



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
DISEÑO



TESIS

REVISIÓN META-ANALÍTICA DE FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO DE SEIS
SIGMA EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

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

INGENIERO INDUSTRIAL

Presenta:

DANIEL ALEJANDRO CARRILLO BELTRÁN

Director de tesis:

DR. JORGE LIMÓN ROMERO

Ensenada, Baja California

Abril 2017

Resumen

La educación superior en México, pese a los esfuerzos y avances de las últimas dos décadas, debe persistir en la búsqueda de una mayor equidad y calidad educativas. Ambos aspectos concentran las mayores dificultades y representan el mayor reto del sistema en el nivel superior. Las principales iniciativas deben concentrarse en ampliar las oportunidades educativas para un mayor número de jóvenes, principalmente en las regiones y grupos sociales más desfavorecidos, así como en mejorar de forma significativa su oferta educativa (UNAM, 2016).

Las principales iniciativas para mejorar la calidad de la educación superior se han centrado en la asociación entre evaluación y recursos financieros como principal estrategia para alcanzar los fines propuestos, y tal estrategia se ha puesto en marcha por medio de múltiples y muy variados programas (UNAM, 2016).

Si bien la evaluación ha logrado instaurar una necesaria rendición de cuentas de las instituciones educativas de nivel superior, desafortunadamente no ha logrado establecer claramente una mejoría en la calidad de la educación. Los indicadores que se han utilizado para valorar la calidad educativa, aunque importantes institucionalmente (como incrementar el nivel de escolaridad del personal académico, mejorar el tiempo de dedicación, consolidar la infraestructura, etc.), solamente se aproximan, pero no miden la calidad en sí (UNAM, 2016).

Actualmente existen 923 Instituciones de Educación Superior con sostenimiento público en la República Mexicana, las cuales cuentan con apoyos tanto federales como estatales, en base al subsistema al que pertenezcan.

Dentro del presente trabajo se realizó una revisión de manera meta-analítica para aquellos factores críticos de éxito referentes a la metodología Seis Sigma en Instituciones de Educación Superior con el apoyo de un software en específico y así obtener de manera gráfica los factores que aumentaron, disminuyeron o mantuvieron su uso con el paso del tiempo.

La implementación de la metodología Seis Sigma en las Instituciones de Educación Superior en México, puede lograr una mejora significativa en la calidad de la organización, puesto que dicha metodología ha sido aplicada de manera exitosa en infinidad de empresas tanto a nivel nacional como mundial.

Vijaya Sunder M. (2015), Vicepresidente Adjunto y Master Black Belt, Barclays Capital, India, menciona que sin duda hay retos en la implementación de dicha metodología para el sector de la educación superior. Esto es debido a la dificultad fundamental en la definición del cliente, la naturaleza del producto y la dificultad de medir la calidad en una universidad. Se puede argumentar que los estudiantes son clientes para la universidad y sus puntajes podrían determinar la calidad de la universidad. Sin embargo, la facultad, departamentos, el personal administrativo no docente también forma parte de la comunidad de colegios, pero el reto es que los estudiantes son los principales clientes de la educación superior; Ellos difieren de los clientes típicos de negocios de varias maneras. Las universidades admiten estudiantes basados en mérito y ciertos otros estándares y requisitos académicos.

Andrew Thomas, profesor de la Universidad del sur de Gales, UK comenta que algunos de los retos para implementar Seis Sigma en la Educación Superior podrían ser los siguientes, un desafío sería asegurar la participación del personal en los proyectos. Esto es a menudo difícil cuando el personal se enfrenta a muchos problemas de competencia e indicadores de rendimiento. Sin embargo, el mayor desafío que se ve es la necesidad de dirigir directamente al corazón de la cuestión dentro de la IES la cual es abordar la aplicación de Seis Sigma en el dominio de la enseñanza y el aprendizaje.

Existen ciertos factores críticos de éxito relacionados con la metodología Seis Sigma que deben ser considerados antes de embarcarse en la implementación de dicha metodología, puesto que estos factores tienden a aumentar, disminuir y mantener su uso en las empresas de servicio a través del tiempo.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 Educación Superior en México	8
1.2 Justificación	11
1.3 Planteamiento del problema	12
1.4 Preguntas de investigación	13
1.6 Objetivos	13
1.6.1 Objetivo general.	13
1.6.2 Objetivos específicos	13
1.7 Delimitación y Limitación.....	14
1.7.1 Delimitación	14
1.7.2 Limitación	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Seis Sigma	15
2.2 Seis Sigma en Organizaciones de Servicio	16
2.2.1 Clasificación del servicio	16
2.3 Estrategias Seis Sigma en Servicios	17
2.4 Concepciones de la educación superior y su calidad	18
2.5 Factores críticos de éxito en empresas de servicios (FCE). 	19
2.6 Meta-análisis.....	20
2.6.1 Modelo de efectos fijos	20
CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Materiales.....	24
3.2 Métodos.....	24
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	31
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
5.1 Conclusiones.....	33
5.2 Recomendaciones	33

CAPÍTULO 6. CITAS Y REFERENCIAS	35
--	-----------

ÍNDICE DE ELEMENTOS GRÁFICOS

TABLAS

Tabla 1. Subsecretaría de Educación Superior	9
Tabla 2. Matricula de estudiantes de IES para el ciclo escolar 2015-2016	10
Tabla 3. Factores críticos de éxito resultantes	25
Tabla 4. Tabla de presencia y ausencia para el primer periodo del estudio.....	26
Tabla 5. Tabla de presencia y ausencia para el segundo periodo del estudio.....	27
Tabla 6. Tabla de datos del meta-análisis del cociente de probabilidades de cada factor.....	28

FIGURAS

Figura 1. Matriz de los procesos de servicio	16
Figura 2. Proceso de educación superior	19
Figura 3. Diagrama de Pareto de FCE.	26
Figura 4. Diagrama de árbol general de los cocientes de probabilidad de cada FCE	29
Figura 5. Diagrama de árbol de los cocientes de probabilidad de aquellos factores que aumentaron su uso.....	29
Figura 6. Diagrama de árbol de los cocientes de probabilidad de aquellos factores que disminuyeron su uso	30

Figura 7. Diagrama de árbol de los cocientes de probabilidad de aquellos factores que mantuvieron su uso30

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Educación Superior en México

Según la Subsecretaría de Educación Superior en México (2016), la educación superior pública cuenta con 719 universidades, clasificadas como federales, estatales, estatales con apoyo solidario, tecnológicas, politécnicas, interculturales, tecnológicos, centros de investigación, normales y otras. La cantidad de universidades en cada clasificación se muestran en la tabla 1, donde destacan con mayor número, las Escuelas Normales, seguido de los Institutos Tecnológicos y las Universidades Tecnológicas.

Actualmente la educación superior en México a nivel técnico superior y licenciatura para el ciclo escolar 2015-2016 es de 3'648,945 estudiantes tanto de Instituciones públicas como privadas (ANUIES, 2016).

