexto de la zona del Caribe Millar et al., (2011) desarrollaron un estudio descriptivo para determinar el nivel de adopción de la manufactura sustentable en los países de esa región encontrando que las plantas del Caribe poseen un escaso conocimiento de la manufactura sustentable y la implantación de estas iniciativas es escasa, en México la situación es similar en la adopción de la manufactura sustentable por parte de las empresas, esto puede deberse a la poca cultura de sustentabilidad en la industria de la manufactura, que no les permite ver que el compromiso medioambiental apoya el logro de beneficios económicos (Kidwell, 2006) y simultáneamente mejora la huella ecológica (Slaper, 2011), asimismo, no son capaces de identificar en la combinación de la manufactura esbelta, sustentable y mejora continua la oportunidad de conseguir ventajas competitivas y estratégicas, crear cultura de sustentabilidad y mejorar la calidad, costos, tiempos de entrega, imagen en la comunidad, generar mayor valor

para los accionistas y satisfacción de los empleados (Monge et al., 2013; MIT y BCG, 2013, 2011, 2009; KPMG, 2009).

Efectividad de la mejora continua (EMC)

El **tercer** componente del modelo motivo del presente estudio, es la filosofía de mejoramiento continuo, el fin de este componente en el modelo es el permitir que los esfuerzos de manufactura esbelta y manufactura sustentable, sean trascendentes en el tiempo, es decir tengan continuidad, y evitar que sean consideradas modas en las PMDRA, el componente de mejora continua busca generar en la organización de manufactura en su conjunto, un genuino, real, honesto y sostenido esfuerzo de desempeñarse en una planta de manufactura esbelta-sustentable.

Sin la existencia de este componente, los esfuerzos iniciales se diluirían y con el tiempo serían abandonados regresando a la organización a su punto de partida. Existen diversas fuentes y autores que coinciden con la necesidad de incorporar la conciencia ambiental a la manufactura, dichas fuentes se citan en la sección de marco teórico y/o bibliografía del presente estudio, no obstante, solo se ha encontrado una evidencia de un modelo integral (Monge et al., 2013) que conjugue la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua y permita la medición del desempeño de estos factores de manera integrada y su impacto en los resultados financieros, impacto de la huella ambiental, satisfacción del empleado y creación de cultura sustentable en la organización, lo cual constituye una brecha del conocimiento que capitaliza la presente investigación.

Mejora continua. Otras referencias y elementos teóricos se describen a continuación. La mejora continua. (Imai, 1986), aplicada a la manufactura, es en esencia una filosofía que involucra de manera individual y a través de propuestas individuales de mejora (PIMs) o grupal a través de proyectos de mejora (PM), círculos de calidad, grupos pequeños o proyectos seis-sigma, a todo el personal de una organización, desde la alta administración, hasta los empleados de línea en la búsqueda interminable de niveles superiores en materia de: Calidad, costos, tiempos de entrega, flexibilidad, seguridad y moral de los empleados (Toussaint et al., 2013; Koenigsaecker, 2009; Cooper et al., 2008), la característica primordial es que los esfuerzos de mejora pueden ser pequeños (kaizen), dramáticos (innovación) o la combinación de ambos, siempre y cuando dichos esfuerzos sean continuos (Imai, 1986), y es determinante para el éxito de la mejora continua, la activa, motivada y copiosa participación de los empleados.

En cuanto a la mejora continua, los estudios citados en las secciones de manufactura esbelta y manufactura sustentables refieren la realización de acciones de mejora continua (Austin et al., 2013; Ghosh. 2013; Jiang et al., 2012; Lee, 2012; Murugesan et al, 2012; Cardozo et al., 2011; Wills, 2009a; EPA, 2000), esto es consistente ya que tanto las iniciativas de manufactura esbelta y sustentable son enfoques de aplicación continua y no puntuales (Bergmiller et al., 2011) condición fundamental para el éxito de ambas iniciativas.

Por otra parte ya fue comentado en las secciones anteriores el impacto de las iniciativas esbeltas y sustentables en el desempeño operacional o eficiencia operacional, de hecho la manufactura esbelta y la sustentable con frecuencia son consideradas filosofías de mejora continua (Murugesan et al., 2013; Toussaint et al., 2013; Bergmiller et al., 2011; Cardozo et al.,

2011). Silveira et al., (2009) incluso menciona que la técnica VSM empleada en la manufactura sustentable puede ser usada simultáneamente para identificar los desperdicios ambientales y como una herramienta de administración sustentable (Silveira et al., 2009) que facilita la generación de proyectos de mejora continua verdes para eliminarlos (Wills, 2009a; EPA, 2000).

La condición determinante para el éxito de la mejora continua es el involucramiento y apoyos decididos de la alta administración, así como la ejecución de las actividades de mejora de manera sostenida (Bergmiller et al., 2011; Liker et al., 2011), abundante y motivada del personal de manera individual a través de propuestas individuales o grupal por medio de proyectos de mejora interdisciplinarios (Imai, 1986).

En este proceso, se identificaron también las brechas de conocimiento de los elementos teóricos estudiados, mismas que cimentan la dirección de la investigación y la aportación al avance del conocimiento del presente estudio, encontrándose que dicha brecha consiste en que los estudios previos analizados consideran los impactos de la manufactura esbelta, sustentable y la mejora continua en el desempeño operacional de manera aislada y no integrada con una medición a través de un índice de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental como lo propone el presente estudio (Monge et al., 2013). También debe mencionarse como parte de la brecha el hecho de que los estudios encontrados en la literatura fueron realizados en contextos diferentes al de Apodaca, México.

En la definición de las variables manifiestas que se relacionan con la EMC, se estudió la literatura para determinar cuáles son las más representativas, siendo estas las que se encuentran

descritas en el cuestionario, así por ejemplo (IMAI, 1986) establece las sugerencias del personal, ya sea las presentadas como las implantadas como un indicador clave de la mejora continua. Por otra parte tanto (Liker et al., 2011; O'Reilly y Pfeffer, 2000; Suzaki, 1993; IMAI, 1997) establecen el involucramiento de la alta administración como condición fundamental para la implantación exitosa de la mejora continúa en una organización. Los parámetros de referencia para indicar niveles sobresalientes en las mediciones de los ítems que componen esta parte del cuestionario, fueron tomados de la literatura siguiente:

- * Tiempo dedicado de los altos ejecutivos en el piso de producción $\geq 80\%$
(Nestwood, 2005).
- * Participación de todos los empleados en proyectos de mejora $\geq 80\%$
(Moore, 2006)
- * Ideas de mejora presentadas por empleados por mes ≥ 3 (Moore, 2006)
- * Nivel de implantación de ideas de mejora $\geq 90\%$ (Moore, 2006; Imai, 1997)

En la mejora continua, un ingrediente determinante es la existencia de estándares, pues de hecho una mejora requiere la incorporación de un estándar mejorado (Koegnisaecker (2009); Imai, 1986). En la acción de considerar que los estándares y los procesos, deben mejorarse continuamente, existen dos enfoques el norteamericano basado en la innovación y el japonés orientado al Kaizen, en alguna o todas sus modalidades, en la presente investigación se adopta el enfoque japonés por no ser intensivo en capital sino en talento de las personas, aunque es necesario consignar que la combinación Kaizen (IMAI, 1997) e innovación es la mezcla ideal. Las herramientas a usar son:

- Kaizen (IMAI, 1997).
- Proyectos de Mejora Continua.
- Kaizen-Blitz (Moody et al., 1999).
- Kaizen-Teian (JHRA, 1997)
- Solución de problemas o mejoras con A3 (Shook, 2008).

Índice de Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental (IEORA)

Finalmente el cuarto componente de esta investigación, la variable dependiente IEORA y de acuerdo a Ghosh, (2013), Monge et al., (2013), Murugesan et al., (2012), Golicic, (2012), Vinohd et al., (2012), Bodenhamer, (2011), Cooper et al., (2008), EPA (2006, 2000), Kidwell, (2006), Funk, (2003) y Stalk (1988) la manufactura esbelta ayuda a mejorar la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental por la vía de la producción de lotes pequeños y las entregas frecuentes, reduciendo así el consumo de energía eléctrica en KWhe y las emisiones de CO² que conlleva el consumo de energía, el uso de materias primas, debido a que al producir lotes pequeños la calidad se mejora (Kidwell, 2006) reduciendo consecuentemente los residuos sólidos y/o peligrosos, estos aspectos citados constituyen algunos de los aspectos que Wills (2009a) denomina desperdicios ambientales.

Queda de esta manera manifiesta como la eficiencia operacional generada por la manufactura esbelta incide en un mejoramiento de la responsabilidad ambiental de una organización. Por otra parte también debe decirse que la producción en lotes pequeños y entregas

frecuentes se contraponen con la responsabilidad ambiental en el tema de el desperdicio de la transportación por la entrega a Clientes que de acuerdo a la manufactura esbelta deben ser más frecuentes y, esto es ciertamente dañino al medio ambiente (Golicic, 2012), en consecuencia deben conjugarse los dos aspectos la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental.

Adicionalmente Funk (2003) establece que las empresas deben prestar más atención a los indicadores intangibles no financieros, ya que estos de acuerdo a un estudio realizado por Gemini Ernst & Young revelan que entre los intangibles más altos, se encuentran la responsabilidad social y ambiental y los relacionados con los empleados, y que los indicadores intangibles asociados a la sustentabilidad son también indicadores de eficiencia operacional.

En Bodenhamer (2011) se puede observar que el paso clave en las organizaciones para ejecutar exitosamente iniciativas sustentables, es definir la sustentabilidad en términos que estén en consonancia con las metas de la organización, es decir identificar actividades sustentables compatibles con el responsabilidad ambiental que apoyarán las metas deseadas, en este sentido las compañías han orientado sus estrategias de implantación de la sustentabilidad en tres áreas clave; Eficiencia operacional, mejoramiento de infraestructura, mejoramiento de procesos y energías renovables.

Los autores citados al igual que Silveira y Gati (2009), proponen herramientas para identificar desperdicios ambientales (EVSM) y de acuerdo a Womack et al., (2003), desperdicios en la manufactura (VSM), sin embargo no proponen un mecanismo que permita evaluar el nivel de desempeño en los dos aspectos, es decir un indicador integral que mida empíricamente la

eficiencia operacional y responsabilidad ambiental, si bien hay esfuerzos en ese sentido como el de Wal Mart de México descritos en Ortega, (2011) que muestra un Índice de sustentabilidad en el empaque, con este índice WalMart efectúa una medición de los proveedores de productos de consumo a partir del empaque en función de nueve métricos como son: emisiones de GEI relacionados con la producción del empaque, emisiones generadas por el transporte, relación tamaño-producto, cubicaje, contenido de material reciclado, capacidad de recuperación de materiales, cantidad de energía renovable utilizada en la manufactura.

En base a estos métricos Wal Mart de México genera una calificación al proveedor lo cual le permite saber cuan sustentable es, y con ello que los proveedores busquen se vuelvan más sustentables, mejoren los empaques de sus productos, accedan a nuevos clientes y generen nuevos negocios obteniendo beneficios económicos que de acuerdo a Plambeck, (2012) pueden llegar a ser del orden de 5% por año. IEORA busca constituir un scorecard e índice de los aspectos conjuntos de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental.

2.2.5 Relación de variables, indicadores medibles y elementos teóricos

Tabla 1. Relación de elementos teóricos con variables y constructos

Autores/teorías/modelos	Variables Independientes			Variable latente dependiente	Indicadores Medibles			
	EME	EMS	EMC		IEORA	RF	IHC	SE
Propuesta de Investigación								
Bergmiller, (2011)	√	√	√			√	√	√
Bergmiller, (2006)	√	√						
Bodenhamer, (2011)	√	√	√	√			√	
Boyle, (2004)						√		
Cameron-Strother, (2009)			√					
Cooper et al., (2008)	√			√				
EPA, (2000)		√		√				√
EPA, (2006)		√	√	√				
Funk, (2003)		√		√	√		√	√
Future State Solutions, (2009)				√	√	√	√	√
Ghosh, (2013)	√			√				
Jiang et al., (2011)		√						
Kidwell, (2006)	√	√	√	√				
Kiron et al., (2013)					√			
Koenigsaecker, (2009)			√					
Liker et al., (2011)			√					
Millar et al., (2011)		√			√	√		√
MIT y BCG, (2013)								√
MIT y BCG, (2011)								√
MIT y BCG, (2009)								√

Monge et al., (2013)	√	√	√	√	√	√	√	√
Murugesan et al., (2012)	√	√	√	√	√	√		√
Schneider Electric Study, (2011)					√			√
Shook, (2010)	√						√	
Silveira y Gati, (2009)		√		√		√	√	
Slaper, (2011)						√		√
Spear y Bowen, (1999)	√		√				√	
Toussaint et al., (2013)			√					
Vinohd et al., (2012)	√		√	√				
Wills, (2009a)		√			√	√		
Wills, (2009b)	√	√			√			

Una breve descripción de los elementos teóricos sus convergencias y divergencias con el objeto de estudio, así como las brechas identificadas, es posible observarlas en el apéndice 2.

Indicadores medibles y su relación con la EME

Los indicadores medibles que se describen a continuación influyen positivamente a la variable independiente Efectividad de la Manufactura Esbelta (EME).

Tabla 2. Variables manifiestas que influyen la EME

Variables	Naturaleza	Indicadores	Relación con ítems del instrumento de medición
Efectividad de la Manufactura Esbelta (EME)	Constructo latente	Grado de implantación de la manufactura esbelta (GIME) – (Monge et al., 2013; Murugesan et al., 2012)	1 al 10
		Reducción del tiempo de flujo (RFT) – Monge et al., (2013), Mc. Carthy y Smith, (2004), Herman,	11

		(2006)	
		Reducción del tiempo de entrega (RLT) – <i>Murugesan et al., (2013), Womack et al., (2003), Moore, (2006)</i>	12

Indicadores medibles y su relación con la EMS

Los indicadores medibles que se describen a continuación influyen positivamente a la variable independiente Efectividad de la Manufactura Sustentable (EMS).

Tabla 3. Variables manifiestas que influyen la EMS

Variables	Naturaleza	Indicadores	Relación con ítems del instrumento de medición
Efectividad de la Manufactura Sustentable (EMS)	Constructo latente	Compromiso con la sustentabilidad (CS) – MIT y BCG, (2013, 2011, 2009); Schneider Study, (2011); Schneider Electric, (2008)	13 y 14
		Grado de implantación de la manufactura sustentable (GIMS) – Wills, (2009a, 2009b); MIT y BCG, (2013, 2011 y 2009)	15 y 16
		Huella de carbono (HC) – Schneider Electric, (2008); Irastorza et al., (2010)	17 y 18
		Producción de productos y servicios amigables al ambiente (PAA) – Schneider Study, (2011); Bodenhamer, (2011)	20 y 21

Indicadores medibles y su relación con la EMC

Los indicadores medibles que se describen a continuación se relacionan positivamente con la variable Efectividad de la Mejora Continua (EMC).

Tabla 4. Variables manifiestas que influyen la EMC

Variables	Naturaleza	Indicadores	Relación con ítems del instrumento de medición
Efectividad de la Mejora Continua (EMC)	Constructo latente	Compromiso de la administración con la mejora continua (CMC) – Nestwood, (2005); Moore, (2006)	22 y 23
		Grado de implantación de la mejora continua (GIMC) – Koenigsaecker, (2009); Moore, (2006), Nestwood, (2005)	24
		Participación de los empleados en la mejora continua (PEMC) – Moore, (2006); Nestwood, (2005)	25 y 26
		Sugerencias implantadas (SI) – Moore, (2006); Nestwood, (2005)	27

Variables manifiestas y su relación con la variable dependiente IEORA

Las variables manifiestas que se describen a continuación se relacionan positivamente con la variable dependiente (IEORA).

Tabla 5: Variables manifiestas que influyen el IEORA

VARIABLES	NATURALEZA	INDICADORES	RELACIÓN CON ÍTEMS DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Índice de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental (IEORA)	Constructo Latente dependiente	Cultura de sustentabilidad de la organización (CSO) – Shook, (2010); Schneider Electric, (2008); EPA, (2000)	28 al 33
		Impacto en la huella de carbono (IHC) – Irastorza et al., (2010); Schneider Electric, (2008); Boyle, (2004); EPA, (2000)	34 y 35
		Resultados financieros (RF) – Bodenhamer, (2011); MIT y BCG, (2013, 2011, 2009); Schneider Electric, (2008)	36
		Satisfacción de los empleados (SE) – Bodenhamer, (2011); Wills, 2009 ^a)	37 y 38

2.3 Marco Conceptual

Dentro del marco conceptual, se citan los siguientes conceptos clave que forman parte de la declaración del problema y/o hipótesis del proyecto de investigación.

Conceptos	Significado
Manufactura Esbelta (lean manufacturing)	Enfoque de mejora continua, basado en el Sistema de Producción de Toyota (TPS), y que consiste básicamente en la reducción de tiempos de entrega, mejora de la Calidad y reducción de Costos, mediante la Sistemática eliminación de desperdicios (MUDA).

Manufactura Sustentable	Procesos de manufactura que se realiza buscando reducir o eliminar los desperdicios ambientales (energía, agua, consumo excesivo de materiales, emisiones al aire o al agua y residuos sólidos y/o peligrosos, transportación y biodiversidad.
Mejora Continua	Proceso que de manera sostenida se aplica en toda la organización, para llevar a mejores niveles algún aspecto de la compañía como la calidad, costos, tiempos de entrega, seguridad y moral, mediante el involucramiento estructurado y formal de los empleados.
Efectividad de la Manufactura Esbelta (EME)	El nivel de éxito en la aplicación de las técnicas y herramientas de la manufactura esbelta, medido éste, en términos de Q,C,D,S,M.
Efectividad de la Manufactura Sustentable (EMS)	Nivel de éxito en la aplicación de técnicas y herramientas de la manufactura verde, medido en indicadores de reducción de desperdicios ambientales.
Efectividad de la Mejora Continua (EMC)	Nivel de éxito en la aplicación de filosofías, técnicas y herramientas de la mejora continua, medido por el nivel de participación de los empleados en la mejora, propuestas presentadas e implantadas e involucramiento de la administración en las iniciativas.

Índice de Eficiencia Operacional (IEORA)	Índice que refleja la medición del efecto combinado de EME, EMS y EMC, y que refleja el Nivel de Eficiencia operacional y responsabilidad ambiental de una planta de manufactura, es decir en la triple línea final.
Resultados Financieros (RF)	Los beneficios económicos obtenidos por alguna de las PMDRA, y que se ve influenciada por el IEORA.
Satisfacción de Empleados (SE)	El nivel de motivación que tienen los empleados en las PMDRA, y que determinan su grado de apoyo a las iniciativas, y su propensión a abandonar la organización. Esta variable se ve impactada por el IEORA.
Creación de Cultura de Sustentabilidad en la Organización (CSO)	El grado de absorción de la cultura de sustentabilidad que refleja la disposición de los empleados de las PMDRA a realizar de manera continua y sostenida, proyectos tendientes a eliminar los desperdicios ambientales. Esta variable se ve impactada por el IEORA.
Impacto de la Huella de Carbono (IHC)	Es la huella ecológica de la organización, que para el caso de este estudio, reflejaría el volumen de CO ₂ generado por la PMDRA por el uso de energía eléctrica.

Capítulo 3

3. Modelo y método de investigación

El modelo gráfico o de relaciones causa-efecto, ha sido generado extrayendo las variables dependientes, mediadoras e independientes del marco de referencia y marco teórico.