Según la Subsecretaría de Educación Superior en México, la educación superior pública se divide en diferentes subsistemas, los cuales son:

- Universidades Públicas Federales
- Universidades Públicas Estatales
- Universidades Públicas Estatales con Apoyo Solidario
- Universidades Tecnológicas
- Universidades Politécnicas
- Universidades Interculturales
- Institutos Tecnológicos
- Centros Públicos de Investigación
- Escuelas Normales Públicas
- Otras

(Subsecretaría de Educación Superior, 2016)

De acuerdo a los datos proporcionados por la Subsecretaría de Educación Superior, se generó la tabla 1, en la cual se establecen el número de Instituciones de Educación Superior (IES) que cuenta cada uno de los diferentes subsistemas que existen. Llegando a destacar las Escuelas Normales Públicas, seguido de los Institutos Tecnológicos y las Universidades Tecnológicas.

Tabla 1. Subsecretaría de Educación Superior (SES, 2016)

Subsistema	Cantidad
Universidades Públicas Federales	9
Universidades Públicas Estatales	34
Universidades Públicas Estatales con Apoyo Solidario	23
Universidades Tecnológicas	105
Universidades Politécnicas	51
Universidades Interculturales	12
Institutos Tecnológicos	132
Centros Públicos de Investigación	6
Escuelas Normales Públicas	261
Otras	86

Considerando la tabla 2 generada por la Dirección General de Planeación, Programación y Estadística Educativa para el ciclo escolar 2015-2016, donde se logra consolidar la matrícula completa de dicho ciclo para los distintos subsistemas de educación superior en México tanto pública como privada, obteniendo como mayor número de estudiantes las Universidades públicas estatales y federales, teniendo en cuenta la educación pública solamente puesto que por otro lado la educación privada o particular obtuvo una cifra significativa también, aunque logro destacar la educación pública.

Tabla 2. Matricula de estudiantes de IES para el ciclo escolar 2015-2016 (DGPPyEE, 2016)

Instituciones de educación superior	Total
Universidades públicas estatales	1,087,041
Universidades públicas estatales con apoyo solidario	62,948
Universidades interculturales	10,738
Universidades politécnicas	84,226
Universidades tecnológicas	228,994
Institutos tecnológicos descentralizados	224,007
Institutos tecnológicos federales	318,547
Universidades públicas federales	406,663
Subtotal	2,423,164
Educación normal pública	89,769
Educación normal pública – posgrado	1,593
Subtotal	91,362
Centros públicos de investigación	6,843
Otras instituciones públicas	57,920
Subtotal	64,763
Total público	2,579,289
Educación normal particular	18,786
Educación normal particular - posgrado	1,266
Universidades particulares	1,049,604
Total privado	1,069,656
Total	3,648,945

1.2 Justificación

La educación superior se enfrenta en todas partes a desafíos y dificultades relativos a la financiación, la igualdad de condiciones de acceso a los estudios y en el transcurso de los mismos, una mejor capacitación del personal, la formación basada en las competencias, la mejora y conservación de la calidad de la enseñanza, la investigación y los servicios, la pertinencia de los planes de estudios, las posibilidades de empleo de los diplomados, el establecimiento de acuerdos de cooperación eficaces y la igualdad de acceso a los beneficios que reporta la cooperación internacional. La educación superior debe hacer frente a la vez a los retos que suponen las nuevas oportunidades que abren las tecnologías, que mejoran la manera de producir, organizar, difundir y controlar el saber y de acceder al mismo. Deberá garantizarse un acceso equitativo a estas tecnologías en todos los niveles de los sistemas de enseñanza (UNESCO, 1998).

Un número de IES se ha embarcado en la iniciativa Lean durante los últimos seis a siete años, pero no están tan interesados en integrar los principios de Seis Sigma para comprender y analizar la variación dentro de los procesos universitarios. En opinión de los autores, las IES pueden utilizar ambas metodologías simultáneamente dependiendo de la naturaleza del problema en cuestión. Además, firmemente la metodología Seis Sigma (definir-medir-analizar-mejorar-controlar) puede ser muy eficaz en la solución de diversos problemas en los procesos de dicha institución donde las soluciones son desconocidas o las causas raíz nunca se determinan en un sentido verdadero (Jiju Antony and Netasha Krishan, 2012).

Según Antony (2014), hay muchas IES que han comenzado con Lean para mejorar la eficiencia de sus procesos; Tales como la Universidad de Saint Andrews, Universidad de Cardiff, Universidad del Estado Central de Connecticut, MIT entre otras.

Sin embargo, la mejora del sistema educativo puede ser aplicada de la misma manera que en cualquier otra industria, incluyendo procesos académicos y no académicos (Simons, 2013). Se pueden obtener ciertos beneficios al aplicar dicha metodología y esto es evidente Simons (2013) y Antony (2014), incluidos la satisfacción de los estudiantes, proporcionar a las IES plantillas para resolver problemas,

cambiar la cultura de la institución, identificando y reduciendo los costos ocultos, abordar los problemas de eficiencia de los procesos, establecer medidas, etc.

1.3 Planteamiento del problema

Toda organización que decida implementar una nueva estrategia de mejora debe de poner atención en ciertos factores críticos que se deben cumplir, esto para hacer más fácil la implementación y que se puedan lograr resultados favorables.

En el presente trabajo se analizará el comportamiento de los Factores Críticos de Éxito para una implementación exitosa de Seis Sigma en las IES, principalmente concluir cuales aumentaron, disminuyeron y mantuvieron su uso en los últimos años de acuerdo a la literatura disponible.

La aportación que se tiene con este trabajo es dar a conocer a través de un análisis meta analítico que factores son los más importantes y cuál es su comportamiento para que las IES que decidan adoptar SS como parte de su estrategia de mejora los tomen en cuenta y aumenten su probabilidad de casos de éxito.

La educación superior en México es un conjunto de instituciones públicas y privadas, con régimen jurídico, ofertas profesionales y de postgrado, antigüedad, tamaño, capacidad de investigación, instalaciones y recursos intelectuales diferentes. Por su régimen jurídico, existen universidades públicas *autónomas*, universidades públicas *estatales*, instituciones dependientes del Estado, instituciones privadas libres e instituciones privadas reconocidas por la SEP, los gobiernos de los estados o los organismos descentralizados del Estado. Las universidades a las que el Congreso de la Unión o los congresos de los estados les otorguen la autonomía, son organismos descentralizados del Estado (OEI, 2017).

Áreas de oportunidad en la ES en México (ANUIES, 2016)

- Cobertura
- Apoyo a estudiantes
- Carrera académica
- Procesos de evaluación
- Vinculación

- Financiamiento
- Transparencia

1.4 Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son los factores críticos de éxito para implementar la metodología SS en las Instituciones de Educación Superior?
- ¿Cómo ha sido el comportamiento de los factores críticos de éxito de la metodología SS en instituciones de educación superior a través del tiempo?

1.5 Hipótesis

- **H1:** Existen algunos factores críticos de éxito de la metodología SS que han aumentado su nivel de uso a través del tiempo en instituciones de educación superior.
- **H2:** Existen algunos factores críticos de éxito de la metodología SS que han disminuido su nivel de uso a través del tiempo en instituciones de educación superior.
- **H3:** Existen algunos factores críticos de éxito de la metodología que SS han mantenido su nivel de uso a través del tiempo en instituciones de educación superior.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general.

Determinar cómo han evolucionado los factores críticos de éxito para la correcta implementación de Seis Sigma en las instituciones de educación superior con respecto a su nivel de uso.

1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar qué factores críticos de éxito de SS han aumentado su nivel de uso a través del tiempo en instituciones de educación superior.
- Determinar qué factores críticos de éxito de SS han disminuido su nivel de uso a través del tiempo en instituciones de educación superior.
- Determinar qué factores críticos de éxito de SS han mantenido su nivel de uso a través del tiempo en instituciones de educación superior.

1.7 Delimitación y Limitación

1.7.1 Delimitación

El marco de referencia del presente trabajo ha sido desarrollado considerando las empresas de servicio y educación como lo son las instituciones de educación superior, tomando en cuenta aquellas publicaciones, tesis, artículos y revistas científicas referentes a la metodología Seis Sigma, donde dichos trabajos están disponibles en la base de datos de la Universidad Autónoma de Baja California tanto archivos electrónicos y físicos, dentro de un periodo de 15 años (2001 al 2016).

1.7.2 Limitación

Se tiene como limitante la cantidad de publicaciones disponibles que se encuentran en la bases de datos de la Universidad Autónoma de Baja California, de fuentes como EBSCO, ELSEVIER, EMERALD, IEEE, SCOPUS, SPRINGER, las cuales cuentan con información relacionada con Seis Sigma tanto en empresas de servicios como en instituciones de educación superior.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Seis Sigma

Pande (2002) define Seis Sigma como una forma más inteligente de dirigir un negocio o un departamento. Seis Sigma pone primero al cliente y usa hechos y datos para impulsar mejores soluciones.

Los esfuerzos Seis Sigma se dirigen a tres áreas principales:

- Mejorar la satisfacción del cliente.
- Reducir el tiempo de ciclo.
- Reducir los defectos.

Las mejoras en estas áreas normalmente representan grandes ahorros de costes para los negocios, así como oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa excelente en productos y servicios.

Seis Sigma no es solo una iniciativa de calidad: es una iniciativa empresarial. Conseguir el objetivo de Seis Sigma requiere mucho más que mejoras pequeñas, incrementales; requiere mejoras muy importantes en cada una de las áreas de operaciones. En términos estadísticos “alcanzar Seis Sigma” significa que su proceso o producto operarán prácticamente sin defectos.

Los orígenes de Seis Sigma se remontan a los años ochenta, tanto en conceptos de gestión empresarial desarrollados en Estados Unidos y en Japón, como a los esfuerzos de “Calidad Total” de los años setenta y ochenta. Pero su impacto real se ha visto en las olas de cambio y en los resultados positivos que han barrido compañías como GE, Motorola, Johnson y American Express (Peter S. Pande, 2002).

La estructura y roles de Seis Sigma se conforma por (Pande, 2002):

- Champions. Directores de área que proveen dirección estratégica y recursos para los proyectos a realizar. Seleccionan al equipo, crean la estrategia para dirigir al equipo, identifican y describen los proyectos (alcance, objetivos), identifican y remueven obstáculos para el logro de los objetivos, deciden sobre las posibles soluciones.
- Master Black Belts. Personal seleccionado que fue previamente Cinta Negra (Black Belts) y que ahora coordina y capacita a éstos en

su desarrollo como expertos en Seis Sigma. Tienen un papel de asesores de proyectos, no suelen ser miembros del equipo a tiempo completo, tienen grandes habilidades técnicas y capacitan al equipo de ser necesario.

- Black Belts. Personal con las habilidades requeridas de liderazgo y técnicas para el entendimiento y aplicación de la metodología Seis Sigma. Motivan y dirigen equipos en el desarrollo de proyectos y capacitan a los Cintas Verde (Green Belts).
- Green Belts. Personal enfocado a sus actividades cotidianas distintas a Seis Sigma, que brindan parte de su tiempo a integrarse y trabajar con Black Belts para participar en proyectos Seis Sigma.
- Miembros del equipo. Su mayor responsabilidad se centra en la implementación de la metodología Seis Sigma. Se seleccionan en base a su experiencia y habilidades técnicas para el proyecto.

2.2 Seis Sigma en Organizaciones de Servicio

2.2.1 Clasificación del servicio

Fitzsimmons (2006) establece la *matriz de los procesos de servicio*, que se muestra en la Figura 1. En esta matriz, los servicios están clasificados a través de dos dimensiones que afectan significativamente el carácter del proceso de entrega del servicio.

		Grado de contacto con el cliente y personalización	
		<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>
Grado de intensidad de	<i>Bajo</i>	<i>Fábricas de servicio:</i> - Líneas aéreas y Fletes - Hoteles y Centros turísticos y de recreación	<i>Tiendas de servicio:</i> - Hospitales - Reparadores de autos y Otros servicios de reparación
	<i>Alto</i>	<i>Servicio en masa:</i> - Minoristas y Mayoristas - Escuelas y Aspectos minoristas de banca comercial	<i>Servicio profesional:</i> - Médicos, Abogados, Contadores y Arquitectos

Figura 1. Matriz de los procesos de servicio (Fitzsimmons, 2006)

La dimensión vertical mide el *grado de intensidad de la labor*, que es definida como *la razón de costo laboral a costo capital*. Por tanto, *servicios de capital intensivo* como líneas aéreas y hospitales se encuentran en la fila superior debido a la *inversión considerable en planta y equipo en relación al costo laboral*. Servicios de labor intensiva como **escuelas** y asistencia legal se encuentran en la fila inferior porque ***sus costos laborales son altos en relación a los requerimientos de capital***.

Se ha asignado un nombre a los cuatro cuadrantes, para describir la naturaleza de los servicios ilustrados. Las *fábricas de servicio* proveen un servicio estandarizado con una alta inversión en capital. Las *tiendas de servicio* permiten más adecuación del servicio, pero esto lo hacen en un ambiente de alto capital. Los clientes de un *servicio en masa* recibirán un servicio indiferenciado en un ambiente de labor intensiva, pero aquéllos que buscan un *servicio profesional* recibirán atención personalizada por especialistas altamente capacitados.

2.3 Estrategias Seis Sigma en Servicios

Desde sus inicios, se ha comprobado que la filosofía Seis Sigma puede ser aplicable a todo tipo de procesos y organizaciones, ya sea del tipo manufactureras, servicio, ingeniería, ventas, mercadotecnia, hospitales, gubernamentales, etc. Hasta ahora, la aplicación de la gestión de la calidad en organizaciones de servicios ha ido muy por detrás con respecto a las empresas industriales, incluso, en una empresa industrial, el grado de aplicación de la gestión de la calidad a los procesos de servicio ha sido mucho menor que en los procesos industriales.

Algunos procesos de servicio son especialmente favorables para la aplicación de Seis Sigma porque generan muchos datos. A estos procesos se les denomina ***transaccionales***, ya que su éxito depende en que se realicen correctamente transacciones de datos. En este tipo de industria, el *producto final o servicio proporcionado es intangible*, los procesos de los servicios dependen directamente de la *capacidad y conducta de los empleados* y no de alguna herramienta o maquinaria. Es de mera importancia, definir el flujo de dichos procesos, contar con alto nivel de capacitación en los empleados haciéndoles ver que el cliente es el mejor crítico de la calidad de los servicios, hacer buen uso

de su tiempo, evitar los re-trabajos y asegurarse que las actividades tienen que ser desempeñadas de la mejor manera posible (Garza, 2005).

El *enfoque transaccional* ha empezado a tener un gran impacto en varias organizaciones de servicio. Compañías como Bank of America, Sun Trust, American Express y Home Depot han implementado Seis Sigma para mejorar el servicio e incrementar sus ganancias (Garza, 2005).