3.1 Hipótesis y modelo gráfico de relaciones causa-efecto

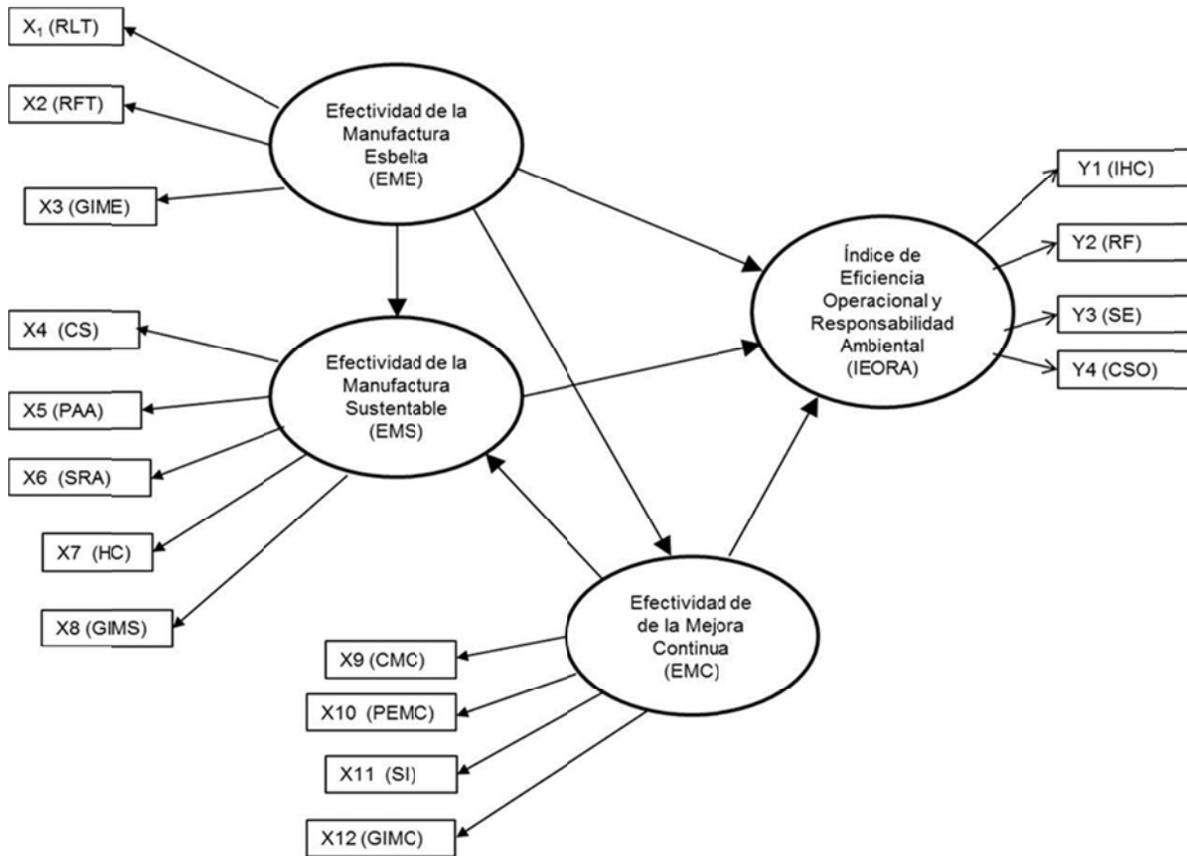


Fig. 6: Modelo gráfico de relaciones causa-efecto

Fuente: propia

3.1.1 Hipótesis de la investigación

Creswell, (2003), pp. 110-113, indica que es posible establecer las hipótesis como un conjunto de relaciones direccionales o no direccionales; en consecuencia las hipótesis se plantean de la siguiente manera:

Existe un grado similar de impacto positivo de las variables EME, EMS y EMC en el IEORA, que a su vez influencia positivamente en igual grado a la RF, SE, IHC y CSO, lo que queda establecido en las expresiones siguientes de hipótesis nula, ecuaciones 1 y 2:

$$\begin{aligned} \text{Ho:} & & (\text{EME, EMS, EMC}) & \rightarrow \text{IEORA} & (1) \\ & & \beta_{\text{EME,IEORA}} \approx \beta_{\text{EMS,IEORA}} \approx \beta_{\text{EMC,IEORA}} & & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ho:} & & \text{IEORA} & \rightarrow (\text{RF, IHC, SE, CSO}) & (2) \\ & & \lambda_{\text{RF,IEORA}} \approx \lambda_{\text{IHC,IEORA}} \approx \lambda_{\text{SE,IEORA}} \approx \lambda_{\text{CSO,IEORA}} & & \end{aligned}$$

Existe una diferencia significativa en el nivel de impacto de las variables: EME, EMS y EMC en el IEORA y a su vez el IEORA impacta positivamente de forma significativa a las variables: RF, IHC, SE y CSO, lo que se define en las siguientes expresiones de hipótesis alternativas, establecidas en la ecuaciones 3 a la 6:

$$\text{Ha1:} \quad \beta_{\text{EME,IEORA}} \neq \beta_{\text{EMS,IEORA}} \neq \beta_{\text{EMC,IEORA}} \rightarrow \text{IEORA} \quad (3)$$

$$\text{Ha2:} \quad \beta_{\text{EME,IEORA}} > (\beta_{\text{EMS,IEORA}}, \beta_{\text{EMC,IEORA}}) \rightarrow \text{IEORA} \quad (4)$$

$$\text{Ha3:} \quad \lambda_{\text{RF,IEORA}} \neq \lambda_{\text{IHC,IEORA}} \neq \lambda_{\text{SE,IEORA}} \neq \lambda_{\text{CSO,IEORA}} \quad (5)$$

$$\text{Ha4: } \lambda_{\text{RF,IEORA}} > (\lambda_{\text{IHC,IEORA}}, \lambda_{\text{SE,IEORA}}, \lambda_{\text{CSO,IEORA}}) \quad (6)$$

3.1.2 Definición de variables

EME. La *efectividad de la manufactura esbelta* mide la eficiencia operacional obtenida a través de la identificación y eliminación sistemática de desperdicios (inventario, esperas, sobreproducción, etc.) y el empleo de técnicas “Lean” (Womack et al., 2003).

EMS. La *efectividad de la manufactura sustentable* determina el nivel que las plantas han alcanzado en la eliminación de los desperdicios ambientales (Wills, 2009a), de sus procesos de manufactura (energía eléctrica (KWh), agua, materias primas, etc.)

EMC. La *efectividad de la mejora continua* representa por una parte el grado de satisfacción y moral de los empleados en el desempeño de su trabajo, el nivel de participación de los mismos en proyectos de mejora continua y su capacidad de presentar propuestas individuales de mejora de manera continua (IMAI, 1986; Nestwood, 2005; Koenigsaecker, 2009).

RF. Los *resultados financieros* son los logros que se obtienen en materia de utilidades, retorno de la inversión y flujo de efectivo de manera sostenida (Monge et al., 2013; Murugesan et al., (2012).

SE. Representa el nivel de *satisfacción del empleado* en el desempeño laboral, que se traduce en elevada moral, activa participación en proyecto de mejora y realización de sugerencias (Koenigsaecker, 2009; IMAI, 1986).

IHC. Esta variable representa el avance obtenido en la reducción de la *huella ambiental* de las plantas, esencialmente en la reducción de gases de efecto de invernadero siendo el principal el CO2 (Murugesan et al., 2012; Bergmiller, 2011; Millar et al., 2011; Slaper, 2011).

CSO. Constituye la adopción de manera natural y proactiva por parte de los empleados de *prácticas sustentables* (MIT y BCG, 2013, 2011, 2009; Bergmiller et al., 2011; Millar et al., 2011; Slaper, (2011).

IEORA. Es el *Índice de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental* propuesto en esta investigación (Ghosh, 2013; Monge et al., 2013; Murugesan et al., 2012; Vinohd et al., 2012; Bergmiller, 2011).

- Es un indicador que integra el efecto combinado que se consigue con la implantación de la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora Continua.
- Mide el grado en que se encuentran las plantas en eficiencia operacional y responsabilidad ambiental y mejora continua.
- Muestra de manera tangible, cómo este índice impacta los: Resultados financieros, la satisfacción de los empleados, la creación de cultura de sustentabilidad y su impacto en la Huella de Carbono.

El IEORA se convierte así, en un métrico que mide de manera objetiva la situación de las plantas en los aspectos ya mencionados, y que puede ser utilizado para orientar los esfuerzos de mejora del desempeño sobre bases más concretas y de manera empírica.

3.2 Método de investigación y estudio de campo

3.2.1 Tipo de investigación usado

Una vez declarado el problema, planteada la pregunta de investigación e hipótesis, así como establecido el modelo gráfico de relación causa-efecto que da estructura a la presente investigación, se indica que el presente estudio es de tipo exploratorio, descriptivo, correlacional-causal y explicativo de los impactos de las variables: EME, EMS, EMC y IEORA en indicadores de desempeño clave de las PMDRA como son: RF, SE, IHC y CSO.

3.2.2 Diseño y técnica de la Investigación

La investigación se sustentará en un diseño no experimental, ya que por la naturaleza del estudio no se manipularán las variables independientes para observar las reacciones en la variable dependiente (Hernández, 2006). Las técnicas de investigación usadas son: documentales, bibliográficas y con un estudio campo vía encuesta aplicada en forma directa o por correo electrónico, empleando un instrumento de medición diseñado expreso con 100 ítems iniciales y considerando como unidad de análisis a los gerentes de planta y/o gerentes de operaciones de las PMDRA seleccionadas.

3.3 Estudio de campo

3.3.1 Elaboración del instrumento de medición

El instrumento se diseñó en base al marco teórico y está constituido en 5 partes, 4 de ellas se dedicaron a ítems orientados a obtener información de las variables dependientes e

independientes que constituyen los 4 constructos del modelo: EME, EMS, EMC e IEORA y 1 para los ítems que obtienen información general de las plantas. Los ítems solicitan respuestas en escala Likert o datos duros, que permiten medir con mayor objetividad los aspectos relacionados con los constructos y sus variables involucradas.

Se corrió una prueba piloto con 15 casos para probar la validez del cuestionario, lo que permitió reducir el tamaño del mismo de 100 a 34 ítems, utilizando como criterios de discriminación dos técnicas: a) Alfa de Cronbach aplicada por cada uno de los tres constructos y b) el paquete de cómputo SMART PLS (Ringle et al., 2005) para la obtención de las cargas estandarizadas de los indicadores, ya que por la naturaleza de las interrelaciones entre variables independientes y dependientes, así como la existencia de más de una variable dependiente el empleo de Alfa de Cronbach no es definitorio debido a que analiza la relación de los ítems con los constructos de manera aislada, en tanto que SMARTPLS (Ringle et al., 2005) los analiza considerando el efecto combinado de los ítems en todos los constructos.

3.3.2 Definición de población y muestra

Para el establecimiento de la muestra, se hicieron las siguientes consideraciones:

- **Población;** Plantas de manufactura discreta-repetitiva medianas y grandes del municipio de Apodaca, Nuevo León encontrándose que son 60 de acuerdo al directorio industrial 2012 de la Cámara de la Industria de la Transformación (CAINTRA) de Nuevo León. Para la segmentación de plantas grandes y pequeñas se utilizó el criterio que aplica el Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), que ubica a las plantas de

manufactura de acuerdo al número de trabajadores, para INEGI las plantas medianas tienen entre 50 y 250 trabajadores en tanto que las grandes una cantidad mayor a 250.

- **Muestras Estratificada;** Grupo de 38 plantas determinadas vía fórmula con valores de p y q de 0.5 para maximizar el tamaño de la muestra con un porcentaje de error de 5% y seleccionadas de manera probabilística siguiendo el procedimiento descrito Hernández, (2006):243-252.

3.3.3 Cálculo del tamaño de la muestra simple

N = Tamaño de la población, 60 plantas.

n = Tamaño de la muestra.

Se = Error admisible en este caso, 5% o sea 0.05 con un nivel de confianza del 95% que el tamaño de la muestra represente a la población.

$V^2 =$ Varianza de la población al cuadrado $= (Se)^2$

$S^2 =$ Varianza de la muestra, expresada como probabilidad de ocurrencia.

p = Probabilidad de ocurrencia, en este caso 0.5

n' = Tamaño de la muestra sin ajustar.

$n' = (S^2/V^2)$

$n = (n') / (1 + (n')/N)$

$S^2 = p(1-p) = 0.5(1-0.5) = 0.25$

$V^2 = (0.05)^2 = 0.0025$

$n' = 0.25 / 0.0025 = 100$

$n = 100 / (1 + (60/188)) \approx 38$

3.3.4 Cálculo del tamaño de las muestras estratificadas

De acuerdo a Hernández, (2006), pp. 243-252, el empleo de muestras estratificadas es más precisa que la simple, y este mecanismo se usa cuando se desea comparar, como en este caso segmentos o grupos. En este proyecto de investigación se desea analizar a las plantas

medianas y grandes, razón por la cual se hará un muestreo estratificado. La estratificación aumenta la precisión de la muestra e implica el uso deliberado de diferentes tamaños de muestra para la plantas medianas y las grandes, con esto, se logra reducir la varianza de cada unidad, de la media muestral, por tal motivo se hará el cálculo estratificado que a continuación se presenta.

La distribución de las PMDRA, tomando en consideración el patrón del directorio industrial 2012 de CAINTRA se muestra a continuación, así como también la manera como se han estratificado las muestras:

Plantas Medianas	-----	36%
Plantas Grandes	-----	64%

El tamaño de la muestra simple ya se había determinado previamente en 38 plantas. En consecuencia partiendo de la muestra óptima obtenida se realiza la siguiente estratificación porcentual.

Estrato	Porcentaje del Universo	Muestra Simple	Muestra Estratificada
Plantas Medianas	36%	38	$38 \times 0.36 = 14$
Plantas Grandes	64%	38	$38 \times 0.64 = 24$
Total de la muestra	100%		38

Las cantidades anteriores, reflejan el número de plantas que deberán ser seleccionadas aleatoriamente por estrato. De acuerdo a Hernández, (2006), pp. 243-252, el uso de muestras estratificadas es más precisa que la simple, por las razones expuestas al inicio de esta sección, sin embargo implica el empleo de diferentes tamaño de muestra para cada segmento, con el fin de reducir la varianza de cada unidad en relación a la media muestral, para ello se realizan los siguientes cálculos.

$$\sum fh = (n / N) = ksh \quad n \text{ --- Muestra simple.}$$

$$ksh = n / N \quad N \text{ -- Población}$$

$$ksh = (38 / 60) = 0.6333$$

Por lo tanto:

Estrato	Característica (fh)	= 0.6333	Muestra
		(Nh)(fh) = (nh)	
1	Plantas Medianas	22 X 0.6333	14
2	Plantas Grandes	38 X 0.6333	24
	Total Muestras		38

3.4 Tratamiento estadístico

3.4.1 Descripción del instrumento de medición de variables manifiestas (escala)

Los ítems detallados del instrumento de medición resultantes del proceso de discriminación se describen a continuación, y una descripción resumida de los mismos se puede encontrar en la sección de apéndices de este estudio.

Aspectos generales de la Planta

<i>Sección 1 de 5. Aspectos Generales de la Planta.</i>				
#	Descripción			Resp
1	Total de empleados			#
2	Giro de manufactura (<i>una sola opción</i>) 1 – Componentes electrónicos 2 – Ensamble de Autos y camiones 3 – Autopartes 4 - Metal-mecánica 5 - Estampado de partes 6 - Fundición de piezas 7 - Termo-formado 8 - Componentes eléctricos 9 – Semiconductor 10 - Electrodomésticos 11 - Alimentos y bebidas 12 - Aeroespacial 13 - Otro (indicar)			
3	Ventas durante el 2010 en Mdp (millones de pesos). 1 - De \$ 4.01 a \$ 100 2 - De \$ 100 a \$ 250 3 - Más de \$ 250			
4	El principal accionista es de: 1 - México 2 - EEUU 3 – Europa 4 - América Latina 5 - Asia 6 - Otro (indicar)			
5	Porcentaje de la producción que exportó en 2011			%
6	Porcentaje de incremento del UAFIR del 2010 al 2011 (<i>negativo si hubo disminución</i>)			%
7	Porcentaje de Mejora de la productividad del 2010 al 2011 (<i>negativo si hubo disminución</i>)			%
8	Porcentaje de Mejora en el Flujo de Efectivo del 2010 al 2011 (<i>negativo si hubo disminución</i>)			%
9	Porcentaje de Mejora de la capacidad de producción del 2010 al 2011 (<i>cero si no hubo mejora</i>) <i>Nota: La mejora en la capacidad de producción se refiere al incremento en el ritmo de producción por mejoras implantadas.</i>			%
10	Porcentaje de rotación del personal del 2010 al 2011			%
11	Porcentaje de tiempo dedicado en el mes por la administración en 2011– <i>nivel supervisor y superior</i> - a la observación directa en el piso de producción para mejorar procesos.			%

Fig. 7: Aspectos generales de la planta

Fuente: propia

Ítems relacionados con la EME

Sección 2 de 5. Aspectos relacionados con la Manufactura Esbelta.		
#	Descripción	Resp
12	Porcentaje de reducción del Lead Time de la planta del 2010 al 2011 – <i>Lead Time, es el tiempo desde el recibo del pedido del Cliente, hasta que el producto está en el almacén de producto terminado.</i>	%
13	Porcentaje de reducción del Tiempo de Flujo de la planta del 2010 al 2011 – <i>Tiempo de flujo, tiempo desde que se recibe el pedido hasta que se entrega el producto en las instalaciones del Cliente.</i>	%
14	Técnicas de Manufactura Esbelta que aplicó la planta y grado de implantación que tuvieron en 2010 – <i>poner el grado de implantación en porcentaje, 0% si no hubo avance o no se aplicó la técnica.</i>	
	<i>Técnica</i> %	
	14.1 VSM (Mapeo de Procesos).....	___
	14.2 Takt Time (Producción sincronizada con Takt Time).....	___
	14.3 5S.....	___
	14.4 Administración visual y controles visuales.....	___
	14.5 SMED o intercambio rápido de moldes.....	___
	14.6 TPM (Mantenimiento Productivo Total).....	___
	14.7 KANBAN (Sistemas de jalar la producción).....	___
	14.8 One-Piece/Small Lot (Producción en pequeños lotes).....	___
	14.9 Celdas de Manufactura (Manufactura Celular).....	___
	14.10 Calidad en la Fuente y Sistemas a Prueba de errores (Poka-Yoke).....	___
	14.11 Trabajo estandarizado.....	___
	14.12 Conteos cíclicos.....	___
	14.13 Desarrollo de multihabilidades en los operarios.....	___
	14.14 Jidoka (Detección automática de defectos y paro de línea).....	___
	14.15 Heijunka (Producción nivelada y mezclada).....	___
	14.16 Kaizen y Solución de problemas con A3.....	___