El enfoque transaccional se caracteriza en aplicar la mejora continua, y la filosofía Seis Sigma se ve como una nueva herramienta de mejora para la solución de problemas. Se centra principalmente en los aspectos financieros, ya que los proyectos de Seis Sigma apoyan las estrategias de la organización logrando maximizar los retornos financieros.

Las **contribuciones de Seis Sigma en organizaciones de servicio** incluyen (Garza, 2005):

- Identificación de las necesidades del cliente
- Determinación de los requerimientos del cliente
- Identificación del servicio brindado
- Identificación del producto creado
- Identificación del cliente de cada producto o servicio
- Brindar un servicio satisfactorio al cliente
- Definir el proceso para realizar el servicio
- Asegurar la mejora continua
- Estandarización de los servicios
- Reducción de costos
- Disminución de variabilidad del servicio

2.4 Concepciones de la educación superior y su calidad

Doherty (1997) establece las siguientes dos concepciones de la educación superior y la calidad que éstas implican.

- Primera concepción: “la educación superior como producción de mano de obra altamente calificada”.
- Segunda concepción: “la educación superior como formación para una carrera de investigación”.

Se tomara en cuenta la primera concepción establecida por Doherty.



Figura 2. Proceso de educación superior (Adaptado de Doherty, 1997)

2.5 Factores críticos de éxito en empresas de servicios (FCE).

En el contexto de la implementación de SS en las empresas, los FCE representan los ingredientes esenciales sin los cuales un proyecto tiene pocas posibilidades de éxito (Coronado y Antony, 2002), SS es una estrategia de negocios y una metodología sistemática la cual conduce a la obtención de rentabilidad a través de ganancias cuantificables en procesos de calidad en el producto/servicio, la satisfacción del cliente y la productividad. Para la aplicación efectiva de las organizaciones de proyectos SS, se deben entender los FCE que harán que la aplicación sea exitosa. SS hace hincapié en la aplicación de la estadística y de herramientas y técnicas de una manera metódica y sistemática para obtener conocimiento que conduce a la incorporación de mejoras con un impacto dramático en los resultados finales de resolución de problemas (Antony y Banuelas, 2002). La asunción de los FCE es que, con el fin de garantizar en la organización (manufactura o de servicios) la competitividad y el crecimiento, es absolutamente necesario para la corporación el conocer y contar con varios factores críticos. Si la empresa no puede obtener estos factores críticos va a experimentar fallos significativos (Li-Hsing y Chuang, 2006).

A través del tiempo, varios investigadores (Sandholm y Sorqvist, 2002) (Coronado y Antony, 2002) (Szeto y Tsang, 2005) han tratado de identificar los factores que son útiles para la implementación exitosa de SS en las IES, sin embargo, en las revisiones de la literatura, muchos de los factores están directamente ligados con la interpretación personal de los investigadores, esto hace que el aporte no pueda ser establecido y definido de una manera sencilla y directa.

2.6 Meta-análisis

El gran número de publicaciones científicas existentes actualmente pone de manifiesto la necesidad de gestionar de manera eficiente el conocimiento científico. No solamente nos enfrentamos a una sobresaturación de información científica, sino que su calidad es muy variable, lo que obliga a realizar una valoración crítica cuidadosa antes de aplicarla. No obstante, el tiempo disponible para la obtención y valoración de los estudios suele ser muy limitado. Las revisiones de la literatura científica pueden ayudar a proporcionar información científica de forma rápida, en la medida que resumen en un único documento la información procedente de múltiples estudios individuales (Urrutia, Tort, & Bonfill, 2006).

Se define el Meta-Análisis como un conjunto de técnicas que permiten la revisión y combinación de resultados de distintos estudios previos para contestar una misma pregunta científica. Tradicionalmente, estas técnicas empezaron a utilizarse en ciencias sociales y en agricultura durante los años treinta y cincuenta. Cochran, en 1937, combina resultados de experimentos en agricultura y en 1954 publica un artículo referencia en variables cuantitativas. Posteriormente se introdujeron en la combinación de ensayos clínicos, fundamentalmente para evaluar la eficacia de tratamientos. Más tarde su empleo se ha generalizado en su aplicación en estudios observacionales siendo muchas veces el objetivo la mejora de políticas y tecnologías sanitarias. El fin último del Meta-Análisis es la combinación de diferentes estudios, siendo una auténtica alquimia estadística (Marino, 2001).

2.6.1 Modelo de efectos fijos

El modelo de efectos fijos en un meta-análisis comienza con la suposición de que la magnitud del efecto es la misma en todos los estudios. Sin embargo, en muchas revisiones sistemáticas esta hipótesis es plausible. Cuando decidimos incorporar un grupo de estudios en un meta-análisis, suponemos que los estudios tienen mucho en común para que tenga sentido sintetizar la información, pero por lo general no hay razón para asumir que son idénticos en el sentido de que el verdadero tamaño del efecto es exactamente el mismo en todos los estudios. En este estudio estamos trabajando con proporciones por

lo que los estudios analizados son también diferentes, debido a esta razón los efectos son considerados aleatorios (Borenstein, 2009).

Una vez identificados los FCE se desarrolla un punto de comparación que sirva como referencia inicial entre ambos períodos, el cual consiste en calcular las proporciones de mención/total de artículos para cada uno de los períodos referidos y obtener una diferencia (Proporción periodo 2 menos Proporción periodo 1). Una vez identificados los elementos que tuvieron mayor variación en sus proporciones, se calcularon los Odds y Odds Ratios para reflejar los cambios en cada factor para cada período como se muestra en la Ec.1 y la Ec.2

$$Odds = \frac{presencia}{ausencia} \quad Ec.1$$

Donde presencia se refiere a las veces que fue mencionado un FCE en el periodo de tiempo analizado y ausencia se refiere a que no se menciona en ese mismo periodo de tiempo.

$$OddsRatio = \frac{Odds1}{Odds2} \quad Ec.2$$

Una manera de mantener la simetría en el análisis fue propuesto por Borenstein et al., (2009). Los cálculos se llevaron a cabo en una escala logarítmica. Se calcula el log odds ratio, la varianza aproximada y el error estándar del logaritmo de odds ratio, y se utilizarán estos números para realizar todos los pasos en el meta-análisis. Sólo entonces se podrán convertir los resultados de nuevo en la métrica original. Esto se muestra esquemáticamente en las ecuaciones 3, 4 y 5.

$$LogOddsratio = \ln(Oddsratio) \quad Ec.3$$

La varianza aproximada y el error estándar se calculan de la siguiente forma:

$$V_{LogOddsratio} = \frac{1}{A} + \frac{1}{B} + \frac{1}{C} + \frac{1}{D} \quad Ec.4$$

Error estándar

$$SE_{LogOddsratio} = \sqrt{V_{LogOddsratio}} \quad Ec.5$$

Para calcular la varianza de un estudio bajo el modelo de efectos aleatorios, lo que necesitamos saber es, tanto la varianza dentro del estudio y τ^2 , debido a que la variación total del estudio es la suma de estos dos valores.

El parámetro τ^2 (tau-cuadrado) es la varianza entre los estudios (la varianza de los parámetros del tamaño del efecto en toda la población de los estudios). En otras palabras, si de alguna manera se sabe el verdadero tamaño del efecto para cada estudio y se calcula la varianza de estos tamaños del efecto (a través de un número infinito de estudios), esta variación sería τ^2 . Un método para la estimación de τ^2 es el método de los momentos el cual se muestra en las ecuaciones 6, 7, 8 y 9.

$$\tau^2 = \frac{Q-df}{c} \quad Ec.6$$

$$Q = \sum_{i=1}^k W_i Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k W_i Y_i)^2}{\sum_{i=1}^k W_i} \quad Ec.7$$

$$df = k - 1 \quad Ec.8$$

Donde k, es el número de técnicas o herramientas.

$$c = \sum W_i - \frac{\sum W_i^2}{\sum W_i} \quad Ec.9$$

El Intervalo de confianza (IC) se calcula para cada uno de ellos asumiendo que el efecto verdadero tiene una distribución normal con una confianza del 95 %.

$$CI_{LogOddsratio} = LogOddsratio \pm 1.96 * SE_{LogOddsratio} \quad Ec.10$$

Conversión a unidades lineares.

$$CI_{OddsRatio} = Exp(CI_{LogOddsratio}) \quad Ec.11$$

Un peso promedio W_i^* (Ec. 12) es calculado, donde el peso asignado a cada FCE y H&T es la inversa de la varianza de cada $V_{y_i}^*$ (Ec. 13) el cual incluye la varianza de los FCE y H&T para el elemento i mas la varianza entre elementos τ^2 . Seguido de esto se calcula un resumen del efecto siguiendo los siguientes pasos:

$$W_i^* = \frac{1}{V_{y_i}^*} \quad Ec.12$$

$$V_{y_i}^* = V_{y_i} + \tau^2 \quad Ec.13$$

Para el intervalo de confianza del resumen se calcula su respectiva media (Ec. 14), la varianza (Ec. 15), error estándar (Ec. 16) y el intervalo (Ec. 17).

$$M^* = \frac{\sum_{i=1}^k W_i^* Y_i}{\sum_{i=1}^k W_i^*} \quad Ec.14$$

$$V_{M^*} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k W_i^*} \quad Ec.15$$

$$SE_{M^*} = \sqrt{V_{M^*}} \quad Ec.16$$

$$CI_{Resumen}^* = M^* \pm 1.96 * SE_{M^*} \quad Ec.17$$

Para finalizar la media y el intervalo de confianza son reconvertidos a unidades lineares.

$$M = Exp(M^*) \quad Ec.18$$

$$CI_{Resumen} = Exp(CI_{Resumen}^*) \quad Ec.19$$

CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Para la realización del presente trabajo, se utilizó una computadora laptop Toshiba Satélite CD-A con procesador AMD E1-2100 APU Radeon (TM), 1.00 GHz y 6.00 GB de RAM.

Para la revisión meta-analítica de los FCE se utilizó el software Stats Direct, Minitab 17 y Microsoft Office Excel.

3.2 Métodos

Se realizó una búsqueda de artículos académicos en la base de datos disponibles de la institución tomando en cuenta 88 artículos de las siguientes revistas EBSCO, ELSEVIER, EMERALD, IEEE, SCOPUS, SPRINGER.

Con base en criterios de inclusión y exclusión se realizó una recopilación para aquellos trabajos que aborden aplicaciones de SS en el área de servicios y principalmente en las IES.

Se determinó el número de artículos para realizar la identificación de factores críticos de éxito en dichos artículos seleccionados.

Tomando en cuenta la cantidad de artículos de acuerdo al año de publicación y el total de estos, se realizó una tabla de frecuencias tanto relativas como acumuladas y de esa manera poder definir aproximadamente el 50% del total de artículos, obteniendo el primer periodo desde el año 2001 al 2011 con un total de 43 artículos, mientras que el segundo periodo fue desde el año 2012 al 2016, el cual consto de 45 artículos.

Posteriormente se realizó una tabla de frecuencias con base en los factores críticos de éxito resultantes y así poder determinar la cantidad de menciones de cada factor y la frecuencia tanto relativa como acumulada de los mismos y usando el software de estadística Minitab se generó el diagrama de Pareto que se puede ver en la figura 3, donde se consideró una proporción de 80-20 para delimitar los factores relevantes a considerar para el meta-análisis, los cuales se pueden notar en la tabla 3 resultando 15 factores críticos de éxito relevantes de los 39 establecidos.

Tabla 3. Factores críticos de éxito resultantes

No.	Factores Críticos de Éxito	Frec	Acum	% Rel	% Rel acum
1	Compromiso de la alta dirección	68	68	12.4%	12.4%
2	Educación y formación para SS	58	126	10.6%	23.0%
3	Cambio Cultural	46	172	8.4%	31.4%
4	Enfoque en el cliente	43	215	7.9%	39.3%
5	Selección y priorización de proyectos	37	252	6.8%	46.1%
6	Liderazgo	28	280	5.1%	51.2%
7	Vinculación de LSS con la estrategia de la universidad	27	307	4.9%	56.1%
8	Medidas de rendimiento claras	23	330	4.2%	60.3%
9	Experiencia en gestión de proyectos y habilidades	22	352	4.0%	64.4%
10	Vinculación de SS para recompensas y RH	20	372	3.7%	68.0%
11	Comunicación	17	389	3.1%	71.1%
12	Comprensión de la metodología SS	17	406	3.1%	74.2%
13	Selección de las personas adecuadas (selección de personal para LSS)	15	421	2.7%	77.0%
14	Infraestructura organizacional	15	436	2.7%	79.7%
15	Participación de los trabajadores	14	450	2.6%	82.3%
39	Ambiente de confianza, ética, integridad y respeto por las personas	0	547	0.0%	100.0%
	Total	547			

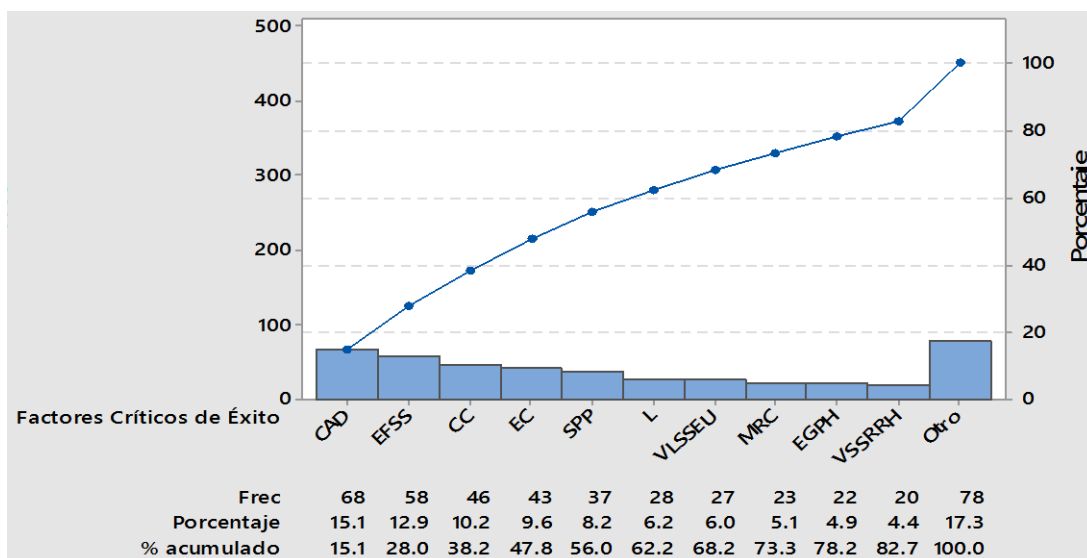


Figura 3. Diagrama de Pareto de FCE resultante de la tabla 3.