Fig. 8: Aspectos de la manufactura esbelta

Fuente: propia

Ítems relacionados con la EMS

Sección 3 de 5. Aspectos relacionados con la Manufactura Sustentable/Sustentabilidad.		
#	Descripción	Resp
15	La planta tuvo en el 2010 un equipo gerencial de alto nivel que dirigió, coordinó y dio seguimiento periódico a las iniciativas de Sustentabilidad y Manufactura Sustentable <i>1 --- SI, 0 --- NO</i>	
16	Porcentaje del personal de la planta con capacitación en temas de Sustentabilidad y de las Técnicas de Manufactura Sustentable en 2010	%
17	Porcentaje de empleados que en 2010 se dedicaron a la administración de los aspectos ambientales	%
18	En 2010, cuánto años tenía la planta desarrollando iniciativas sustentables – <i>años-</i>	Años
19	Principal motivación en 2010, para adoptar iniciativas sustentables y manufactura sustentable – <i>Todas las que apliquen-</i>	
	<i>Nada Poco Regular Bastante Totalmente</i>	
	19.1 - <i>Mejorar la productividad</i>	(1) (2) (3) (4) (5)
	19.2 - <i>Desarrollo productos ecológicos</i>	(1) (2) (3) (4) (5)
	19.3 - <i>Obtener beneficios económicos corto plazo</i>	(1) (2) (3) (4) (5)
	19.4 - <i>Innovación</i>	(1) (2) (3) (4) (5)
	19.5 - <i>Mayor seguridad de personal y activos</i>	(1) (2) (3) (4) (5)
20	Grado en que la planta aplicó la técnica de mapeo EVSM, para la determinación de los desperdicios ambientales en los procesos productivos en 2010	
	<i>Nada Escaso Regular Sobresaliente Excelente</i>	
	(1) (2) (3) (4) (5)	
	<i>< 5% 5 y <30% 30 y <60% 60 y <90% 90 a 100%</i>	
21	La planta tenía en 2010, métricos en materia de desempeño Sustentable - <i>uso de: energía, agua, materias primas, emisiones al aire o al agua, residuos sólidos y peligrosos, transportación y daño a la biodiversidad</i>	
	<i>Nada Escaso Regular Sobresaliente Excelente</i>	
	(1) (2) (3) (4) (5)	
	<i>< 5% 5 y <30% 30 y <60% 60 y <90% 90 a 100%</i>	
22	Desperdicios ambientales que atacó en 2010, la planta mediante EVSM y proyectos de mejora, y grado de mejora que obtuvo del 2009 al 2010 – <i>- Poner 0% si no hubo mejora o no se atacó el desperdicio.</i>	
	<i>Desperdicio % Mejoramiento (2010 vs 2009)</i>	
	12 <i>Transportación – personal, proveedores, Clientes (Kms/Año).....</i>	
23	En qué grado los proyectos que ejecutó la planta en 2010 para el mejoramiento medio ambiental excedieron las regulaciones gubernamentales	
	<i>Nada Escaso Regular Sobresaliente Excelente</i>	
	(1) (2) (3) (4) (5)	

Fig. 9: Aspectos de la manufactura sustentable

Fuente: propia

Ítems relacionados con la Mejora Continua

Sección 4 de 5. Aspectos relacionados con la Mejora Continua.						
#	Descripción					Resp
24	La alta administración, mostró en 2010 un elevado nivel de compromiso con la mejora continua en la planta Nada Escaso Regular Sobresaliente Excelente (1) (2) (3) (4) (5)					
25	Existió en la planta en 2010, un sistema de evaluación, medición y seguimiento de los Proyectos de Mejora Continua y/o Sugerencias Nada Escaso Regular Sobresaliente Excelente (1) (2) (3) (4) (5) < 5% 5 y <30% 30 y <60% 60 y <90% 90 a 100%					
26	Porcentaje del personal de la planta en 2010 con capacitación en las herramientas de Mejora Continua					%
27	Porcentaje de empleados de la planta que participaron en 2010, en Proyectos de Mejora Continua					%
28	Porcentaje de las sugerencias presentadas por los empleados de la planta que se implantaron en el 2010					%
29	Indicar a qué aspectos se orientaron los proyectos de mejora de la planta en el 2010 - <i>Todas las que apliquen</i> - Nada Poco Regular Bastante Totalmente (1) (2) (3) (4) (5)					
	6	Reducir el Tiempo de Entrega a Clientes				

Fig. 10: Aspectos de la mejora continua

Fuente: propia

Ítems relacionados con el IEORA

Sección 5 de 5. Aspectos relacionados con el IEORA						
30	Principal motivación en 2010, para adoptar iniciativas sustentables y manufactura sustentable – <i>Todas las que apliquen</i> -. Nada Poco Regular Bastante Totalmente (1) (2) (3) (4) (5)					
	30.1 - Mejoramiento del ambiente					
	30.2 - Imagen pública					
	30.3 - Seguir directriz corporativa					
	30.4 - Cumplir con la responsabilidad Moral					
	30.5 - Conseguir ventajas competitivas y estratégicas					
31	Porcentaje de mejoramiento en emisiones de CO2 (Tons/Año) del 2009 al 2010..... <i>(Poner 0% si no hubo mejora o no se atacó el desperdicio)</i>					
32	La planta ejecutó en 2010 proyectos derivados de iniciativas sustentables, para el mejoramiento de la seguridad de los empleados Nada Escaso Regular Sobresaliente Excelente (1) (2) (3) (4) (5) < 5% 5 y <30% 30 y <60% 60 y <90% 90 a 100%					
33	Beneficio económico obtenido en millones de pesos (Mdp) en el 2010, por la aplicación de las iniciativas Sustentables (1) (2) (3) (4) (5) <i>menor a 10, entre 10 y 50, entre 50 y 90, entre 90 y 150 más de 150</i>					
34	Los esfuerzos de la compañía estuvieron en 2010 ayudando al medio ambiente Nada Escaso Regular Sobresaliente Excelente (1) (2) (3) (4) (5)					
35	En qué grado considera que los indicadores en materia de Sustentabilidad y el desempeño Operacional y de Mercado de la Planta están estrechamente relacionados Nada Escaso Regular Sobresaliente Excelente (1) (2) (3) (4) (5)					
36	En qué grado le proporcionaron satisfacción personal e influenciaron su deseo de permanecer en la compañía, los proyectos sustentables que realizó la planta en 2010. Nada Escaso Regular Sobresaliente Excelente (1) (2) (3) (4) (5)					

Fig. 11: Aspectos de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental

Fuente: propia

3.4.2 Análisis Estadístico y técnicas usadas en la modelación

En el presente estudio, se aplica: análisis descriptivo, de correlación y dinámico de las respuestas al instrumento de las distintas plantas encuestadas. Por la naturaleza latente de las variables involucradas, las interrelaciones entre variables independientes y dependientes, existencia de más de una variable dependiente y la finalidad predictiva del modelo de la investigación (Hair et al., 2011), se emplea para la modelación estadística pruebas no paramétricas a través de la técnica de modelación mediante ecuaciones estructurales y mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) por sus siglas en inglés, ya que la técnica no asume normalidad en los datos y es conveniente para muestras pequeñas, además de ser adecuada para predecir y/o generar teorías (Ringle et al., 2009).

La técnica de Regresión no es viable, dado que la diferencia con la regresión lineal, es que en SEM las variables involucradas son latentes, cada una medida por múltiples indicadores, por lo que también, se les conoce como constructos de acuerdo a Sánchez, (2011), pero el criterio que determina la exclusión de la regresión es el de la existencia de más de una variable dependiente.

El enfoque anteriormente mencionado es un tanto más complejo que los modelos de regresión que relacionan variables observadas con variables dependientes de manera bivariada o multivariada, de hecho los modelos de ecuaciones estructurales son una conjugación de modelos de senderos “path” que incluye exclusivamente variables observadas, con la flexibilidad que puede estar compuesto de múltiples variables observadas, independientes y múltiples

variables observadas dependientes, y los modelos de confirmación de factores que consisten de variables observadas que son hipotetizadas para medir una o más variables latentes sean dependientes o independientes (Schumacker y Lomax, 2010). Los modelos SEM, consisten de dos sub-modelos: a) El que corresponde a la parte que se puede medir - *modelo de Medición* - y el que describe la forma en que las variables latentes se miden por los indicadores manifiestos correspondientes, esta parte del modelo también da información sobre la validez y confianza de los indicadores observables, b) el otro sub-modelo conocido como el - *modelo Estructural* - describe las relaciones entre las variables latentes.

La técnica SEM (Structural Equation Modeling) por sus siglas en inglés, examinan relaciones de dependencia simultánea y tienen capacidad para representar conceptos no observados en las relaciones y la medida del error en el proceso de estimación. Las preguntas del cuestionario del instrumento de medición ya descrito, conducen a la construcción de las variables latentes. SEM es particularmente útil, cuando una variable dependiente se convierte en independiente en las relaciones subsecuentes de dependencia. El objetivo del modelo planteado, es determinar, cuál es la relación entre variables latentes y observadas en un momento dado, por lo tanto el diseño es correlacional-causal. Lo que significa que el instrumento de medición recolectará los datos en un tiempo único, con el propósito de describir relaciones entre variables y determinar correlación o relación causal entre variables en un determinado momento.

El diseño no experimental y correlacional-causal permite predecir el comportamiento de una o más variables a partir de otras. Los datos que se recolectaron son del tipo cuantitativo, y su

medición permite vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos (Hernández, 2006), en otras palabras vincularán el “mundo real” con el “mundo conceptual”.

Se estudiaron las correlaciones entre variables mediante *betas* estandarizadas conocidos también como path coefficients, el poder explicativo de las variables latentes mediante el coeficiente de determinación R^2 , y se usó la prueba T de Student para medir el nivel de significancia (Ringle et al., 2009) y otras pruebas como Fornell-Larcker, 1981 y Stone-Geisser.

Se buscó asegurar la *confiabilidad* del instrumento de medición – grado en que el instrumento aplicado de manera repetitiva al mismo fenómeno produce resultados similares, así como la *validez* – grado en que el instrumento realmente mide la variable que se desea medir, la *validez convergente y divergente* y los *efectos totales* de los constructos.

3.4.3 Modelo de ecuaciones estructurales

El modelo SEM del estudio se presenta a continuación.

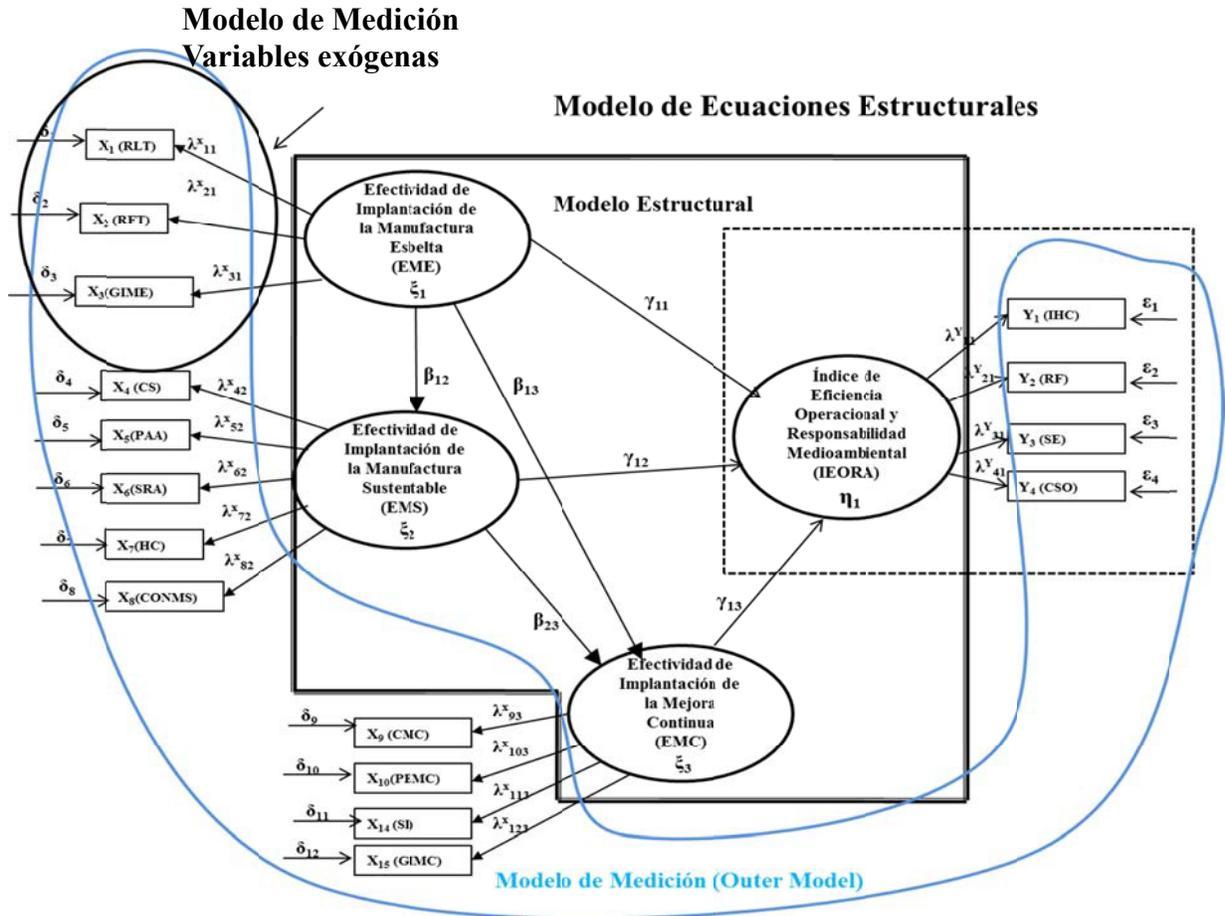


Fig. 12: Modelo de ecuaciones estructurales de la investigación

Fuente: propia.

Capítulo 4

4. Análisis estadísticos y presentación de resultados

En esta sección se presentarán los resultados obtenidos de la corrida con 40 casos alimentados que fueron los únicos utilizables de los 50 cuestionarios recibidos de 60 enviados a las plantas, la muestra se considera representativa ya que supera a la muestra óptima de 38 obtenida vía fórmula. Por otra parte, cabe mencionar que los modelos de PLS-SEM no son restrictivos en cuanto al tamaño de la muestra, y tampoco asumen normalidad en los datos. La corrida computacional se realizó con el paquete de software SMART PLS 2.0 (Ringle et al., 2004b). En las siguientes figuras se muestran datos relacionados con el tamaño y giro de las plantas encuestadas.

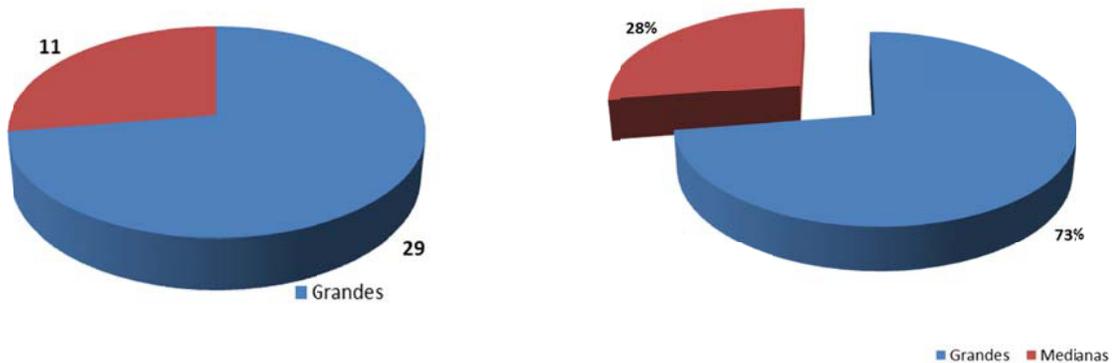


Fig. 13: Plantas encuestadas por su tamaño y porcentaje (n = 40)

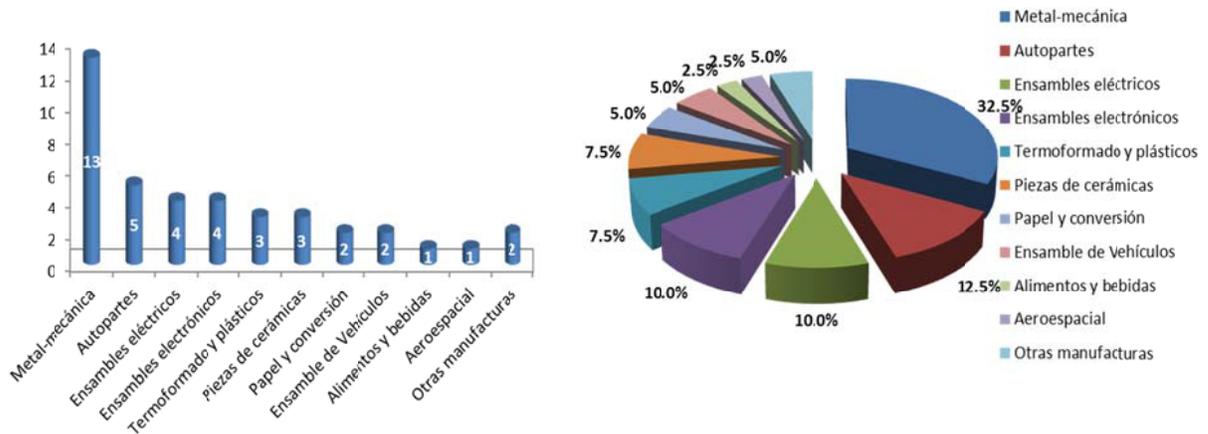


Fig. 14: Plantas encuestadas por cantidad/giro y porcentaje (n = 40)

4.1 Resultados del Modelo

4.1.1 Evaluación del Modelo de Medición (*Outer Model*) – Algoritmo PLS

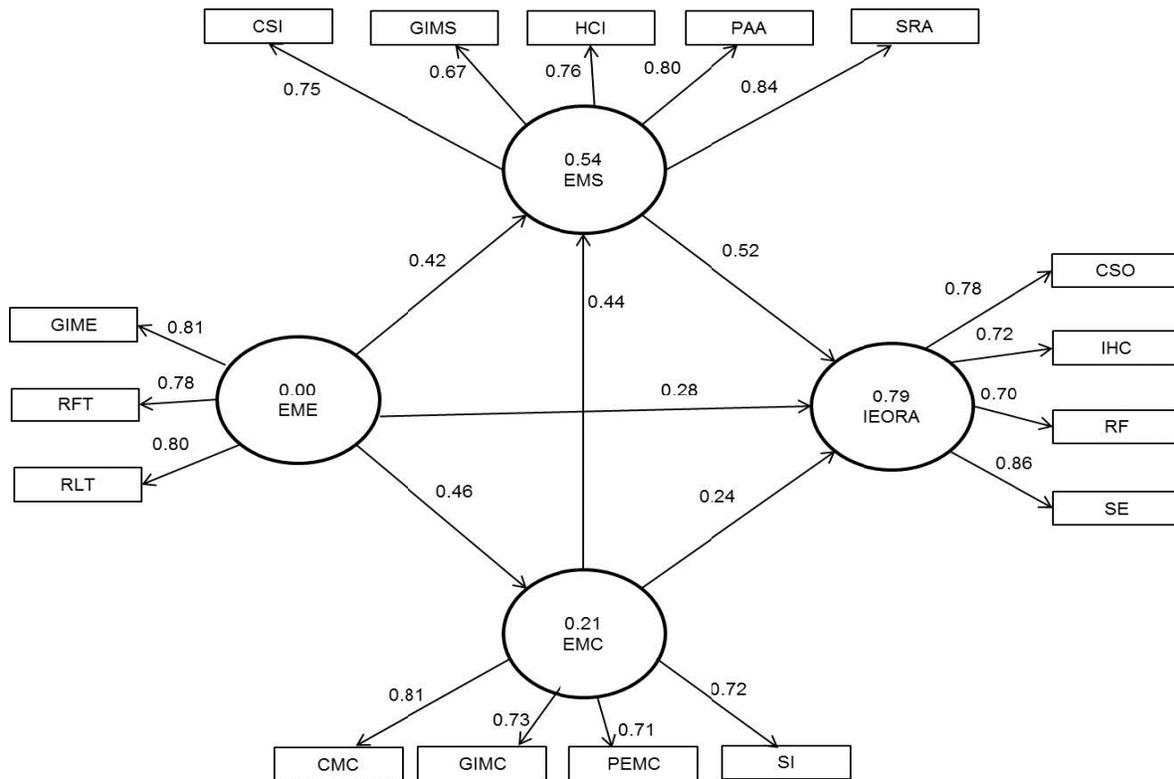


Fig. 15: Resultados del modelo mostrando las R^2 , betas y cargas estandarizadas
Fuente: corrida de SMART PLS 2.0 (Ringle et al., 2005)

En la figura 15, los valores encerrados en círculos representan las R² y los valores en las flechas del modelo de medición o modelo externo representan las cargas estandarizadas, en tanto que los valores en las flechas del modelo estructural o modelo interno constituyen las betas estandarizadas. Aunque es práctica común en la literatura de ecuaciones estructurales realizar la estimación de los modelos poniendo atención únicamente a un número reducido de aspectos, como son: R², betas, cargas y valores de t para determinar la validez del modelo, Henseler et al., (2009) refiere que una buena evaluación de un modelo de ecuaciones estructurales debe agotar todos los criterios de calidad sugeridos por Hair et al., (2011).