Tabla 4. Tabla de presencia y ausencia para el primer periodo del estudio

FCE	2001-2011		
	Presencia	Ausencia	n
Compromiso de la alta dirección	33	10	43
Educación y formación para SS	31	12	43
Cambio Cultural	24	19	43
Enfoque en el cliente	29	14	43
Selección y priorización de proyectos	19	24	43
Liderazgo	6	37	43
Vinculación de LSS con la estrategia de la universidad	14	29	43
Medidas de rendimiento claras	8	35	43
Experiencia en gestión de proyectos y habilidades	13	30	43
Vinculación de SS para recompensas y RH	13	30	43
Comunicación	4	39	43
Comprensión de la metodología SS	11	32	43
Selección de las personas adecuadas (selección de personal para LSS)	5	38	43
Infraestructura organizacional	10	33	43
Participación de los trabajadores	2	41	43
TOTAL	222	423	645

Tabla 5. Tabla de presencia y ausencia para el segundo periodo del estudio

FCE	2012-2016		
	Presencia	Ausencia	n
Compromiso de la alta dirección	35	10	45
Educación y formación para SS	27	18	45
Cambio Cultural	22	23	45
Enfoque en el cliente	14	31	45
Selección y priorización de proyectos	18	27	45
Liderazgo	22	23	45
Vinculación de LSS con la estrategia de la universidad	13	32	45
Medidas de rendimiento claras	15	30	45
Experiencia en gestión de proyectos y habilidades	9	36	45
Vinculación de SS para recompensas y RH	7	38	45
Comunicación	13	32	45
Comprensión de la metodología SS	6	39	45
Selección de las personas adecuadas (selección de personal para LSS)	10	35	45
Infraestructura organizacional	5	40	45
Participación de los trabajadores	12	33	45
TOTAL	228	447	675

Una vez determinados los factores críticos de éxito a considerar, se elaboraron dos tablas de presencia y ausencia como se puede notar en la tabla 4, la cual muestra la cantidad de menciones en la recopilación de trabajos para el primer periodo de 2001 al 2011 y para la tabla 5 los datos obtenidos para el segundo periodo de 2012 al 2016.

Usando los datos recopilados en las tablas 4 y 5, se prosiguió a utilizar el software Stats Direct para realizar el meta-análisis, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 6, la cual muestra los pesos de cada factor, las coordenadas con base en un intervalo de confianza del 95% y el tamaño del cociente de probabilidad (Odds Ratio):

Tabla 6. Tabla de datos del meta-análisis del cociente de probabilidades de cada factor

Num	<u>Odds ratio</u>	<u>95% CI (CML)</u>		<u>% Weights (fixed, random)</u>		FCE
1	0.9429	0.3076	2.8924	6.1925	6.8276	Compromiso de la alta dirección
2	1.7222	0.6449	4.6715	5.7325	7.2381	Educación y formación para SS
3	1.3206	0.5260	3.3235	7.3956	7.4589	Cambio Cultural
4	4.5867	1.7151	12.4307	3.4678	7.2260	Enfoque en el cliente
5	1.1875	0.4678	3.0172	7.6433	7.4257	Selección y priorización de proyectos
6	0.1695	0.0497	0.5240	14.402	6.6508	Liderazgo
7	1.1883	0.4352	3.2537	6.6702	7.1878	Vinculación de LSS con la estrategia de la univers
8	0.4571	0.1474	1.3507	9.2887	6.8684	Medidas de rendimiento claras
9	1.7333	0.5870	5.2577	4.7771	6.9027	Experiencia en gestión de proyectos y habilidades
10	2.3524	0.7517	7.8180	3.7155	6.6741	Vinculación de SS para recompensas y RH
11	0.2525	0.0554	0.9357	8.9703	5.9902	Comunicación
12	2.2344	0.6630	8.1444	3.3970	6.4278	Comprensión de la metodología SS
13	0.4605	0.1130	1.6708	6.7233	6.1653	Selección de las personas adecuadas
14	2.4242	0.6670	9.8778	2.9193	6.1627	Infraestructura organizacional
15	0.1341	0.0139	0.6798	8.7049	4.7939	Participación de los trabajadores