Por esta razón en esta investigación se probarán todos los criterios de calidad aplicables, y que permitirán comprobar la validez del modelo, el poder explicativo de las variables EME, EMS, EMC sobre el IEORA y el IEORA sobre las variables dependientes RF, IHC, SE y CSO, probar las hipótesis, así como para identificar hallazgos importantes de la muestra de las PMDRA analizadas lo que permite generar conclusiones e implicaciones, mismas que se describen en la sección correspondiente a conclusiones.

Tabla 6. Criterios de calidad del modelo PLS-SEM

Constructo	AVE	Confiabilidad compuesta ρ_c	Alfa de Cronbach
EMC	0.55	0.83	0.73
EME	0.64	0.84	0.75
EMS	0.59	0.88	0.82
IEORA	0.59	0.85	0.77

Tabla 7: Redundancia cruzada y validada CV-Red Q²

	1- SSE/SSO CV Red Q ²
EMC	0.12
EME	0.23
EMS	0.22
IEORA	0.39

Tabla 8: Correlaciones entre variables latentes

	EMC	EME	EMS	IEORA
EMC	1.00			
EME	0.46	1.00		
EMS	0.63	0.62	1.00	
IEORA	0.69	0.71	0.84	1.00

Tabla 9: Efectos totales directos e indirectos (renglones/origen → columnas destino)

	EMC	EMS	IEORA
EMC		0.44	0.47
EME	0.46	0.62	0.71
EMS			0.52

Tabla 10: Cargas cruzadas indicadores - constructos

INDICADOR	EMC	EME	EMS	IEORA
CMC	0.81	0.40	0.58	0.53
CS	0.53	0.50	0.75	0.56
CSO	0.60	0.52	0.71	0.78
GIMC	0.73	0.39	0.48	0.62
GIME	0.53	0.81	0.69	0.70
GIMS	0.31	0.41	0.67	0.59
HC	0.48	0.54	0.76	0.64
IHC	0.45	0.49	0.66	0.72
PAA	0.53	0.42	0.80	0.70
PEMC	0.71	0.37	0.46	0.42
RF	0.43	0.52	0.42	0.70
RFT	0.17	0.78	0.35	0.46
RLT	0.25	0.80	0.28	0.41
SE	0.61	0.64	0.74	0.86
SI	0.72	0.14	0.31	0.47
SRA	0.56	0.52	0.84	0.72

Tabla 11. Tamaño de los efectos f^2

VARIABLE		$R^2_{incluida}$	$R^2_{excluida}$	f^2
EXÓGENA	EME	0.79	0.76	0.14
ENDÓGENA	EMS	0.79	0.67	0.57
ENDÓGENA	EMC	0.79	0.76	0.14

4.1.2 Estimación del Modelo de Medición (*Outer Model*)

Es importante distinguir entre modelos de medición *reflexivos* y *formativos* para evaluarlos. Los modelos *reflexivos* deben ser evaluados en base a la *confiabilidad* y *validez* de los constructos, para estos efectos se usa la medición *composite reliability* como un estimado de la consistencia interna del constructo y de acuerdo a Hair et al., (2011) los valores de la medición deben ser mayores a 0.70 (en investigación exploratoria los valores de 0.60 a 0.70 se aceptan), en la tabla 6, se puede observar que los valores de *composite reliability* para los constructos EME, EMS, EMC y IEORA exceden al 0.80 indicando consistencia interna en los constructos del modelo del presente estudio. Se ha preferido el empleo del *composite reliability* ya que a diferencia de la Alfa de Cronbach, *composite reliability* no asume que todos los indicadores son igualmente confiables y esto es muy conveniente para PLS-SEM ya que esta técnica, prioriza los indicadores de acuerdo a sus confiabilidad durante la estimación del modelo (Hair et al., 2011).

Los indicadores del modelo de medición también deben mostrar confiabilidad, para validar este hecho, se usan las cargas estandarizadas que de acuerdo a Hair et al., (2011) deben tener valores superiores a 0.70, en la figura 15, se puede ver que las cargas de la mayor parte de los indicadores superan dicha cantidad con lo que se puede establecer la confiabilidad del modelo de medición y validez del instrumento. En el caso particular de la carga estandarizada de 0.67 correspondiente al indicador GIMS, este indicador no se eliminó ya que de acuerdo a (Hair et al., 2011) solo se recomienda excluir indicadores con cargas estandarizadas menores a 0.70 si su eliminación eleva la *composite reliability* al umbral considerado aceptable, lo cual en el presente estudio no es así.

El diagnóstico de validez en los modelos de medición *reflexivos* se enfoca en la *validez convergente* y la *validez discriminante*. En el caso de *validez convergente* los valores de la *varianza extraída promedio* (AVE) por sus siglas en inglés deben mostrar valores superiores a 0.50 en todos los constructos, se puede observar en la tabla 6, que en el caso del presente estudio los valores superan la cantidad mencionada indicando un grado suficiente de *Validez Convergente*, lo que significa que una determinada variable latente explica más de la mitad de la varianza que sus indicadores (Hair et al., 2011).

En cuanto a la *validez discriminante* existen dos criterios para evaluarla. El criterio de Fornell-Larcker, (1981) que establece que la raíz cuadrada de la AVE del constructo, debe ser mayor que las correlaciones con los otros constructos del modelo. En la tabla 8 es posible observar que este criterio se cumple para EMC, EME y EMS cumpliendo así el primer criterio de *validez discriminante*. En otras palabras la satisfacción de la validez discriminante significa que cada variable latente comparte más varianza con sus indicadores que con otros constructos (Coelho et al., 2012). En el segundo criterio llamado también de cargas cruzadas, la carga de un indicador debe ser más grande que todas sus cargas cruzadas, mostrando así que un determinado indicador carga en mayor medida al constructo que mide que a cualquier otro, lo que revela que el constructo tiene una validez aceptable.

En cuanto a los *efectos totales* puede verse en la tabla 9 que la EME tiene mayor impacto en el IEORA, sin embargo cuenta con la contribución indirecta de la EMS y la EMC, la EMS por su parte tiene un impacto alto en el IEORA en tanto la EMC tiene el menor efecto. La EMC y EMS tienen un impacto directo en el IEORA.

4.1.3 Evaluación del Modelo Estructural (*Inner Model*) – Algoritmo Bootstrapping

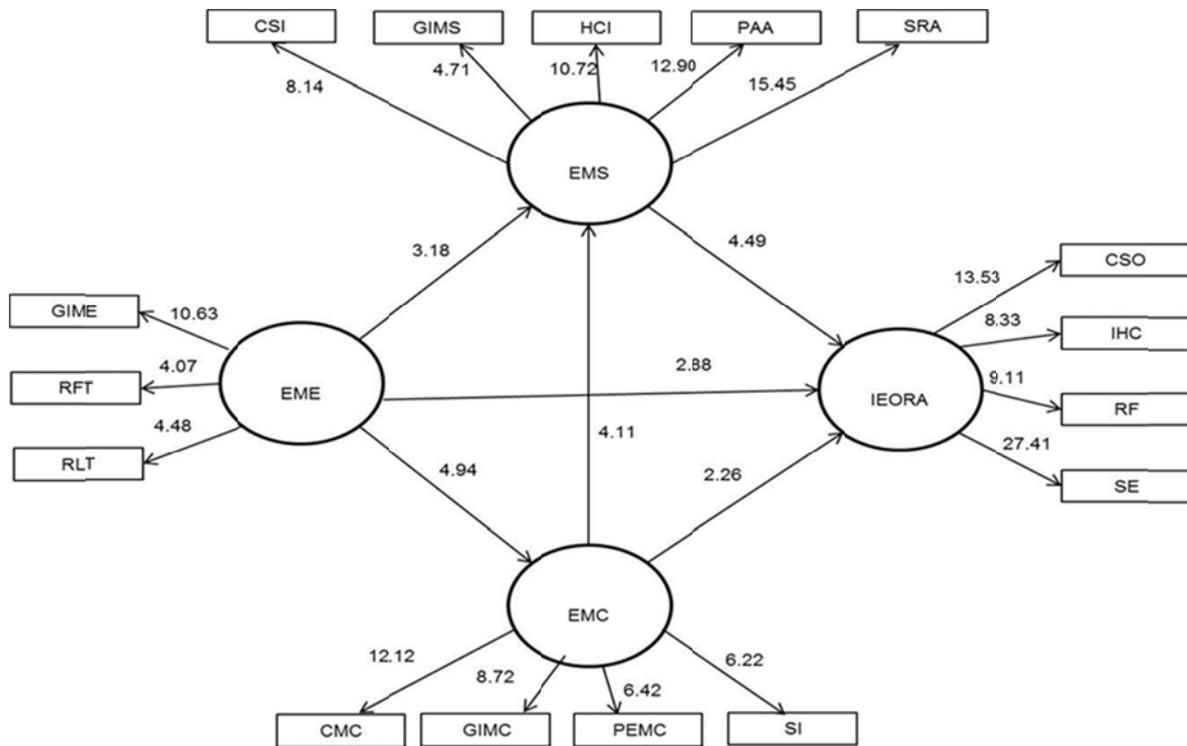


Fig. 16: Resultados del modelo mostrando los valores T de las variables e indicadores

Fuente: corrida de SMART PLS 2.0 (Ringle et al., 2005)

En la figura 16 los valores en las flechas tanto del modelo de medición o externo como en el modelo estructural o interno representan valores de la prueba T-student de las variables e indicadores, dichos valores permiten reforzar las hipótesis e indicar el nivel de significancia o *p-value* para niveles de confianza de 95 o 99%, así como obtener conclusiones e implicaciones acerca del modelo.

4.1.4 Estimación del Modelo Estructural (*Inner Model*)

Es importante mencionar que la *Modelación con ecuaciones estructurales* mediante el uso de *mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM)* por sus siglas en inglés no asume que los datos de los casos están normalmente distribuidos, y por lo tanto PLS aplica el procedimiento *Bootstrapping* no paramétrico, lo que significa que realiza repetidos muestreos aleatorios con remplazo de la muestra original para crear una muestra *Bootstrap* y con ella obtener errores estándares para prueba de hipótesis. El proceso asume que la distribución de la muestra es una representación razonable de la distribución de la población. La muestra *Bootstrap* permite que los coeficientes estimados mediante el algoritmo PLS-SEM sean probados para obtener su nivel de significancia (Hair et al., 2011).

El criterio primario de evaluación del modelo estructural son las mediciones de la R^2 y el nivel de significancia de los *path coefficients* y en virtud que la meta de predicción de PLS-SEM es explicar la varianza de las variables endógenas, es necesario que los valores de R^2 de los constructos claves sean elevados, definir que es elevado, depende de la disciplina de la investigación de que se trate. Valores de R^2 de 0.75, 0.5 o 0.25 para variables latentes endógenas en el modelo estructural se consideran *sustanciales*, *moderados* o *débiles* respectivamente (Hair et al., 2011). En el caso de la presente investigación la Figura 15 muestra valores que van de moderados a sustanciales de las R^2 en las variables latentes del modelo estructural, en particular cabe resaltar el valor de la R^2 en la variable latente endógena IEORA que exhibe un nivel sustancial de 0.79, mientras que la R^2 de la EMC muestra un valor bajo. Los valores mencionados se obtuvieron usando los algoritmos PLS y *Bootstrapping* de SMART PLS 2.0 con 5000 muestras (Hair et al., 2011).

Para el diagnóstico del nivel de significancia de los *path coefficients* se usó el algoritmo referido en el párrafo anterior y de acuerdo a Hair et al., (2011) y Coelho et al., (2012) valores críticos de *T* son: para una prueba de dos colas 1.65 (nivel de significancia = 0.10 o 10%), 1.96 (nivel de significancia = 0.05 o 5%) y 2.58 (nivel de significancia = 0.01 o 1%). En la presente investigación la Figura 16 muestra los valores de *T* para el modelo estructural, dichos valores son significantes en al menos 0.05 o 5%. Lo mismo ocurre con los valores *T* de los indicadores del modelo de medición.

En el caso particular de EMC → IEORA, muestra la beta estandarizada más baja. Pueden explicarse las razones; existe literatura suficiente que muestra que en las plantas de manufactura occidentales la administración considera que el éxito de la manufactura esbelta consiste únicamente en implantar herramientas “lean” de manera aislada y sin mayor compromiso o liderazgo de la alta administración, debido a esto dichas plantas solo logran resultados marginales en su viaje hacia “lean” o bien solo consiguen silos lean, lo que significa en términos simples es que la manufactura esbelta no se implanta como un sistema de mejora continua (Liker et al., 2011; Womack et al., 2003, 1996; Ruffa, 2008).

Por lo que respecta a los valores de *T* del modelo de medición estos son significantes al menos al 0.01 o 1%. Por lo que respecta a la *relevancia Predictiva* se corrió el algoritmo *blindfolding* de SMART PLS 2.0 (Ringle et al., 2005). Uno de los objetivos y aportaciones que el presente estudio persigue es que el modelo de la investigación (modelo IEORA) tenga *capacidad predictiva del comportamiento* del constructo endógeno (IEORA), con el fin de que el modelo

pueda guiar a las plantas en sus esfuerzos de mejora al correr el modelo y obtener valores en la variable latente IEORA.

Para realizar el diagnóstico de la capacidad de predecir o *relevancia predictiva* del modelo estructural se usó el algoritmo *blindfolding* del PLS-SEM para obtener la *redundancia validada y cruzada (Cross Validated Redundancy o CV Red)* la medición predominante es la Q^2 criterio *Stone-Geisser* que postula que el modelo estructural debe ser capaz de predecir adecuadamente cada indicador del constructo latente endógeno (Hair et al., 2011), en este estudio el IEORA. La Q^2 se obtiene usando el algoritmo *blindfolding*, una técnica de re-uso de muestra que omite cada *d*th parte de un dato y usa el estimado resultante para predecir la parte omitida. El procedimiento *blindfolding* se aplica únicamente a constructos latentes endógenos que tienen un modelo de medición reflexivo.

Para realizar el diagnóstico de Q^2 la medida de *CV Red* de un determinado constructo latente endógeno debe tener valores mayores a 0.00, lo que se interpreta como la relevancia predictiva o explicativa de los constructos latentes exógenos sobre el constructo endógeno en consideración, para el caso del presente estudio se observa en la tabla 7 que los valores de *CV Red* para los constructos del modelo tienen valores superiores a 0.0, lo que confirma la *relevancia predictiva* de los constructos exógenos sobre el constructo endógeno, es decir que es posible predecir el comportamiento del constructo endógeno en este caso el IEORA, a partir de los constructos exógenos, en otras palabras los constructos exógenos y sus scores son capaces de predecir el comportamiento de los indicadores de los constructos endógenos (Hair et al., 2011; Henseler et al., 2009).

Finalmente pero no por ello menos importante, es la prueba del tamaño de los efectos o f^2 , esta prueba tiene como finalidad medir el impacto que tienen las variables latentes en el modelo estructural, valores de f^2 de 0.02 se consideran débiles, 0.15 medio y 0.35 alto (Henseler et al., 2009). La tabla 11 muestra valores de f^2 de medio y alto. Los criterios anteriormente descritos, se presenta de una manera concentrada en las tablas del Apéndice 3.

4.2 Pruebas de hipótesis de la investigación

En relación a las hipótesis nulas y alternativas establecidas en este estudio, y con la información obtenida en las secciones anteriores se establece lo siguiente.

a) Prueba del primer componente de la hipótesis nula H_0 .

Existe un grado de impacto similar de las variables EME, EMS y EMC en el IEORA, lo que se indica en la siguiente expresión de la hipótesis nula.

$$\begin{aligned}
 H_0: & \quad (EME, EMS, EMC) & \rightarrow & \quad IEORA & \quad (7) \\
 & \beta_{EME,IEORA} \approx \beta_{EMS,IEORA} \approx \beta_{EMC,IEORA}
 \end{aligned}$$

Resultado.

La hipótesis H_0 en su primer componente se rechaza, ya que los resultados establecen que las betas estandarizadas o coeficientes path de las relaciones entre las variables latentes EME, EMS y EMC muestran que tienen un impacto positivo marcadamente diferente en la variable IEORA como se presenta a continuación:

$$EME \rightarrow IEORA (0.28)$$

$$EMS \rightarrow IEORA (0.52)$$

EMC → IEORA (0.24)

Por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa H1. *Existe una diferencia significativa del nivel de impacto de las variables: EME, EMS y EMC en el IEORA.*

$$\mathbf{Ha1: \quad \beta_{EME,IEORA} \neq \beta_{EMS,IEORA} \neq \beta_{EMC,IEORA} \rightarrow IEORA \quad (8)}$$

En cuanto a la hipótesis H2.

$$\mathbf{Ha2: \quad \beta_{EME,IEORA} > (\beta_{EMS,IEORA}, \beta_{EMC,IEORA}) \rightarrow IEORA \quad (9)}$$

Se rechaza dado que la beta estandarizada de la EME con el IEORA es menor (0.28) que la correspondiente beta estandarizada de la EMS con el IEORA (0.52) indicando que esta última variable tiene un impacto mayor en el IEORA que la EME.

b) Prueba del segundo componente de la hipótesis nula Ho.

Existe un grado de influencia similar de la variable IEORA en las variables: RF, IHC, SE y CSO, lo que se indica para la hipótesis nula en la expresión siguiente.

$$\mathbf{Ho: \quad IEORA \quad \rightarrow (RF, IHC, SE, CSO) \quad (10)}$$
$$\lambda_{RF,IEORA} \approx \lambda_{IHC,IEORA} \approx \lambda_{SE,IEORA} \approx \lambda_{CSO,IEORA}$$

La segunda parte de la hipótesis nula Ho se rechaza también en virtud de que los resultados, indican que la variable IEORA tiene cargas estandarizadas (λ) diferentes con las variables RF, IHC, SE y CSO tal como se muestra:

$$\mathbf{IEORA \rightarrow RF \quad (0.70)}$$

$$\mathbf{IEORA \rightarrow IHC \quad (0.72)}$$

$$\mathbf{IEORA \rightarrow CSO \quad (0.78)}$$

IEORA → SE (0.86)

En consecuencia se acepta la hipótesis Ha3.

$$\mathbf{Ha3:} \quad \lambda_{RF,IEORA} \neq \lambda_{IHC,IEORA} \neq \lambda_{SE,IEORA} \neq \lambda_{CSO,IEORA} \quad (11)$$

Por lo que respecta a la hipótesis Ha4.

$$\mathbf{Ha4:} \quad \lambda_{RF,IEORA} > (\lambda_{IHC,IEORA}, \lambda_{SE,IEORA}, \lambda_{CSO,IEORA}) \quad (12)$$

La hipótesis Ha4, se rechaza ya que la carga estandarizada del IEORA con la variable RF (0.70) es menor que las cargas estandarizadas del IEORA con las variables: IHC (0.72), CSO (0.78) y SE (0.86) significando que el mayor impacto del IEORA es con la variable satisfacción de los empleados (SE) y el menor con los resultados financieros (RF).