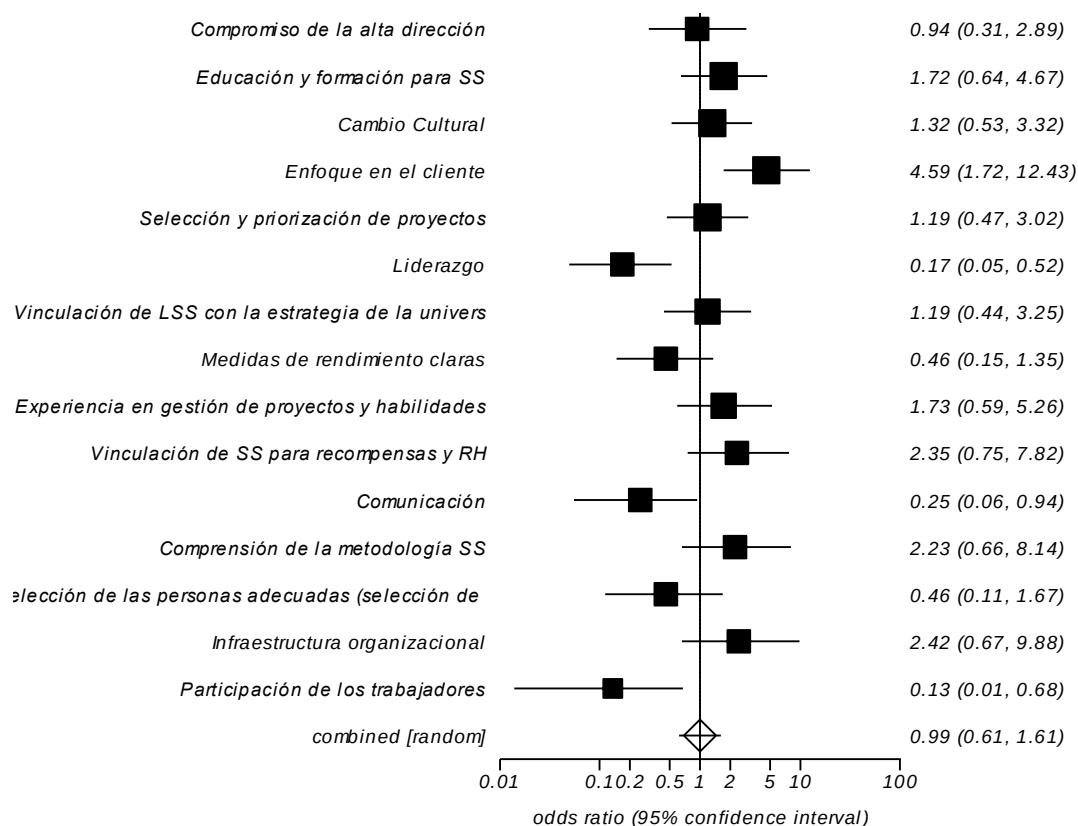


Figura 4. Diagrama de árbol general de los cocientes de probabilidad de cada FCE

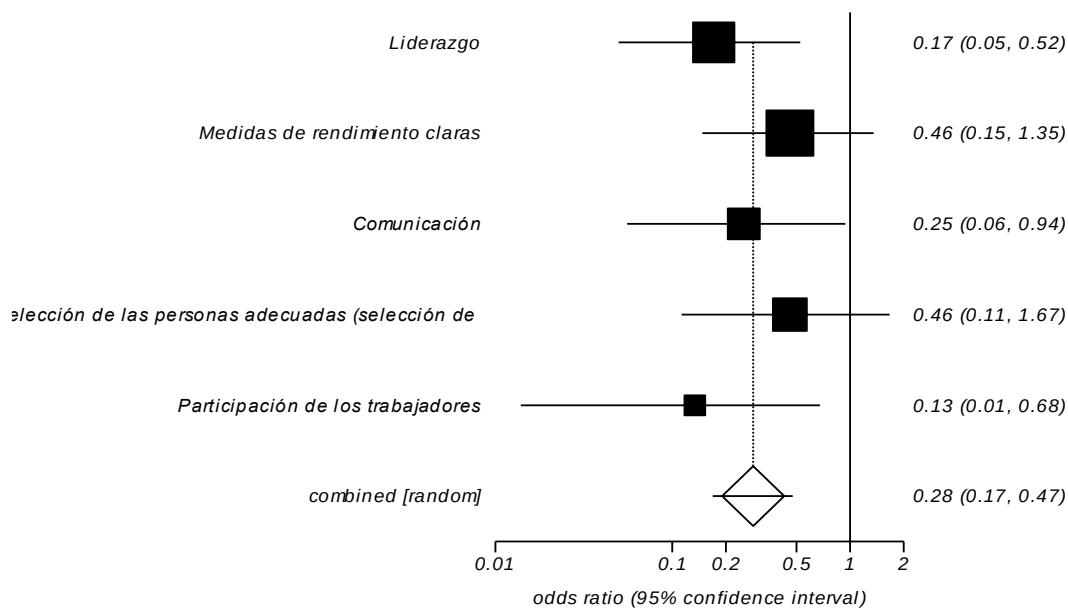


Figura 5. Diagrama de árbol de los cocientes de probabilidad de aquellos factores que aumentaron su uso

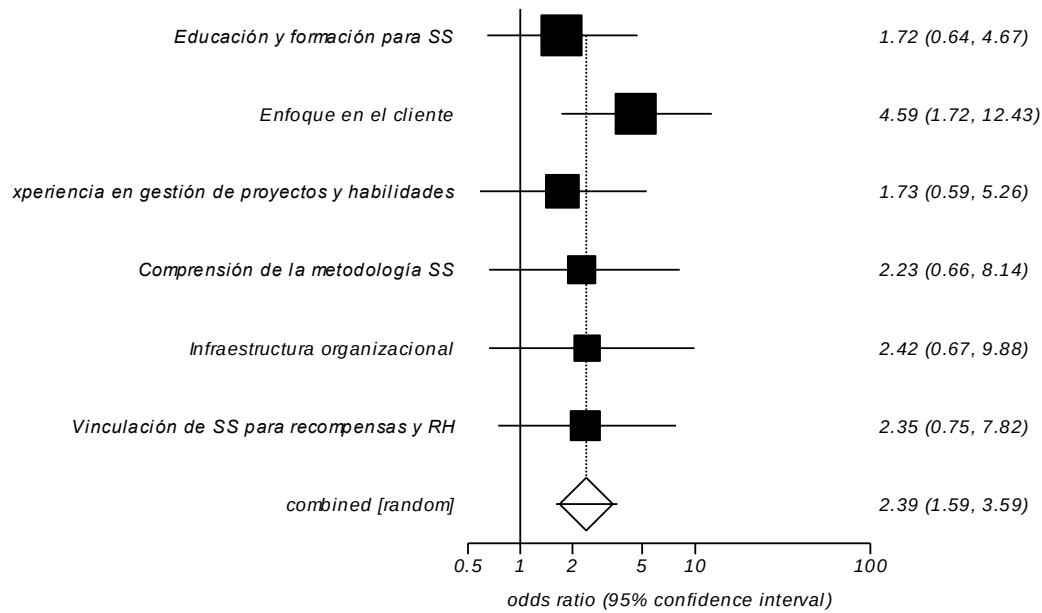


Figura 6. Diagrama de árbol de los cocientes de probabilidad de aquellos factores que disminuyeron su uso

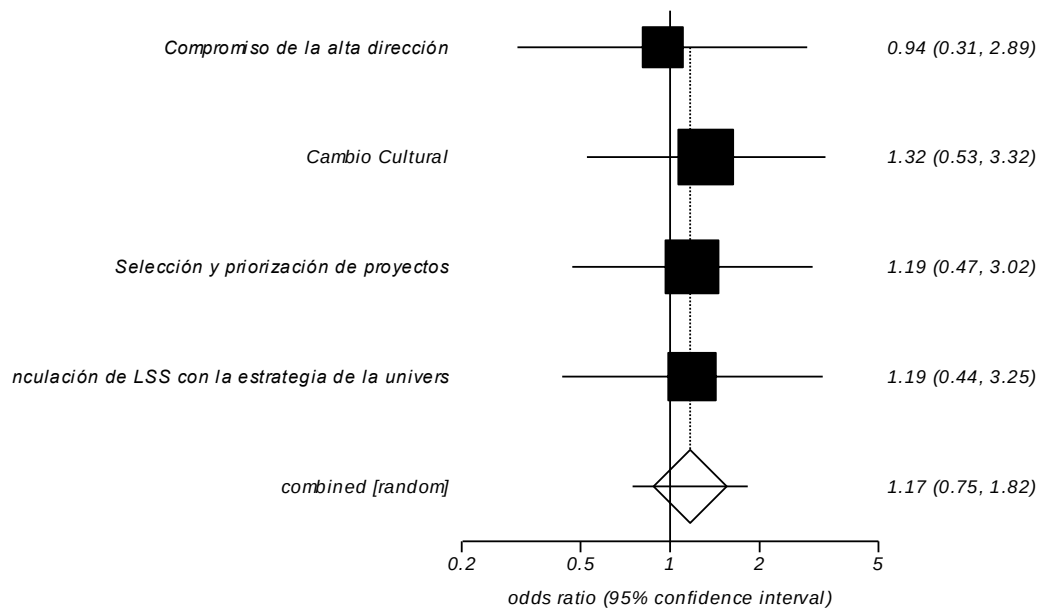


Figura 7. Diagrama de árbol de los cocientes de probabilidad de aquellos factores que mantuvieron su uso

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tomando en cuenta las gráficas obtenidas en el meta-análisis realizado se pueden analizar cada una por una particularidad específica, como lo que muestra la figura 4 donde se puede visualizar gráficamente cada FCE así como el tamaño de su peso y si dichos factores aumentaron, disminuyeron o mantuvieron su uso con el tiempo.

Los criterios para identificar si un FCE aumentó su uso son dependiendo si el Odds Ratio de dicho factor se encuentra alejado hacia el lado izquierdo del centro del gráfico (punto 1) del intervalo de 0.01 a 100. En la figura 4 los factores que mayor destacan de acuerdo a lo mencionado anteriormente fueron *liderazgo, medidas de rendimiento claras, comunicación, selección de las personas adecuadas y participación de los trabajadores*, por lo tanto se realizó un segundo análisis considerando solamente a estos 5 factores, obteniendo los resultados que se muestran en la figura 5, donde se puede notar mediante los factores combinados (rombo) que se muestra en la parte inferior, la cual denota que estadísticamente se puede concluir que estos 5 factores han aumentado su uso en el periodo 2.