La prueba T de las relaciones entre constructos establecidas por los coeficientes path (betas estandarizadas) están validadas (Hair et al., 2011) con un nivel de significancia de 0.01 (1%), salvo la EMC → IEORA, que muestra hasta ahora un nivel de significancia débil.

4.3 Modelos estadísticos complementarios

Henseler et al., (2009) y Höck et al., (2012), refieren que dado que los modelos de ecuaciones estructurales basados en mínimos cuadrados parciales no cuentan con una medida para la medición de la bondad de ajuste, existe en la literatura reciente estudios que complementan las investigaciones PLS-SEM. En los estudios complementarios se emplean técnicas de análisis multivariado como regresión múltiple y algunas otras. En la presente investigación se ha decidido incluir estudios de regresión lineal con tres propósitos: a) probar la

potencia estadística del modelo PLS-SEM mediante la F de Fisher que no puede obtenerse directamente del software PLS SMART 2.0 (Ringle et al., 2005), b) Establecer un modelo para predecir el comportamiento del IEORA, a partir de indicadores estadísticamente significativos de las variables latentes EME, EMC, EMS e IEORA, lo que permite habilitar el tercer propósito c) generar acciones prescriptivas partiendo del análisis de los ítems de la escala de cada indicador considerado en el modelo prescriptivo, lo cual sin duda puede ser de utilidad a las plantas para orientar las acciones de mejora y toma de decisiones sobre bases empíricas.

4.3.1 Desarrollo del modelo para la potencia estadística del IEORA

Para el desarrollo del modelo, se usó regresión lineal múltiple tomando como entrada los scores estandarizados obtenidas directamente de la corrida del software de PLS- SMART 2.0 de las variables latentes EME, EMC, EMS e IEORA, la variable IEORA es la dependiente en tanto del resto de las mencionadas son variables independientes, cabe mencionar que los valores en las flechas representan las betas estandarizadas. El modelo resultante así como sus resultados se muestran en la figura 17 y la tabla 12.

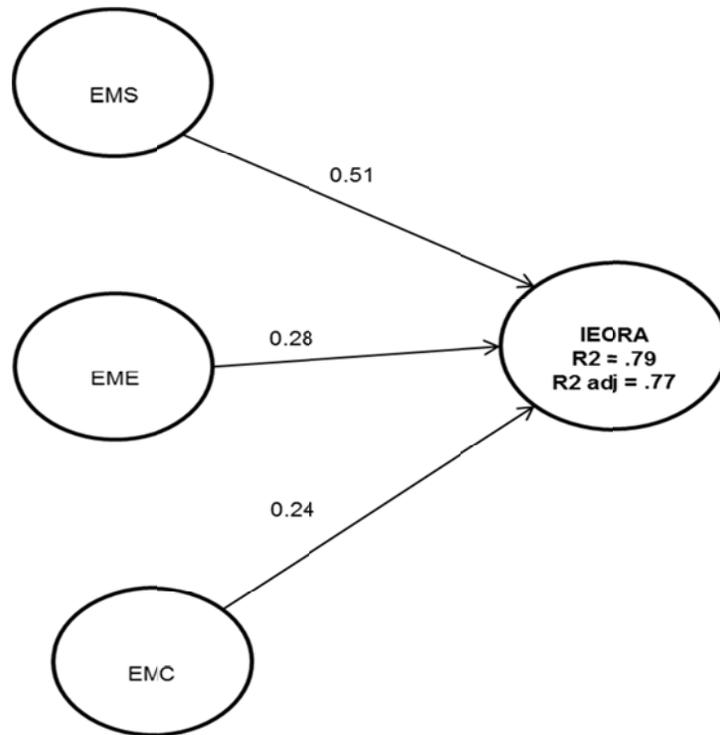


Fig. 17: Modelo de potencia estadística del IEORA (n=40)

Al correr el modelo de regresión mediante SPSS se obtuvo un valor de R2 de 0.79 en el IEORA muy similar al arrojado por el modelo de ecuaciones estructurales mediante PLS-SEM, las betas estandarizadas son también muy similares a los de PLS-SEM. Por cuanto los valores de calidad para evaluar el modelo de regresión como son: VIF, t y p, así como la F y se muestran a continuación.

(n = 40)
F = 46.26 p = 0.00

	t	p	VIF
EMC	2.41	0.02	1.68
EME	2.83	0.00	1.65
EMS	4.53	0.00	2.18

Tabla 12. Valores de F, t, p y VIF de la regresión

Se puede observar que los valores de t y p son significantes al menos en un 0.05 (5%), y que el factor de inflación de la varianza es menor a 5, lo que revela una multicolinealidad no significativa, la potencia estadística denotada por la F es muy superior al valor de umbral de 3.49, lo que cumple el primer propósito probar la potencia estadística.

4.3.2 Desarrollo del modelo predictivo del IEORA

En el desarrollo del modelo predictivo del IEORA, se tomaron los scores no estandarizados de los indicadores de las variables EME, EMC y EMS que resultaron estadísticamente significantes después de correr un modelo de regresión mediante SPSS y el método “stepwise”. Una vez que el stepwise mostró los indicadores relevantes, estos fueron alimentados a una regresión múltiple normal, cuyos resultados se muestran en la figura 18, cabe mencionar que los valores en las flechas son las beta estandarizadas.

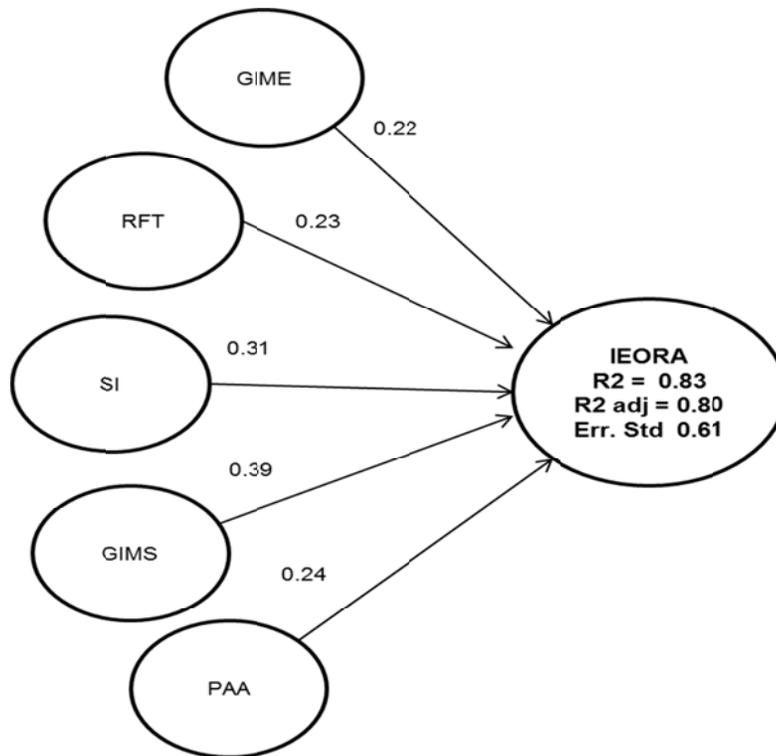


Fig. 18: Modelo causa efecto del IEORA (n=40), betas estandarizadas

En la figura 18, se puede observar un valor de R^2 de 0.83 lo que se considera significativo, y dado que los valores de las flechas son betas estandarizadas, es posible conocer qué indicador tiene el mayor y menor impacto en el IEORA, en este caso GIMS y GIME respectivamente, lo cual puede sugerir que es determinante trabajar en los ítems del indicador GIMS principalmente. En otras palabras analizando los ítems que alimentan a los indicadores GIME, RFT, SI, GIMS y PAA, pueden extraerse acciones prescriptivas para orientar las acciones de mejora.

Definición de indicadores estadísticamente significativos

GIME	Grado de implantación de la Manufactura Esbelta
RFT	Reducción del Tiempo de Flujo
SI	Sugerencias Implantadas
GIMS	Grado de implantación de la Manufactura Sustentable
PAA	Desarrollo y producción de Productos Amigables al Ambiente

El modelo IEORA mostrando los valores de las betas no estandarizadas se muestran en la figura 19, y en la tabla 13 se indican los valores de los que es posible extraer la ecuación de regresión para efectos predictivos.

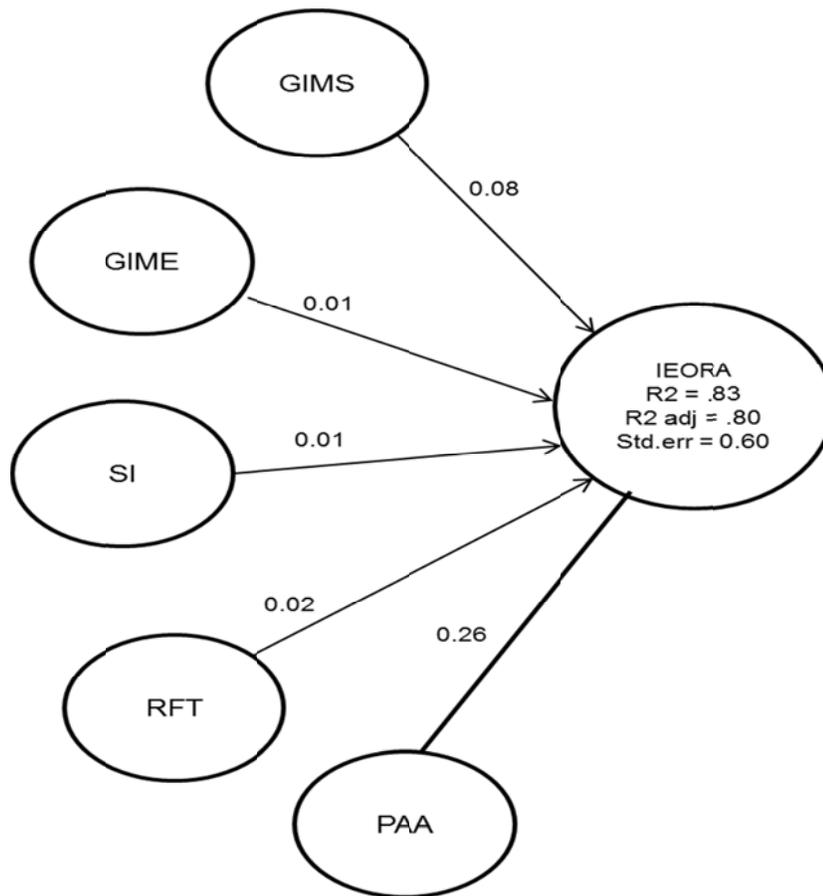


Fig. 19: Modelo predictivo del IEORA (n=40), betas no estandarizadas

La ecuación de regresión es la siguiente:

$$\text{IEORA} = 0.34 + 0.08 \cdot \text{GIMS} + 0.01 \cdot \text{GIME} + 0.01 \cdot \text{SI} + 0.02 \cdot \text{RFT} + 0.26 \cdot \text{PAA} \quad (13)$$

El valor de la F es de 32.81, con una p = 0.00 y un valor de la prueba Durbin-Watson de 1.57.

Los valores de t, p y FIV se muestran en la tabla 13, y se observa que son significantes en al

menos 0.05 (5%), adicionalmente la tabla 13 deja ver que no hay una multicolinealidad importante entre las variables independientes de la regresión.

Tabla 13. Valores de F, t, p y VIF de la regresión

	B no est	E. Est.	B. est	t	sig	FIV
Const	0.34	0.26		1.29	0.21	
GIMS	0.08	0.02	0.39	4.52	0.00	1.49
GIME	0.01	0.00	0.22	2.44	0.02	1.69
SI	0.01	0.00	0.31	4.17	0.00	1.08
RFT	0.02	0.00	0.23	2.97	0.00	1.16
PAA	0.26	0.11	0.24	2.49	0.02	1.79

4.3.3 Modelo predictivo de los indicadores del IEORA

Los indicadores del IEORA se predijeron a partir del modelo mostrado en la figura 20, y usando los scores originales no estandarizados del IEORA y regresión lineal simple con SPSS.

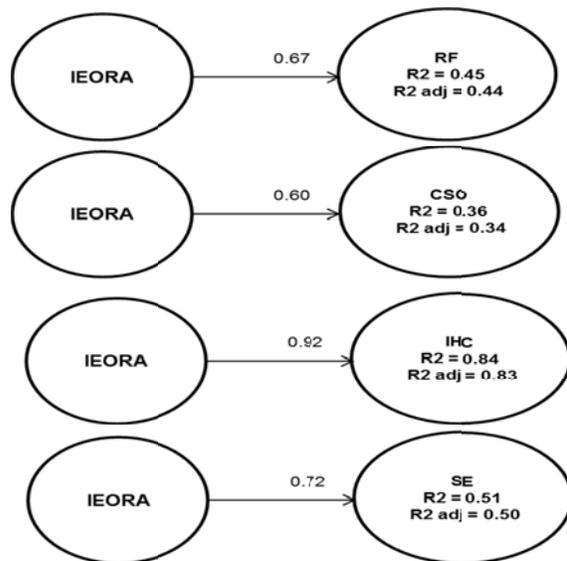


Fig. 20: Modelo predictivo de los indicadores de IEORA (n=40)

Puede observarse en los resultados mostrados en la figura 19 que el IEORA explica en mayor porcentaje el comportamiento del indicador IHC (0.84) y menor medida al indicador (CSO). Las ecuaciones de regresión y los criterios t, p se muestran a continuación en las ecuaciones 14 a 17 y en la tabla 14.

$$RF = 0.30 + 0.29*IEORA, F = 31.48, p = 0.00, DW = 2.00 \quad (14)$$

$$CSO = 1.83 + 0.47*IEORA, F = 21.47, p = 0.00, DW = 2.30 \quad (15)$$

$$IHC = -3.56 + 2.65*IEORA, F = 195.38, p = 0.00, DW = 2.59 \quad (16)$$

$$SE = 1.08 + 0.59*IEORA, F = 39.88, p = 0.00, DW = 2.35 \quad (17)$$

Tabla 14. Valores de b, t, p de la regresión de los indicadores de IEORA

IEORA	B no est	E. Est.	B. est	t	Sig
Const	0.30	0.21		1.43	0.16
RF	0.39	0.07	0.67	5.61	0.00
Const	1.83	0.30		6.06	0.00
CSO	0.47	0.10	0.60	4.63	0.00
Const	-3.56	0.56		-6.37	0.00
IHC	2.65	0.19	0.92	13.98	0.00
Const	1.08	0.28		3.89	0.00
SE	0.59	0.09	0.72	6.31	0.00

4.3.4 Acciones prescriptivas

Finalmente, tomando como base los modelos y ecuaciones mostradas en las secciones anteriores, una planta en particular puede alimentar los scores de los ítems que se describen en la tablas 15 y 16, realizar simples operaciones en una hoja de cálculo y obtener los valores

estimados para IEORA y sus indicadores: RF, CSO, IHC y SE. El siguiente paso consistiría en hacer un análisis imaginativo de los valores obtenidos, en la primera y segunda parte del modelo predictivo, para seleccionar los ítems claves con mayor impacto, para lograr un mejor resultado en el IEORA e indicadores clave.

Tabla 15. Ítems de los indicadores de EME, EMC, EMS

VARIABLES	MP	ITEMS
GIME (X1)		I.1. Mapeo de procesos (% implantado) I.2. 5S (% implantado) I.3. Administración visual y controles visuales (% implantado) I.4. Intercambio rápido de moldes (% implantado) I.5. Calidad a la primera y dispositivos a prueba de errores (% implantado) I.6. Conteos cíclicos (% implantado) I.7. Multihabilidades de los operarios (% implantado) I.8. Detección automática de defectos (% implantado) I.9. Producción nivelada y mezclada (% implantado) I.10. Kaizen - mejora continua, (% implantado)
RFT (X2)		I.13 Tiempo de flujo (% de reducción)
SI (X3)		I.14 Sugerencias implantadas del total sugerido (% implantado anual)
GIMS (X4)		I.15 Las iniciativas sustentables son para mejorar la productividad (5-totalmente, 1 – nada) I.16 Nivel de reducción de la transportación – <i>proveedores, clientes, personal</i> (% de avance)
PAA (X5)		I.17 Desarrollar productos ecológicos, es la razón para adoptar iniciativas y manufactura sustentable (5- Totalmente, 1 – Nada) I.18 La innovación, es la razón para adoptar iniciativas y manufactura sustentable (5- totalmente, 1- nada)

Tabla 16. Ítems de los indicadores del IEORA

VARIABLES	MP	ITEMS
RF (Y1)		I.19 Beneficio económico obtenido por la aplicación de iniciativas sustentables en Mdp (1 menos de 10, 2 - entre 10 y 50, 3 - entre 50 y 90, 4- entre 90 y 150, 5 – más de 150)
CSO (Y2)		Razón principal para adoptar iniciativas y manufactura sustentable (5 – totalmente, 1 – nada) I.20 Mejoramiento del ambiente I.21 Mejorar imagen pública de la compañía I.22 Acatar directriz corporativa I.23 Cumplir con responsabilidad moral I.24 Lograr ventajas competitivas estratégicas I.25 Grado en que los indicadores de sustentabilidad y desempeño operacional están estrechamente relacionados
IHC (Y3)		I.26 Reducción de emisiones de CO2 en toneladas por año (% de reducción) I.27 Los esfuerzos de mejora de la compañía ayudan al medio ambiente (5- totalmente, 1-nada)
SE (Y4)		I.28 La planta ha desarrollado proyectos sustentables, para el mejoramiento de la seguridad de los empleados (5 – totalmente, 1 – nada) I.29 Los proyectos sustentables que ha ejecutado la planta influyen el deseo de permanecer laborando en ella (5-totalmente, 1-nada)

Capítulo 5

5. Conclusiones, implicaciones y recomendaciones

5.1 Principales Aportaciones al conocimiento.

Originalidad y valor. Se creó y probó un modelo usando ecuaciones estructurales basadas en varianza y mínimos cuadrados parciales, PLS-SEM por sus siglas en inglés, que integra y mide en un solo índice (IEORA), el impacto de las variables: Manufactura esbelta (EME), manufactura sustentable (EMS) y mejora continua (EMC), el modelo está sustentado en un análisis de las teorías más modernas relacionadas con las variables mencionadas, lo cual constituye una aportación y avance en el conocimiento de los temas de: Manufactura Esbelta, Manufactura Sustentable, Mejora Continua, Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental, al considerar los efectos combinados de las variables referidas, esto es particularmente importante en el contexto mexicano de Apodaca, NL.

Lo anterior representa una contribución importante al conocimiento en los temas de manufactura y mejora continua, al articular un mecanismo empírico para medir la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental, y sus impactos en los resultados financieros, impacto de la huella de carbono, satisfacción de empleados y creación de cultura de sustentabilidad, lo que permite a través del constructo IEORA, estimar desempeños futuros en los indicadores clave de desempeño como son: RF, CSO, SE, IHC empleando los scores no estandarizados de los indicadores significativos y relevantes de las variables latentes EME, EMC, EMS e IEORA, y aplicando métodos estadísticos complementarios de regresión lineal, múltiple y simple. De esta manera es posible priorizar acciones específicas de mejora, y orientar la toma de decisiones en

las plantas de manufactura, utilizando criterios empíricos. Lo anterior significa que el modelo IEORA mediante PLS-SEM, y los análisis estadísticos complementarios mediante regresión lineal múltiple y simple, pueden ser utilizados como una herramienta de mejora continua.

El modelo IEORA puede asimismo, ser empleado por algún organismo público o privado como mecanismo para ubicar una planta de manufactura en materia de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental y derivar acciones en consecuencia. Cabe mencionar también, que tradicionalmente los modelos de ecuaciones estructurales han sido aplicados a las áreas de mercadotecnia, psicología, educación y más recientemente planeación estratégica, aunque se considera su nicho las áreas de mercadotecnia y preferencias del consumidor. En este sentido, el presente trabajo pasa a formar parte del número reducido de estudios que se han realizado y que consigna la literatura moderna en journals internacionales, en materia de aplicación de ecuaciones estructurales PLS-SEM, en los ámbitos de calidad, manufactura y mejora continua. Esto puede inspirar a otros investigadores a emplear modelos de ecuaciones estructurales en diferentes áreas con resultados significativos, relevantes y prácticos.

Hallazgos importantes. Los resultados del estudio realizado muestran que para el caso de las plantas de manufactura medianas y grandes de Apodaca, NL las variables latentes efectividad de la manufactura esbelta (EME), efectividad de la mejora continua (EMC) y efectividad de la manufactura sustentable (EMS), tienen un impacto relevante y estadísticamente significativo en el índice de eficiencia operacional y responsabilidad ambiental (IEORA), y éste último constructo latente a su vez impacta a indicadores clave de negocio como son: Resultados financieros (RF), impacto de la huella de carbono (IHC), cultura de sustentabilidad de la

organización (CSO) y satisfacción de los empleados (SE). En este análisis, se contrastó la realidad de las plantas de Apodaca, uno de los municipios más industrializados de México, con la mayor contribución al 10% del PIB nacional que en 2012 representó el estado de Nuevo León, con las teorías más actuales, encontrándose discrepancias en relación a lo que consigna la teoría; las diferencias importantes se ubican en el hecho, de que los aspectos relacionados con la manufactura sustentable y manufactura esbelta en ese orden, tienen un mayor impacto en el desempeño operacional en relación con aquel que tiene la mejora continua, esto significa, que las plantas de Apodaca, deben trabajar con mayor dedicación para adoptar de manera genuina, decidida, y sostenida los componentes de la mejora continua, para estar acordes con los niveles de desempeño en este rubro que tienen las compañías de clase mundial, y que es un factor determinante en el logro de ventajas competitivas.

Asimismo, se encontró que el IEORA impacta positivamente en mayor medida a las variables SE, IHC y CSO y no la RF como esperaba la investigación considerando la teoría existente, lo que sugiere un estudio posterior para determinar las causas. Fue determinado también que los constructos EME, EMC y EMS de manera combinada poseen una capacidad predictiva importante en el constructo IEORA, dicha capacidad predictiva fue validada en ésta investigación mediante análisis estadísticos de regresión complementarios explicados con detalle en la sección de resultados. De manera complementaria y en virtud de que PLS-SEM carece de una medida de bondad de ajuste, se realizó una comprobación de los resultados y conclusiones obtenidas mediante ecuaciones estructurales basadas en varianza, a través del empleo de modelos de regresión múltiple y simple. Para el caso del modelo de regresión múltiple se consideraron los valores de los scores no estandarizados de los indicadores considerados en los constructos latentes del modelo en PLS-SEM, dichos indicadores operaron como variables independientes y

el IEORA constituyó la variable dependiente, se realizó una corrida con el paquete estadístico SPSS en la modalidad stepwise, y la corrida arrojó como relevantes únicamente a los indicadores GIME, RFT, SE, GIMS y PAA. El valor de la R^2 ajustada obtenida de la corrida con SPSS fue muy similar a la mostrada por el modelo PLS-SEM (aproximadamente 0.80), confirmando la validez del modelo, el valor de la F de Fisher fue muy superior al valor crítico, indicando con esto una gran potencia estadística, y confirma entre cosas que el tamaño de la muestra empleada en el estudio es estadísticamente significativa, con una significancia indicada por p-value superior al 95%. Por su parte los valores del factor de inflación de las variables independientes (FIV) se ubicó por debajo de 2, valor menor a 5 que es el que recomendado por la literatura moderna, exhibiendo la ausencia de un efecto de multicolinealidad importante, los valores de las t fueron significantes en al menos 95%. Los análisis detallados de lo descrito líneas arriba fue presentado en la secciones previas de resultados y discusión.

Investigaciones futuras. Debe recordarse que el presente estudio se realizó en plantas de manufactura medianas y grandes de Apodaca, NL, y que sus conclusiones pueden generalizarse a otros municipios industriales del área metropolitana de Monterrey, del estado de Nuevo León o de México que posean características de industrialización similares. En consecuencia es muy recomendable extender y enriquecer la presente investigación aplicando el modelo a otros municipios de Nuevo León, y otros estados de México. Por otra parte es importante mencionar la conveniencia de realizar estudios para segmentar las plantas estudiadas, no por variables control –tamaño o giro de manufactura-, sino por heterogeneidades no observadas, con el fin de formar grupos de plantas con características comunes, y definir estrategias de mejora de desempeño específicos para cada grupo vía el índice IEORA buscando estadios de clase mundial en: EME –

reducción de lead time, reducción de tamaño de lote e incremento de flexibilidad, EMS – reducción y/o eliminación continua de los diferentes desperdicios ambientales-, y EMC – participación del personal en la mejora, tiempo dedicado a la observación directa en piso, mayor cantidad de sugerencias presentadas e implantadas-.

5.2 Implicaciones prácticas

Para las plantas de manufactura de Apodaca la necesidad de adoptar de manera comprometida y sistemática la *manufactura esbelta y sustentable*, y el reforzamiento de los esfuerzos en materia de *mejora continua*, todo esto en virtud de las fuertes presiones que las organizaciones reciben hoy día derivadas de la competencia global, y toda vez que el presente estudio ha mostrado que existe debilidad en las plantas en la efectividad de implantación de las filosofías de mejora ya referidas.

Referencias Bibliográficas

- Alle, M. (2009). A financial Growth Strategy for Lean Implementation, USA: *Walden University*.
- Amin, M.A y Karim, M.A. (2013). A time based quantitative approach for selecting lean strategies for manufacturing organisations, *International Journal of Production Research*, 5(14), ISSN: 00207543, 1164-1167.
- Arrieta, J.G., Botero, V.E y Romano, M.J. (2010). Benchmarking sobre la manufactura esbelta (lean manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia, *Journal of Economics, Finance and Administrative Science (en línea)*, 15(28), 141-170, ISSN: 2077-1886.
- Austin, D., Saleeshya, P.G. y Vamsi, N. (2013). A model to assess the lean capabilities of automotive industries, *International Journal of Productivity and Quality Management*, 11(2), ISSN: 1746-6482, 195.
- Bergmiller, G. y Mc. Cright, P.R. (2011). Lean and sustainability programs: Evidence of operational synergy for lean manufacturers and logical growth toward sustainability, *Review of Business Research*, 11(5), ISSN: 1546-2609, 58-68.
- Bergmiller, G. (2006). Lean Manufacturers Transcendence to Green Manufacturing; Correlating the diffusion of lean and green manufacturing systems, USA: *University of South Florida*.
- Bodenhamer, G. (2011). On the Road to Sustainability, you're going to need a map. Acceso: 15 de abril 2011, *Schneider Electric-Plant Engineering*: <http://www.plantengineering.com/single-article>.
- Boyle, G. (2004). Renewable Energy; Power for a Sustainable Future, UK: *Oxford University Press*.
- Cameron-Strother, A. (2009). The Causal relationship inherent in the alliance of lean infrastructures, employee engagement, leadership impact and team dynamics in modern manufacturing environments, USA: *Capella University*.
- Cardozo, E.R., Rodríguez, C. y Guaita, W. (2011). Las pequeñas y medianas empresas agroalimentarias en Venezuela y el desarrollo sustentable: Enfoque basado en los principios de la manufactura esbelta. *Información Tecnológica (en línea)*, 22(5), ISSN: 0718-0764, 39-48.
- Carleton, K. (2009). Framing Sustainable Performance with the Six-P. *International Society for Performance Improvement*, Vol. 48(No. 8), 37-43.
- Carreira, B. (2005). Lean Manufacturing that Works, USA: *AMACOM*.
- Coelho, P.S & Henseler, J. (2012). Creating customer loyalty through service customization. *European Journal of Marketing*, Vol. 46(No. 3/4), pp. 331 - 356.
- Conner, G. (2001). Lean Manufacturing for the Small Shop, USA: *SME Press*.

- Cooper, R. y Maskell, B. (2008). How to manage to through worse-before better, *MIT Sloan Management Review*, summer 2008, 49(4), 58-65, ISSN: 1532-9194.
- Cottyn, J., Van Landeghem, H., Stockman, K. y Derammelaere, S. (2011). A method to align a manufacturing execution system with lean objectives, *International Journal of Production Research*, 49(14), ISSN: 0020-7543, 4397-4413.
- Creswell, J. (2003). *Research Design; Qualitative, Quantitative and Mixed Methods* (2nd. ed.). USA: Sage Publications.
- EPA. (2000). Pursuing Perfection: Case studies examining lean manufacturing strategies, pollution prevention and environmental regulatory management implications. EPA, U.S. Environmental Protection Agency by Ross & Associates Environmental Consulting Ltd.
- EPA. (2003). Lean Manufacturing and the Environment: Research on Advanced Manufacturing Systems and The Environment and recommendations for leveraging better environmental performance. Recuperado el 23 de 04 de 2010, de Environmental Protection Agency USA: <http://www.epa.gov/lean>
- EPA. (2006). Lean Manufacturing and The Environment Toolkit. Retrieved April 23, 2010, from Environmental Protection Agency-EPA, USA: <http://www.epa.gov/lean>
- Fornell, C & Larcker, D.F. (1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurements Error. *Journal of Marketing Research*, Vol. 18(1), pp. 39-50.
- Funk, K. (2003). Sustainability and Performance. *MIT Sloan Management Review*, Vol. 44 No. 22 (Winter 2003).
- Future State Solutions. (2009). Where's the money in the triple bottom line ? Retrieved from *FutureStateSolutions*: <http://www.futurestatesolutions.com>
- Golicic, S.L., Boonstler, C. & Mellram, L. (2010). Movimiento y Sustentabilidad la Paradoja Global, *Manufactura de Clase Mundial, México, Año 17*(No. 12).
- Green Suppliers Network. (2005). Lean and Clean Value Stream Mapping. Retrieved from *Green Suppliers*, USA: <http://www.greensuppliers.gov>.
- Ghosh, M. (2013). Lean manufacturing performance in indian manufacturing plants, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(1), 113-122, ISSN: 1741038X.
- Hair, J, Ringle, C.M. y Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a Silver bullet. *Journal of Marketing Theory and Practica*, vol. 19(No. 2 (spring 2011)), pp. 139-151.
- Henseler, J., Ringle, C.M. y Sinkovics, R.R. (2009). The Use of Partial Least Squares Path Modeling in International Marketing. *Advances in International Marketing*, Vol. 20, pp. 277-319.
- Herman, R. (2001). Flow Time: The Ultimate Lean Manufacturing Measure, *International Conference Proceedings, APICS*.

- Hernández, R. (2006). Metodología de la investigación 4ta. Ed., *Mc. Graw Hill*, México, DF.
- Höck, C, Ringle, C.M. & Sarstedt, M. (2010). Management of Multi-Purpose Stadiums: Importance and Performance Measurement of Service Interfaces. *Journal Technology and Management*, Vol. 14(No. 2/3), pp. 188-207.
- IMAI, M. (1986). Kaizen; La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa 1st. Ed, México: CECSA.
- IMAI, M. (1997). Gemba Kaizen; A common sense, low-cost approach to management, USA: Mc. Graw Hill.
- Irastorza, V. y Fernández, X. (2010). Balance nacional de energía y su relación con el inventario nacional de emisiones (en línea), *Revista Internacional de Estadística Geografía e Informática México*, 1(1), Noviembre, ISSN en trámite, 52-71, acceso: 10 de Marzo de 2013, http://rde.inegi.org.mx/revista_noviembre_2010.
- JHRA. (1997). Kaizen Teian; Developing systems for continuous improvement through employee suggestions. JAPAN: *Japan Human Resources Association*.
- Jiang, Z., Zhang, H y Sutherland, J. W. (2012). Development of an environmental performance assessment method for manufacturing process plants, *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies (on line)*, 58, 783-790, ISSN: 1433-3015.
- Kidwell, M. (2006). Lean Manufacturing and The Environmente. Ignoring the 8th deadly waste leaves money on the table. *Target*, Vol. 22(No. 6), 13-18.
- Kiron, D., Kruschwitz, N. Haanes, N., Reeves, M. y Goh, E. (2013). The Innovation Bottom Line, *MIT Sloan Mangament Review Research Report*, ISSN: 1532-9194, 17-29.
- Koenigsaecker, G. (2009). Leading the Lean Enterprise Transformation, USA: *CRC Press*.
- KPMG México. (2009). Encuesta: Desarrollo sustentable en México (2009), 4-27, *KPMG Cárdenas y Dosal*, S.C. México, DF, <http://kpmg.com.mx>, acceso: 5 de Noviembre de 2012.
- Lee, S. (2012). The impact of manufacturing practices on operational performance, *Review of Business Research*, 12(5), 184-189, ISSN: 1546-2609.
- Liker, J. y Convis, G. (2011). The Toyota Way to Lean Leadership, :USA: *Mc. Graw Hill*.
- López-López, V. (2008). Sustentabilidad y Desarrollo Sustentable; Orígen, precisiones conceptuales y metodología operativa, México: *Trillas, IPN*.
- Lovejoy, M. (2011). Saving an Extended Enterprise: A CEO's experience. Retrieved Nov 1, 2011, from *Lean Enterprise Institute*, Excerpted from Seeing the Whole Value Stream: www.lean.org
- Luna, D. (2011). Estructuras "Verdes". *Manufactura*, México,17(188), 13-19.

- Maskell, B. (2002). Why MRPII has not created World Class Manufacturing and Where Do We Go from Here? Retrieved December 07, 2002, from *APICS The Performance Advantage Magazine*, September 1993: <http://www.maskell.com/MRPIIArticle.htm>
- Mc. Carthy, D. y Rich, N. (2004). TPM, A Blueprint for Change, USA: *Elsevier*.
- Millar, H.H y Rusell, S. (2011). The adoption of sustainable manufacturing practices in the Caribbean, *Business Strategy and the Environment*, 20, 512-526, ISSN: 0964-4733.
- MIT y BCG. (2013). Findings from 2012 sustainability and innovation global executive study research report, *MIT Sloan Management Review research*, winter, ISSN: 1532-9194, 1-13.
- MIT y BCG. (2011). Sustainability: The "Embracers" Seize Advantage; Findings from the 2010 Sustainability & Innovations Global Executive Study and Research Project. *MIT Sloan Management Review research report*, winter, ISSN: 1532-9194, 5-22.
- MIT & BCG. (2009). The Business of Sustainability; Findings and Insights from the First Annual Business of Sustainability Survey and The Global Thought Leader's Research Project, *MIT Sloan Management Review and BCG Special Report*, ISSN: 1532-9194, 3-14.
- Moody, P., Laraia, C. y Hall, R. (1999). The Kaizen Blitz: Accelerating breakthroughs in productivity and performance, USA: *NAM*.
- Moore, R. (2006). Selecting the Right Manufacturing Improvements Tools, What Tools ?, When ?, UK: *Elsevier Science & Technology Books*.
- Monge, C., Cruz, J. y López, F. (2013). Impacto de la manufactura esbelta, manufactura sustentable y mejora continua en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental en México, *Información Tecnológica (Chile)*, 24(4), 15-31, ISSN: 07168756.
- Murugesan, T.K. Kumar, B.S. y Kumar, M.S. (2012). Competitive advantage of world class manufacturing system (WCMS) – A study of manufacturing companies in south India, *European Journal of Social Sciences*, 29(2), 295-311, ISSN: 1450-2267.
- Nestwood, N. (2005). Learning by Doing. Retrieved Julio 18, 2010, from *NHS Institute for Innovations and Improvement*, UK: <http://www.institute.nhs.uk>
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. USA: *Productivity Press*.
- O'Reilly III, C.A. y Pfeffer, J. (2000). Hidden Value, how great companies achieve extraordinary results with ordinary people, USA: *Harvard School Press*.
- Pande, P.S., Neuman, R.P & Cavanaugh, R.R. (2000). The Six Sigma Way: How GE, Motorola and Other Top Companies are Honing their Performance, USA: *Mc. Graw-Hill*.
- Pérez, J., La Rotta, D., Sánchez, K. y Madera, Y. (2011). Identificación y caracterización de las mudas de transporte, procesos, movimientos, y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo (en línea). *Ingeniare: Revista chilena de*

ingeniería, 19(3), ISSN: 0186-1042, 51-67.

- Plambeck, E.L. (2012). Reducing greenhouse gas emissions through operations and supply chain management, *Energy Economics*, 34(1), ISSN: 01409883, S64-S74.
- Reyes-Aguilar, P. (2002). Manufactura delgada (lean) y seis sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones, *Contaduría y Administración*, 205, Abril-Junio, 51-69, ISSN: 0186-1042.
- Ringle, C, Wende, S, Will, A. (2005). *SMARTPLS 2.0*. Hamburg: *Hamburg University*, Germany.
- Robinson, A. (1990). *Modern Approaches to Manufacturing Improvement; The Shingo System*, USA: *Productivity Press*.
- Rodríguez, I. (2011). Construya la Eficiencia Energética. *Manufactura Expansión México*, 17(188), 41-45.
- Rother, M. y Shook, J. (1998). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate muda*, USA: *Lean Enterprise Institute*.
- Ruffa, S. (2008). *Going Lean: How the best companies apply lean manufacturing principles to shatter the uncertainty drive innovations and maximize profits*, USA: *AMACON*.
- Sánchez, I. (2011). Ecuaciones Estructurales en la Enseñanza-Aprendizaje de Matemáticas. Retrieved Mayo 20, 2011, from *UAM, México*: http://dcsh.xoc.uam.mx/congresodcsh/ponencias_fin/30Sep/consejoamdocencia/ecuacionesestructuralesenlaense.pdf.
- Schneider Electric. (2008). White paper; Making Permanent Savings Through Active Energy Efficiency, Retrieved April 26, 2009, from *Schneider Electric*, France: <http://schneider-electric.com/medias/solutions/downloads>.
- Schneider Electric. (2009). White Paper; Unlocking Energy Efficiency. Retrieved April 26, 2009, from *Schneider Electric*, France: <http://www.schneider-electric.com/medias/solutions/downloads>
- Schneider Electric Study. (2011). Execs see energy as business, moral imperative. Acceso: 15 de abril 2011, *Plant Engineering*: <http://www.plantengineering.com/single-article>.
- Shook. (2010). How to Change a Culture: Lessons form NUMMI. *Sloan Management Review*, Winter 2010, Vol. 51(No. 2).
- Shook, J. (2008). *Managing to Learn: Using The A3 management process to solve problems, gain agreement, mentor and lead*, USA: *Lean Enterprise Institue*.
- Silveira, T.A. & Gati, A.M. (2009). Environmental Value Stream Mapping (EVSM) as Sustainability Management Tool. *Management of Engineering & Technology*, August , pp. 1-34.
- Slaper, T.F. (2011). The triple bottom line: What is it and how does it work?, *Journal Indiana University Kelley School of Business*, spring (2011), 4-8, ISSN: 0007-6813.