Por otro lado al interpretar nuevamente la gráfica que se muestra en la figura 4, se puede notar que aquellos factores que se localizan en la parte derecha de la gráfica a partir del punto 1 han disminuido su uso a través del tiempo, en vista de lo anterior se realizó un tercer meta-análisis dejando solamente aquellos factores localizados del lado derecho, obteniendo la gráfica que se puede ver en la figura 7, de la cual salen a destacar los siguientes factores: *Educación y formación para SS, Enfoque en el cliente, Experiencia en gestión de proyectos y habilidades, Comprensión de la metodología SS, Infraestructura organizacional, Vinculación de SS para recompensas y RH*. Considerando los factores mencionados anteriormente y lo establecido en la ecuación 2, mientras mayor sea el resultado obtenido del Odds 1 sobre el primer periodo y menor el Odds 2 para el segundo periodo en dicha ecuación, el Odds Ratio resultante será mayor o de lo contrario se obtendrá un resultado bajo, con lo anterior mencionado se puede decir que los factores mencionados anteriormente han disminuido su uso en los años (periodo 2).

Por último se realizó un cuarto meta-análisis tomando en cuenta los factores que se mantuvieron mayormente cerca del punto 1 en la gráfica

de la figura 4, de la cual destacaron cuatro factores: *Compromiso de la alta dirección, Cambio cultural, Selección y priorización de proyectos, y Vinculación de LSS con la estrategia de la universidad*, los cuales se pueden notar con mayor claridad en la gráfica de la figura 7 y donde se visualiza de una mejor manera que los factores que mantiene su uso a través del tiempo son los 4 factores mencionados ya que el promedio de ellos está dentro de la región de la línea central por lo que se concluye que se mantuvieron a través de los años.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo a los objetivos específicos establecidos en el presente trabajo se puede concluir que dichos objetivos son cumplidos de manera exitosa, como se pudo ver en el capítulo 4, donde se cumple el supuesto de poder determinar cuáles son aquellos factores críticos de éxito que aumentaron, disminuyeron y mantuvieron su uso a través del tiempo en las instituciones de educación superior.

De acuerdo a los FCE que aumentaron su uso con el tiempo, el *Liderazgo* fungió como principal factor puesto que obtuvo la mayor cantidad de menciones en el segundo periodo y la segunda mayor para el primer periodo, por otro lado la *Participación de los trabajadores* conto con la menor cantidad de menciones en el primer periodo pero se logra compensar con lo obtenido en el segundo periodo que a pesar de que no fue el mayor para dicho periodo logra destacar en la gráfica de la figura 5.

Existen muchos casos de éxito en instituciones de educación superior en países extranjeros donde se logra implementar de manera exitosa la mayoría de los FCE mencionados en el presente trabajo y de los cuales algunos ya se llevan a cabo en las instituciones de educación superior en México, pero es necesario dejar en claro que el considerar la implementación de Seis Sigma en dichas instituciones puede llegar a tornarse difícil, sobre todo por la resistencia al cambio, es por esto que el factor de *Cambio Cultural* es de vital importancia en esta implementación.

5.2 Recomendaciones

Para aumentar la probabilidad de éxito en la implementación de la metodología SS en las IES, es necesario tomar en cuenta los FCE que aumentaron y mantuvieron su uso a través del tiempo, ya que con el uso de estos factores se pueden obtener beneficios.

Una vez determinados los principales FCE que aumentaron, disminuyeron y mantuvieron su uso a través del tiempo es necesario el

pensar en el desarrollo de un modelo de Seis Sigma que se logre adaptar a las necesidades y especificaciones de la institución en cuestión y así poder lograr una mejora significativa en la calidad de los servicios proporcionados, así como también el producto final de dicha institución, que a fin de cuentas termina siendo los profesionistas.

CAPÍTULO 6. CITAS Y REFERENCIAS

- [1] BIBLIOGRAPHY Antony, J. (2014). Readiness factors for the Lean Six Sigma journey in the higher education sector. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 257-264.
- [2] Antony, R. B. (2002). Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. *The TQM Magazine*, 92-99.
- [3] ANUIES. (13 de Noviembre de 2016). ANUIES. Obtenido de <http://www.anuies.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>
- [4] Borenstein, M. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*. Wiley.
- [5] DGPPyEE. (2016). *Principales Cifras del Sistema Educativo Nacional 2015-2016*. Ciudad de México.
- [6] Doherty, G. D. (1997). *Desarrollo de Sistemas de Calidad en la Educación*. La Muralla, Madrid.
- [7] Fernández, E. (01 de Marzo de 2014). Retos de la educación superior en México: la visión de la ANUIES. *México Social*.
- [8] Fitzsimmons, A. J. (2006). *Service Management. Operations, Strategy, and Information Technology*. New York: McGraw Hill.
- [9] Goel, P. (2005). *Six Sigma for Transactions and Service*. New York: McGraw Hill.
- [10] Jiju Antony and Netasha Krishan, D. C. (2012). Lean Six Sigma for higher education institutions (HEIs). *Emerald Insight* , 4.
- [11] Marino, E. L. (2001). *Introducción al Análisis de Datos en Meta-Análisis*. Diaz de Santos.
- [12] OEI. (01 de febrero de 2017). *Organización de Estados Iberoamericanos*. Obtenido de Organización de Estados Iberoamericanos: <http://oei.org.mx/>
- [13] Peter S. Pande, L. H. (2002). *¿Qué es Seis Sigma?* Madrid: McGRAW-HILL.

- [14] Rankings, Q. W. (02 de Febrero de 2017). *Top Universities*.
Obtenido de <https://www.topuniversities.com/university-rankings>
- [15] Simons, N. (2013). The Business Case for Lean Six Sigma in
Higher Education. ASQ.
- [16] Sorqvist, L. (2002). INTEGRATING SIX SIGMA AND LEAN FOR
BETTER RESULTS. *Sandholm Associates and Royal Institute of
Technology*.
- [17] UNAM. (23 de Diciembre de 2016). *Plan Educativo Nacional*.
Obtenido de Plan Educativo Nacional:
[http://www.planeducativonacional.unam.mx/CAP_01/Text/01_06a.ht
ml](http://www.planeducativonacional.unam.mx/CAP_01/Text/01_06a.html)
- [18] UNESCO. (09 de Octubre de 1998). <http://www.unesco.org/>.
Obtenido de <http://www.unesco.org>

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

**REVISIÓN META-ANALÍTICA DE FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO DE SEIS
SIGMA EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

TESIS

PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

DANIEL ALEJANDRO CARRILLO BELTRÁN

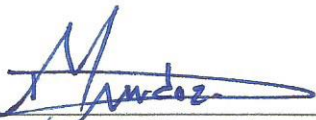
Aprobada por:



Dr. Jorge Limón Romero
Director



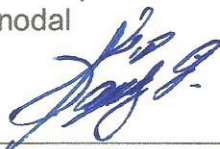
Dra. Yolanda Angélica Báez López
Codirector (Secretario)



Dr. Diego Alfredo Tlapa Mendoza
Sinodal



Dr. Alejandro Alvarado Iniesta
Sinodal



MC. José Luis Javier Sánchez
González
Sinodal