- Smith, R y Hawkins, B. (2004). *Lean Maintenance; Reduce Costs, Improve Quality and Increase Market Share*, UK: *Elsevier*.
- Spear, S. y Bowen, K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, Sep-Oct.
- Stalk, G. (1988). Time. The Next Source of Competitive Advantage. *Harvard Business Review*, Sep-Oct.
- Standard, Ch. y Davis, D. (1999). *Running Today's Factory; A proven Strategy for Lean Manufacturing*, USA: *Hanser Gardner*, p. 235.
- Suzaki, K. (1985). *The New Manufacturing Challenge*, USA: *Free Press*.
- Suzaki, K. (1993). *The New Shop Floor Management - Empowering People for Continuous Improvement*, USA: *Free Press*.
- Toussaint, J. S. y Berry, L.L. (2013). The promise of lean in healthcare (on line), *Mayo clinic proceedings*, 88(1), 72-84, ISSN: 1942-5546.
- Upadhye, N., Deshmukh, D.G., y Garg, S. (2010). Lean manufacturing for sustainable development, *Global Business and Management Research*, 2(1), ISSN: 1947-5657, 125-137.
- Vinohd, S y Dino, J. (2012). Structural equation modeling of lean manufacturing practices, *International Journal of Production Research*, 50(6), 1598-1607; ISSN: 00207543.
- Vavra, B. (2011). AME Manufacturing Excellence Winners Take Many Roads to Improvement. Retrieved Nov 24, 2011, from www.plantengineering.com/single-article/ame-manufacturing-excellence-winners-t
- Wills, B. (2009a). *Green Intentions; Creating a Green Value Stream to Compete and Win*, 3-34, USA: CRC Press.
- Wills, B. (2009b). The Business Case for Environmental Sustainability (Green); Achieving rapid returns from the practical integration of lean and green, 1-6, *HPS White Paper*. Retrieved from HPS White Paper, acceso: 5 de enero 2009.
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*, USA: Mc Graw Hill.
- Womack, J.P. y Jones, D.T. (2003). *Lean Thinking; Banish Waste and Create Wealth in your Corporation 2nd. Ed*, AUS: *Simon and Schuster*.
- Womack, J.P., Jones, D.T. y Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production Systems*, USA: *Harper Perennial*.
- Womack, J.P., Jones, D.T. y Roos, D. (1996). *Beyond Toyota: How to root out waste and pursue perfection*, USA: *Harvard School Press*.

Womack, J.P., Jones, D.T. y Roos, D. (2007). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production - Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars that is now Revolutionizing World Industry*, USA: *Free Press*.

Apéndices

Apéndice 1: Relación de autores, elementos teóricos, y variables que influncian

Autores	Elementos Teóricos Sustentante	Variables
EPA, (2006)	Presenta la experiencia obtenida por la EPA con un grupo de compañías de manufactura que han experimentado con la coordinación de la implantación de Manufactura Esbelta y la Administración Ambiental, propone una serie de herramientas que conforman un toolkit, tal como el GVSM para mapear procesos de manufactura con el fin de identificar desperdicios ambientales (EMS) y sugiere que se elaboren proyectos de mejora (EMC), que lleven a la mayor eficiencia de producción y compromiso ambiental simultáneamente (IEORA). Si bien EPA propone herramientas prácticas y aterrizadas no propone un indicador conjunto de medición.	IEORA EMS, EMC
EPA, (2000)	Manifiesta que las empresas al adoptar la Manufactura Esbelta, consiguen grandes beneficios en Costos, Calidad y Tiempos de respuesta lo que impacta positivamente la Eficiencia Operacional (IEORA) y la Productividad. También sostiene que la adopción de los principios de la Manufactura Esbelta inciden positivamente en los resultados desde el punto de vista ambiental (EMS) y generación de cultura organizacional hacia la prevención de la contaminación y sustentabilidad (CSO), sin embargo no propone un modelo de medición de dichos impactos.	CSO IEORA EMS
Bodenhamer, (2011)	Complementa el estudio anterior, indicando que el paso clave en las organizaciones para ejecutar exitosamente iniciativas sustentables (EMS), es definir la sustentabilidad en términos que estén en consonancia con las metas de la organización, es decir identificar actividades sustentables que apoyarán las metas deseadas (EMC)(SE). Muchas compañías han orientado sus estrategias de implantación de la sustentabilidad en 3 áreas clave. Eficiencia Operacional (IEORA) Mejoramiento de Infraestructura. Mejoramiento de Procesos (EME) Energías Renovables. Wal-Mart presentó en el ARC Forum del 2011 en Orlando, los tres enfoques de su iniciativa de sustentable de largo plazo. Ser abastecido 100% por energías renovables. Generar 0 desperdicios sólidos (EMS). Vender productos que sostengan a las personas y el ambiente. El estudio no propone modelos integrales de medición y	SE IEORA EMC, EME, EMS

	menciona acciones a tomar en el sentido de la Sustentabilidad.	
Boyle, (2004)	Boyle, establece que el CO2 es el principal gas de efecto de invernadero, y que este se genera principalmente por la generación y uso de energía eléctrica, a un ritmo de .6Kg de CO2 por cada 1 KWhe, y sugiere que trabajando en la reducción del consumo de la energía eléctrica, se evitaría disminuiría la emisión de CO2, y con ello una mejoría en la huella de carbono.	IHC
Bergmiller, (2006)	Consigna en este trabajo, que los fabricantes esbeltos están trascendiendo más allá la Manufactura Esbelta (EME) para abrazar la Manufactura Verde (EMS). No refiere ningún puente de cómo vincular la manufactura Esbelta y la Manufactura Verde.	EME, EMS
Cameron-Strother, (2009)	El estudio identifica que la Manufactura Esbelta, requiere del compromiso de los empleados en la mejora continua para lograrlo (EMC). No menciona el tema de la sustentabilidad, pero hace mucho hincapié que sin mejora continua no habrá manufactura esbelta y no propone un modelo integral.	EMC
FutureState Solutions, (2009)	Este estudio reconoce la necesidad de que las organizaciones busquen la Triple Línea Final, Utilidades(RF)-Persona(SE)-Planeta(CSO) y no solo utilidades(Eficiencia Económica), y considera que la Eficiencia Operacional (IEORA) es enteramente compatible con la Eficiencia Ecológica(IHC), en otras palabras el compromiso ambiental genera utilidades por la vía de la Eficiencia Operacional. En este sentido el estudio motivo del presente trabajo de investigación tiene afinidades con este elemento teórico, ya que propone un modelo que integre tres componentes como son: Manufactura Esbelta, Manufactura Sustentable y Mejora Continua, en cierta forma Utilidades-Planeta-Personas en una medición integrada en un índice de Eficiencia Operacional y Responsabilidad Ambiental (IEORA).	RF,IHC, SE,CSO IEORA
Funk, (2003)	Funk, establece que las empresas deben prestar más atención a los indicadores intangibles no financieros, ya que estos, de acuerdo a un estudio de Gemini Ernst & Young, revelan que entre los intangibles más altos, se encuentran la Responsabilidad Social y Ambiental (CSO) y los relacionados a los empleados (SE); y, que los indicadores intangibles asociados a la sustentabilidad son también indicadores de Eficiencia Operacional (IEORA)(EMS). Asimismo, los métricos de sustentabilidad, y de desempeño en el mercado están ligados estratégicamente, de tal forma que hay oportunidades para lograr ventajas competitivas,	IEORA,SE,RF,CSO, EMS

	incrementar las utilidades (RF) , y generar valor a los Stakeholders adoptando iniciativas estratégicas sustentables.	
Kidwell, (2006)	Propone que la Manufactura Esbelta (EME) y la Preocupación Ambiental deben conjuntarse, pues la primera genera Eficiencia Operacional (IEORA) y al mismo tiempo apoya al Medio Ambiente al reducir los desperdicios ambientales (EMS)	IEORA EME, EMS
Shook, (2010)	Considera que para tener éxito en la Implantación de la Manufactura Esbelta (EME) se requiere un cambio de cultura de la organización, pero que el cambio cultural no se logra buscando cambiar la cultura, sino que inicia con el cambio en el comportamiento de las personas y el cambio en el comportamiento se consigue proporcionando a las personas todos los elementos necesarios para hacer bien su trabajo, y mostrando una actitud positiva cuando las personas encuentran un problema (SE) . No propone ningún modelo ni medición alguna.	EME, SE
MITSloan & BCG, (2011)	Este estudio indica que las tendencias encontradas en su encuesta más reciente (2010) entre 3000 líderes corporativos de organizaciones globales analizadas, muestran que las compañías van hacia la administración impulsada por la sustentabilidad (CSO) , y que la adopción de la Sustentabilidad puede traer ventajas competitivas y estratégicas. El estudio identifica también que hay dos grupos de empresas, las avanzadas y las rezagadas en materia de sustentabilidad, la primera categoría busca obtener ventajas competitivas a través de la adopción de la Sustentabilidad y el segundo grupo ve a la sustentabilidad como algo que debe generar ganancias y eficiencias exclusivamente. Este estudio pone de manifiesto el interés por la sustentabilidad por parte de las empresas aunque con ópticas diferentes, es claro que hay un grupo que ha generado una Cultura Organizacional Sustentable, pero no considera la Manufactura Esbelta ni la Mejora Continua.	CSO
MITSloan & BCG, (2009)	Es una encuesta conducida por el MIT y BCG en 2009 para determinar la importancia de la Sustentabilidad en las Empresas de acuerdo a las opiniones de los ejecutivos líderes de las organizaciones. Los resultados indicaron que hay en las empresas interés por el tema de la sustentabilidad (CSO) pero pocas empresas en realidad están desarrollando esfuerzos en el tema de la sustentabilidad, limitándose únicamente a cumplir las regulaciones gubernamentales en la materia.	CSO
Schneider Electric Study, (2011)	Menciona que una encuesta realizada en el 2010 por Harris Interactive a petición de Schneider Electric, a 300 altos ejecutivos de las Fortune 1000 de USA, reveló que 75% de	RF, CSO

	<p>los ejecutivos reportaron que la importancia del ahorro de energía eléctrica había incrementado en los últimos dos años (CSO), pero la encuesta también reveló que la obtención del beneficio económico aún prevalece cuando se definen en la empresa acciones para la sustentabilidad (RF).</p> <p>El mismo estudio mostró, que 88% de los ejecutivos sentía que tenía una responsabilidad moral más allá del cumplimiento de las regulaciones ambientales para ahorrar energía (CSO).</p> <p>El 61% de los encuestados indicó que los ahorros económicos eran el principal motivador para adoptar en la empresa acciones sustentables, y de hecho era la razón más citada (RF).</p> <p>13% mencionó que le preocupaba el medio ambiente. 2% indicaron que solo les preocupaba el cumplimiento con la regulación ambiental. 10% expresaron que adoptarían acciones sustentables si se los solicitaba el CEO. 7% Indicaron que si tuvieran educación sobre cómo adoptar medidas sustentables lo harían. 7% Comentaron que ahorrarían energía si esta se volviera más cara.</p> <p>El estudio no propone ningún modelo de medición y sólo pone énfasis a la Sustentabilidad y ahorro de energía.</p>	
<p>Silveira & Gati, (2009)</p>	<p>Este trabajo presenta, la herramienta de EVSM con el propósito de alinear los aspectos económicos y ambientales con la producción para reducir los desperdicios ambientales (EMS), ayudando así al medio ambiente y simultáneamente a la eficiencia operacional (IEORA), logrando con ello un alineamiento de los valores sociales y ambientales (IHC) de la producción (SE) , solo propone la herramientas de EVSM</p>	<p>SE, IEORA. EMS, IHC</p>
<p>Spear & Bowen, (1999)</p>	<p>Este artículo establece que el fracaso que se presenta frecuentemente en la implantación de la Manufactura Esbelta en las Plantas, se debe al hecho de considerar que la implantación consiste meramente de la aplicación de técnicas de esbeltas de manufactura, cuando en realidad el éxito de la implantación radica en la incorporación del DNA de Toyota que consiste en 4 reglas (EME)(SE).</p> <p>a) ¿Cómo trabajan las personas? – Todo actividad debe estar claramente especificada, es decir existe un estándar. b) ¿Cómo se conecta las personas? – Las relaciones Cliente – Proveedor están bien definidas, quién es el Cliente y quién es el proveedor y que debe el proveedor proporcionar al Cliente. c) ¿Cómo se construye la línea de producción? – La línea debe construirse de manera que asegure el flujo sin interrupciones de los materiales e información.</p>	<p>SE EME, EMC</p>

	d) ¿Cómo mejoran las personas? – Toda mejora en el piso debe hacerse siguiendo un método formal y estructurado (EMC) .	
Wills, (2009a)	Refiere que en la conferencia mundial más grande sobre Manufactura Esbelta desarrollada en Canadá en 2008, varias compañías demostraron que es un mito el que ser responsable ambientalmente dañe las utilidades y rentabilidad de las compañías de manufactura, y que por el contrario están implantando acciones que incluyen la Sustentabilidad con el fin de obtener ganancias (EMS)(RF)(IHC) .	RF EMS,IHC
Wills, (2009b)	Wills, en este libro green intentions propone herramientas como el VSM, para identificar y eliminar los diferentes desperdicios ambientales en las plantas (EMS) , lo que permitiría simultáneamente obtener beneficios económicos (EME) , tener un método estructurado para la detección de proyectos sustentables y cuidar el medio ambiente (IHC) .	EME, EMS, IHC

Apéndice 2: Análisis crítico de elementos teóricos afines utilizados

Autor	Nombre	Teoría	Convergencias y Divergencias
Kidwell, (2006)	Lean manufacturing and the environment; ignoring the 8 th deadly waste leaves money on the table	Propone que la manufactura esbelta y la preocupación ambiental, deben conjuntarse, pues la primera genera eficiencia operacional y al mismo tiempo apoya al ambiente al reducir los desperdicios ambientales	Si bien el proyecto de investigación está de acuerdo en que deben conjugarse los dos aspectos, Kidwell no propone incorporar la mejora continua y aunque recomienda un proceso para lograr dicha conjugación, no propone la generación de un indicador integral.
EPA, (2006)	The lean and the environment toolkit	Presenta la experiencia obtenida por la EPA con un grupo de compañías de manufactura que han experimentado con la coordinación de la implantación de lean manufacturing y la administración ambiental.	EPA, presenta una serie de herramientas que conforman un toolkit, tal como el GVSM para mapear procesos de manufactura con el fin de identificar desperdicios ambientales, y sugiere que se elaboren proyectos de mejora que lleven a la mayor eficiencia de producción y compromiso ambiental simultáneamente. Si bien EPA propone herramientas prácticas y aterrizadas no propone un indicador conjunto.
Wills, (2009a)	The business case for environmental sustainability (green). Achieving rapid returns from practice integration of lean and green	El artículo plantea que en la conferencia mundial más grande sobre manufactura esbelta, desarrollada en 2008 en Canadá, varias compañías demostraron que es un mito que ser responsable medioambientalmente dañe las utilidades, dañe la rentabilidad de las compañías de manufactura, y por el contrario están implantando visiones que incluyen la sustentabilidad ambiental con el fin de obtener ganancias.	Wills, manifiesta que es un mito que el compromiso medioambiental, dañe la economía de las empresas, y que de hecho es fundamental incluir el tema medioambiental en la agenda de las plantas de manufactura. En este sentido, el presente proyecto está alineado con la teoría de Wills de que la manufactura y la sustentabilidad pueden fusionarse correctamente, sin embargo Wills no propone algún mecanismo de cómo fusionarlas y medirlas, salvo el EVSM.
Wills, (2009b)	Green Intentions; Creating a Green Value Stream to Compete and Win	Wills, en este libro green intentions propone herramientas como el VSM, para identificar y eliminar los diferentes desperdicios ambientales, lo que permitiría simultáneamente obtener beneficios económicos, tener un método estructurado para la detección de proyectos sustentables y cuidar el medio ambiente.	Wills, propone herramientas para detectar y medir los desperdicios ambientales, pero no propone un modelo que conjugue los aspectos de manufactura esbelta, aunque si propone esquemas para la manufactura sustentable y la mejora continua.
Silveira & Gati, (2009)	Environmental value stream mapping (EVSM) as a sustainability management tools.	Este trabajo, presenta una herramienta administrativa con el propósito de alinear los aspectos económicos y ambientales con los de producción, para reducir los desperdicios ambientales.	Sin duda, la herramienta del EVSM es un buen enfoque para mapear los procesos e identificar los desperdicios ambientales, para su eliminación, ayudando así al medioambiente y simultáneamente a la eficiencia operacional, logrando con ello un alineamiento de los valores sociales y ambientales en la producción. En este trabajo ya se manifiesta que las mejoras con manufactura esbelta ayudan al ambiente y viceversa lo cual es algo que el presente proyecto de investigación sostiene, pero Silveira. et.al no proponen un modelo de cómo integrar los aspectos de la manufactura esbelta y la sustentabilidad.
Cameron-Strother, (2009)	The causal relationship inherent in the Alliance of	El advenimiento de la manufactura esbelta ha evolucionado las formas que las industrias	Cameron-Strother identifica que la manufactura esbelta, requiere el

	lean infrastructures, employee engagement, leadership impact and team dynamics in modern manufacturing environments	americanas hacen negocios y producen productos de consumo en cuanto a la manufactura, sin embargo la globalización ha ejercido presiones sobre la manufactura y la arquitectura de estas, por lo que se requiere un cambio de las estructuras operacionales, la eliminación del desperdicio a través de la manufactura esbelta en todos los niveles del value stream de las compañías, pero para ello se requiere el compromiso de los empleados en la mejora continua de los esfuerzos de manufactura esbelta provocando la necesidad de un cambio en el desempeño, la administración del cambio y las relaciones sociales en el sitio de trabajo.	compromiso de los empleados en la mejora continua para lograrlo. En este sentido Cameron-Strother menciona el tercer factor que el proyecto de tesis contempla que es el de la necesidad de la mejora continua, aunque Cameron-Strother no aborda el tema de la sustentabilidad, si hace hincapié en la mejora continua el compromiso de los empleados. Tampoco propone un modelo integral como el que propone la tesis que vincula la manufactura esbelta, el compromiso ambiental y la mejora continua.
Bergmiller, (2006)	Lean manufacturers transcendence to green manufacturing: correlating the diffusion of lean and green manufacturing systems	Los sistemas de manufactura verde, se enfocan en minimizar el impacto ambiental de los procesos de manufactura y los productos, que son aún más importantes para nuestro futuro sostenible. Los sistemas de manufactura verde son lentos para ganar aceptación conforme los manufacturadores se enfocan a implantar la manufactura esbelta, que es considerado el sistema de manufactura más competitivo del mundo. En años recientes la EPA (Environmental Protection Agency) ha tratado de construir un puente entre los sistemas de manufactura esbelta y los sistema de manufactura verde a través del empleo de algunas herramientas comunes, con el fin de conseguir una rápida expansión de la manufactura esbelta y la manufactura verde. Este estudio muestra que los manufacturadores esbeltos, están trascendiendo más allá de la manufactura esbelta para ir hacia la manufactura verde como parte de sus estrategia global de eliminación de desperdicios.	Bergmiller, consigna en este trabajo que los manufacturadores esbeltos, están trascendiendo más allá de la manufactura esbelta para abrazar la manufactura verde. En ese sentido el trabajo de Bergmiller coincide con la tesis de investigación, sin embargo, no menciona algún puente de cómo vincular la manufactura esbelta y la verde y no menciona la mejora continua, menos aún propone algún modelo o índice.
Alle, (2009)	A financial growth strategy for lean implementation	En los ambientes de la manufactura moderna, las iniciativas lean impulsan el flujo de valor del cliente, reducción del desperdicio y el lead-time, a la vez que facilitan el mejoramiento continuo. Un problema se presenta cuando la transformación organizacional hacia la manufactura esbelta de manera interna en las compañías, por la dificultad de la reacción interna así como los estresantes socioeconómicos y el cambio cultural. El propósito de este estudio fue satisfacer la necesidad de la industria por un modelo que supere estas restricciones y optimice el desempeño financiero, a través de la secuenciación adecuada de la transformación esbelta.	El modelo que presenta el trabajo de esta teoría, busca mostrar de manera financiera los impactos de la manufactura esbelta y el mejoramiento continuo, a través del diseño de un modelo, en este sentido, el modelo que se propone en el proyecto de investigación también busca mostrar el impacto que provoca la eficiencia operacional, pero también busca mostrar de manera integrada el impacto que traería consigo la incorporación de la manufactura sustentable y la mejora continua, es decir los tres componentes simultáneamente.
Rothenberg, (2000)	Is lean green?. The relationship between manufacturing processes and environmental performance within different regulatory contexts	Este trabajo explora la interacción entre la administración de la manufactura y el desempeño ambiental en tres niveles de análisis. En el primer nivel se enfoca en el rol de la participación del trabajador en la administración ambiental, los hallazgos muestran que la participación del trabajador en los mejoramientos ambientales no tienen un reflejo en la participación en la mejora en otras áreas tales como la calidad, el costo y la seguridad. El segundo nivel se pregunta si la relación entre la productividad de la manufactura y el desempeño ambiental varía a través de las diferentes medidas de desempeño ambiental, encontrándose que ambos aspectos están interrelacionados al mejora de uno lleva al mejoramiento del otro.	En el desarrollo de la tesis, se usarán los resultados y conclusiones de este trabajo, sin embargo el mismo muestra, la relación entre la manufactura y el desempeño ambiental y también el involucramiento del personal en la mejora ambiental, pero, el estudio de Rothenberg muestra que el personal no se involucra en los aspectos de la eficiencia operacional como son: costos, calidad y seguridad. El proyecto de tesis, busca probar que los tres aspectos: manufactura esbelta, Mejora continua y mejoramiento ambiental están muy relacionados en la cultura de las PMDR.
Carleton, (2009)	Framing sustainable	Este trabajo presenta la importancia que la	El estudio de Carleton y su

	performance with the Six-P	sustentabilidad está teniendo en las organizaciones en los tiempos actuales, y propone una serie de medidas para determinar los impactos sociales, ambientales y económicos, para calibrar el éxito de la organización en los aspectos mencionados. Los aspectos a medir son: Personas, Percepción, Potencial, Práctica, Utilidades y Planeta. Esta propuesta permite medir el desempeño no sólo financiero y de corto plazo sino de manera integral a una organización.	modelo tienen, algo de semejanza con el propuesto en el trabajo de tesis, sin embargo Carleton quiere ver el desempeño sustentable midiendo variables, algunas de ellas subjetivas y otras objetivas, en este sentido el proyecto de tesis, desea medir no solo el desempeño sustentable a través de la manufactura sustentable, sino también la eficiencia operacional y la mejora continua, pero la estructura de Carleton puede ayudar en la definición de algunas preguntas del instrumento de medición.
MITSloan, 2009	The business of sustainability; findings and insights from the first annual business of sustainability survey and the global thought leaders' research project (2009)	Esta encuesta conducida por el BCG y el MIT, para determinar la importancia de la sustentabilidad en las empresas, y las opiniones de los líderes de organizaciones y ejecutivos conocedores del tema ambiental, así como los novicios en el tema. Las preguntas presentadas en la encuesta anual del 2009, muestra que hay un gran interés en el tema ambiental en las organizaciones, pero que pocas empresas en realidad están desarrollando esfuerzos genuinos en el tema de la sustentabilidad, y limitándose únicamente al cumplimiento de las regulaciones gubernamentales.	Este estudio sólo se orienta a la determinación del interés en el tema de la sustentabilidad en las organizaciones, pero no considera los aspectos de la manufactura esbelta y la mejora continua. A pesar de ello, confirma que el componente de sustentabilidad es importante de considerar. En el diseño del instrumento de medición del proyecto de tesis algunos de los conceptos que conforman las preguntas del cuestionario en la parte de manufactura sustentable, serán derivadas del estudio del MIT.
Future State Solutions. (2009)	Where's the money in the triple bottom line	El estudio establece que las organizaciones hoy día no sólo deben preocuparse por obtener utilidades, es decir eficiencia económica, sino que se deben preocupar por los tres componentes de la línea final, Profit-Planet-Persons, y que es totalmente compatible la eficiencia económica con la eficiencia ecológica, en otras palabras el compromiso ambiental genera utilidades por la vía de la eficiencia operativa, y a su vez responsabilidad social. El estudio propone también un modelo y un software VSEM, para dar seguimiento a las variables, ver sus avances y como contribuyen a la responsabilidad corporativa.	Esta teoría es la más cercana al modelo propuesto en el presente proyecto de tesis, reconoce la necesidad de la triple línea final, Utilidades-Personas-Planeta. El modelo que se esboza en el proyecto de tesis también tiene tres componentes que son: Manufactura Esbelta, Mejora Continua y Manufactura Sustentable, en cierta forma utilidades, planeta y mejora continua. Aunque el proyecto de tesis plantea un índice integrado.
Green Suppliers Networks, (2005)	Lean and clean value stream mapping	Este trabajo presenta una herramienta ya comentada el EVSM para identificar, medir y eliminar los desperdicios ambientales y alcanzar con ello un desempeño lean.	Aunque la herramienta de EVSM es interesante y muy útil, este trabajo no apoya al proyecto de tesis ya que no se busca implantar técnicas, sino generar un modelo y un índice.
EPA, (2000)	Pursuing perfection: Cases Studies examining Lean manufacturing Strategies, Pollution Prevention, and Environmental Regulatory Management Implications	Este trabajo sugiere que lean produce significativas mejoras en la productividad de los recursos, con importantes mejoras ambientales e implicaciones en la sustentabilidad.	Este estudio apoya el proyecto de tesis, ya sugiere que las empresas al adoptar la Manufactura Esbelta, están obteniendo grandes beneficios en costos, calidad, tiempos de respuestas lo que impacta positivamente la eficiencia operacional y la productividad. También sostiene

			que la adopción de los principios de la Manufactura Esbelta, inciden positivamente en los resultados desde el punto de vista ambiental y generación de cultura organizacional hacia la prevención de la contaminación y la sustentabilidad.
MIT, Manufactura de Clase Mundial, (2010)	Movimiento y la Sustentabilidad paradoja Global	Este trabajo consigna que las plantas de manufactura rara la vez se preocupan por el impacto que tiene el transporte del personal o de los bienes en el medio ambiente, y que se requiere que se establezcan estrategias sustentables en la cadena de suministros, tendientes a reducir los impactos de la transportación en la generación de gases de efectos de invernadero, como una parte de la responsabilidad social y medioambiental.	Esta propuesta aunque no contribuye ni a la EME, EMC, EMS ni al IEORA, si pone de manifiesto la enorme importancia que reviste en el presente y sin lugar a dudas en el futuro la consideración en la manufactura de los efectos sustentables, es decir de los aspectos verdes y en cierta forma está en línea con la EMS.
MITSloan & BCG, (2011)	Sustainability: The “Embracers” Seize Advantage	El paper del MIT SMR & BCG, indica que las tendencias encontradas en su encuesta más reciente (2011) entre 3000 líderes corporativos de organizaciones globales analizadas, muestra que las compañías van hacia la Administración impulsada por la sustentabilidad. En este sentido, mi investigación busca en parte demostrar que la preocupación de las compañías por el tema de la sustentabilidad y la incorporación de este concepto como un driver de su administración, provee una ventaja competitiva. En consecuencia la teoría de MIT & BCG apoya y complementa mi problema de investigación.	También contribuye con un nuevo hallazgo, y este es, que se han conformado dos grupos de empresas, las abrazadoras “embracers” y las rezagadas “laggards” en la adopción de la sustentabilidad como un driver de su administración, ello me es útil, para determinar si en la muestra que se seleccione en mi investigación se presenta este fenómeno en primera instancia, y si así fuera, generar grupos de análisis diferenciados. En el caso de las abrazadoras, estas consideran la sustentabilidad como una fuente de ventaja competitiva, piensan que debe incorporarse estratégicamente en las operaciones del negocio, e identifican los beneficios en términos intangibles –mejoras de proceso, habilidad para innovar y en oportunidad de crecimiento. Mientras que los rezagados, ven la sustentabilidad como algo que debe generar ganancias y eficiencias exclusivamente.
Bodenhamer, (2011)	On the Road to Sustainability you’re going to need a map	Este estudio muestra las conclusiones generales obtenidas de una encuesta ejecutada por Harris Interactive a petición de Schneider Electric a 300 ejecutivos de Fortune 1000. La encuesta mostró que el 88% de los ejecutivos senior de Fortune 1000 sienten que tienen la responsabilidad moral de hacer sus empresas más eficientes en el uso de la energía más allá del cumplimiento con las regulaciones ambientales. Por otra parte el 61% de los encuestados, indicó que su principal motivador para ahorrar energía es obtener	Este estudio muestra que los negocios están abrazando la sustentabilidad como un factor crítico de éxito en el largo plazo y para crear valor para los accionistas. La sustentabilidad está fuertemente ligada al uso de la energía, agua, gas o aire. El paso clave en las organizaciones para ejecutar exitosamente iniciativas sustentables, es definir la

		<p>ahorros en costos, el 13% de los encuestados indicó que les preocupa el medio ambiente, y finalmente un 2% indicó que su preocupación, son el cumplimiento con las regulaciones gubernamentales en materia ambiental. El ahorro en costos fue el argumento más citado por los ejecutivos como impulsor para hacer su organización más sustentable 61%.</p>	<p>sustentabilidad en términos que estén en consonancia con las metas de la organización, es decir identificar actividades sustentables que apoyarán las metas deseadas.</p> <p>Muchas compañías han orientado sus estrategias de implantación de la sustentabilidad a 3 áreas clave.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eficiencia Operacional - Mejoramiento de Infraestructura - Mejoramiento de procesos. - Energías Renovables <p>Así por ejemplo Wal-Mart presentó en el ARC Forum del 2011 en Orlando, los 3 enfoques de su iniciativa sustentable de largo plazo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ser abastecido 100% por energías renovables. - Generar 0% desperdicios. - Vender productos que sostengan a las personas y al ambiente.
Schneider Electric Study, (2011)	Execs see energy as business , moral imperative	<p>Una encuesta a 300 ejecutivos senior de las Fortune 1000 realizada por Harris Interactive a petición de Schneider Electric, en USA en el 2010, reveló los siguientes sentimientos:</p> <p>75% de los ejecutivos reportaron que la importancia del ahorro de energía había incrementado en los últimos 2 años, pero la encuesta también reveló que la obtención del beneficio económico aún prevalece cuando se definen en la empresa acciones sustentable para la sustentabilidad.</p>	<p>El 88% de los ejecutivos sentía que tenía una responsabilidad moral más allá del cumplimiento de las regulaciones gubernamentales para ahorrar energía.</p> <p>61% de los encuestados indicó que los ahorros económicos era el principal motivador para adoptar en la empresa acciones sustentables, y fue la razón más citada.</p> <p>13% mencionó que le preocupaba el medio ambiente.</p> <p>2% indicó que solo les preocupaba el cumplimiento con la regulación ambiental.</p> <p>10% Que adoptarían acciones sustentables si se los solicitaba el CEO.</p> <p>7% indicó que si tuvieran educación sobre como adoptar medidas sustentables lo harían.</p> <p>7% indicó que ahorrarían energía si fuera más cara.</p>
Funk, (2003)	Sustainability and Performance	<p>Funk, Menciona lo importante que es para las empresas hoy día prestar más atención a los indicadores intangibles no financieros.</p> <p>Un estudio de Gemini Ernst & Young reveló que entre los intangibles más altos, se encontraban la Responsabilidad Social y Ambiental, y, que los indicadores intangibles asociados a la sustentabilidad son también indicadores de Eficiencia Operacional.</p>	<p>En los 30 años previos las empresas fracasaban al ritmo de 19,000/año, y en los últimos 20 años a un ritmo de 80,000/año, haciendo más difícil a las empresas predecir sus ganancias.</p> <p>Una encuesta de Gemini Ernst & Young en USA mostró, que en áreas de petróleo y gas:</p>

		<p>También, los métricos de sustentabilidad, y de desempeño en el mercado están ligados estratégicamente, de tal forma que hay oportunidades para lograr ventajas competitivas e incrementar las utilidades adoptando iniciativas estratégicas sustentables.</p> <p>De acuerdo a Funk, las compañías que se preocupan y dan seguimiento a indicadores de sustentabilidad, generan más valor a los Stakeholders en el largo plazo.</p>	<p>El 50% de los encuestados indicó que el cumplimiento con las regulaciones ambientales, el servicio a la comunidad y las demandas afectaban el valor de la compañía.</p> <p>68% creía que los intangibles relacionados con los empleados tenía un significado importante.</p> <p>El New York Times, reportó que 487 compañías en USA, enviaron reportes de sustentabilidad en 2001, contra 194 en 1995 y 7 en 1990.</p>
Boyle, (2004)	Renewable Energy; Power for a Sustainable Future	Boyle, establece que el CO2 es el principal gas de efecto de invernadero, y que este se genera principalmente por la generación y uso de energía eléctrica, a un ritmo de 0.6 Kg de CO2 por cada 1 KWhe, y sugiere que trabajando en la reducción del consumo de la energía eléctrica, se disminuiría la emisión de CO2, y con ello una mejoría en la huella de carbono.	Boyle, solo propone el empleo de fuentes de energía renovables, no aborda los temas de la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua.
Arzate, (2011)	La Industria Quiere Eco-Edificios	<p>Arzate, menciona los que MIT, Wills o otros, que la Sustentabilidad genera posibilidades de nuevos negocios. Ya sea que por normatividad, certificación o tecnología, las empresas están encontrando opciones Sustentables para reducir el consumo de energía y las emisiones al ambiente.</p> <p>De acuerdo a la EIA (environmental information administration) los edificios son responsables de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - consumo de 72% electricidad - 39% de las emisiones de CO2 - 13.6% del consumo de agua potable - 25% de la madera cosechada - 30% de los desperdicios sólidos - 20% del agua contaminada 	<p>Arzate cita a Kohldorsrf quien menciona que el Mejor incentivo Verde es el Mercado, y abre nuevos sectores de negocio más allá de la Responsabilidad Social y Ambiental. Pero no relaciona el tema con la manufactura esbelta, la manufactura sustentable y la mejora continua.</p> <p>Indica que no se tiene en México una certificación como la LEED (Leadership in Energy and Environment Design).</p>
Ortega, (2011)	Empaques: a más ecología más puntos	<p>Ortega indica que Walmart ha establecido un Packaging Scorecard que sirve como mecanismo autoregulatorio, y les permite ver a los proveedores como mejorar sus empaques para hacerlos más sustentables y rentable a través de 9 métricos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Emisiones de gases GEI relacionados con el empaque. - Emisiones generadas por el transporte - Relación tamaño – producto-cubicaje - Contenido de material reciclado - Capacidad de recuperación de materiales - Cantidad de energía renovable utilizada en la manufactura del empaque. 	Aquí ya se presenta, un índice un indicador que refleja la Eficiencia Operacional y Responsabilidad ambiental, pero únicamente para temas relacionados con el empaque. Y no con la Manufactura Esbelta, Manufactura Sustentable y Mejora continua.
Sharma, (2012)	Lean y Sustentabilidad Ambiental	Existe actualmente un Índice de Sustentabilidad Ambiental Mundial. El indicador evalúa la calidad del aire, el agua, el consumo de recursos materiales y energía	Se observa aquí que ya existe un índice de sustentabilidad ambiental mundial, para ver las ubicaciones de los países en el

		<p>por persona, la degradación del suelo la flora y la fauna., y la contaminación a nivel global. En la medición México ocupa el lugar 85 de entre 122 naciones con índice de sustentabilidad de 45.3%.</p> <p>La operación de las áreas urbanas (edificios) es la que generalmente registra el mayor consumo en cuanto a recursos energéticos, en la realidad, los procesos productivos continúan siendo los que dejan mayor huella ecológica.</p>	<p>tema de la sustentabilidad, y aunque se reconoce que son los procesos productivos quienes dejan mayor huella ecológica, no se evidencia la existencia de un índice que vincule los aspectos de los procesos productivos particularmente la manufactura y la sustentabilidad, y sus relaciones de causación.</p>
Rodríguez, (2011)	Los ciudadanos mandan		

A- Modelo de Medición Reflexivo (Outer Model).

Criterios de Calidad (Hair et al., 2011)

Evaluación	Indicador	Valor de Calidad	Significado
Validez	<i>Composite Reliability</i>	≥ 0.70 para todos los constructos	Consistencia interna del constructo y el modelo de medición
Confiabilidad	<i>Cargas estandarizadas</i>	≥ 0.70 en todas las cargas de los indicadores	Confirma confiabilidad del modelo de medición y validez de los indicadores
Validez Convergente	<i>AVE</i>	≥ 0.50 en todos los constructos	Las variables latentes explican más de la mitad de la varianza que sus indicadores asociados
Validez Discriminante (1er. Criterio)	<i>AVE</i>	La raíz cuadrada de la AVE del constructo deber ser mayor que las correlaciones con los otros constructos del modelo	Cumple el criterio de <i>Fornell-Larcker, (1981)</i> Cada variable latente comparte mas varianza con sus indicadores que con otros constructos (Coelho et al., 2012)
Evaluación	Indicador	Valor de Calidad	Significado
Validez Discriminante (2do. Criterio)	Cargas Cruzadas	Las carga de un indicador debe ser más grande que todas sus cargas cruzadas	Un indicador carga más al constructo que mide que a cualquier otro, Lo que indica que el constructo tiene una validez aceptable

B - Modelo de Estructural. Criterios de calidad (Hi (Hair et al. 2011))

Evaluación	Indicador	Valor de Calidad	Significado
Criterio primario	R^2	≥ 0.75 para todos los constructos endógenos (0.75, 0.50 o 0.25)	El poder explicativo del modelo sobre los constructos endógenos
Nivel de Significancia de los Path Coefficients	<i>Prueba T</i>	1.65-Sig.0.10 o 10% 1.96-Sig.0.05 o 5% 2.58-Sig.0.01 o 1% (prueba dos colas)	Significancia de los Path coefficients
Relevancia Predictiva (Criterio Stone-Geisser Q^2)	<i>Cross Validated Redundancy (CV Red)</i> (Criterio Stone-Geisser Q^2)	> 0.0 (Hair et al., 2011; Henseler et al., 2009)	Los constructos exógenos y sus scores son capaces de predecir el comportamiento de los indicadores de los constructos endógenos
Tamaño de los efectos f^2	f^2 $f^2 = (R^2_{incl} - R^2_{excl}) / (1 - R^2_{incl})$	Efecto débil 0.02 Efecto medio 0.15 Efecto alto 0.35	El impacto que tienen las variables latentes en el modelo estructural