

Propuesta de metodología Lean Seis Sigma en empresas PyMEs: un enfoque participativo con la academia

Edgar Alejandro Barbosa Saucedo

Universidad Tecnológica de Panamá

Programa de Doctorado en Ingeniería de Proyectos

edgar.barbosa@itesm.mx

Santos Gracia Villar

Fundación Universitaria Iberoamericana

Santosgracia@funiber.org

Luis Alonso Dzul López

Universidad Internacional Iberoamericana

luis.dzul@unini.mx

Resumen— Este trabajo surge de la necesidad de aportar nuevas alternativas para que las empresas PyMEs mexicanas sean más competitivas. Metodologías como Lean y Seis Sigma han otorgado importantes beneficios a grandes empresas, la primera a través de una reducción gradual de actividades y elementos que no aportan valor a la organización y la segunda como una forma de hacer proyectos que mejoren la calidad y reduzcan costos.

Para integrar y adaptar Lean y Seis sigma al entorno de las PyMEs se ha recurrido a una revisión de las mejores prácticas de empresas en otras regiones, logrando con esto una propuesta de aplicación que se da solo con la colaboración de instituciones académicas que aportan los ingredientes del conocimiento y su visión externa para mejorar lo que se hace cotidianamente en las PyMEs.

La aplicación inicial de Lean y Seis sigma se hizo en 4 PyMEs del estado Mexicano de Tamaulipas, con ello se presentan resultados cuantitativos y cualitativos que dejan ver la experiencia positiva que se tiene en la vinculación entre las empresas y la universidad.

Palabras claves— Lean, Mejora, Metodología, Proyectos, PyME, Seis Sigma, Universidad.

Abstract— This work arises from the need for new alternatives for small and medium enterprises (SMEs) to improve their competitiveness. Methodologies such as Lean and Six Sigma have provided significant benefits to corporations, first through a gradual reduction of activities and elements that do not add value to the organization and the second as a way to do projects that improve quality and reduce costs.

To integrate and adapt Lean and Six Sigma to the environment of SMEs has turned to a review of best practices of companies in other regions, thus achieving a proposed application to be given only with the collaboration of academic institutions that provide the ingredients of knowledge and an outside perspective to improve what is done daily in the SMEs.

The initial application of Lean Sigma was made in 4 SMEs of the Mexican state of Tamaulipas; this research presents quantitative and qualitative results that show the positive experience you have in the relationship between business and academia.

Keywords— *Improve, Lean, Methodology, Projects, Six Sigma, SME, University.*

Tipo de artículo: *original*

Fecha de recepción: *7 de junio de 2012*

Fecha de aceptación: *5 de febrero de 2013*

1. Introducción

Metodologías como Seis Sigma y Lean han surgido en diferentes décadas y han abonado en muchas empresas grandes a la mejora en su calidad y productividad, sin embargo dichas metodologías no han logrado llegar de manera significativa a las MiPyMEs (Micro, pequeñas y medianas empresas), mismas que no cuentan con más de 250 empleados y en donde en países como México representan poco más del 50 % del PIB, siendo generadoras de hasta un 72 % del empleo del país [1].

El pensamiento Lean, también llamado esbelto es un proceso que considera el entregar recursos con la finalidad de generar valor y eliminar desperdicios para el consumidor [2]. Se le puede definir también como la eliminación sistemática de desperdicio por parte de todo el personal de la organización de cualquier área de la misma a través del flujo de valor [3]. Este pensamiento empezó a tomar forma cuando en el año de 1949 Taiichi Ohno de la Toyota Motor Company visitó la fábrica de autos de Ford en Detroit [4], posteriormente el llamado sistema de producción de Toyota y su uso se ha generalizado en empresas de todo el mundo al ser un sistema noble que permite que con acciones sencillas se puedan hacer cambios que mejoren la operación de las empresas.

Seis Sigma surgió a finales de los años 80 en la empresa Motorola y representa un proceso de negocios que permite a las compañías mejorar drásticamente sus ahorros con el diseño y monitoreo de actividades de tal manera que se minimicen desperdicios y recursos mientras se incrementa la satisfacción del cliente [5], es también una metodología orientada a procesos que

por alguna razón no operan con los estándares que la empresa desea. Al presentarse estas diferencias o variaciones se despliega una serie de pasos con fuerte énfasis estadístico para lograr ajustar los procesos y hacer que éstos cumplan con las expectativas que la empresa y los clientes tienen.

En esta investigación se ha hecho una revisión de las metodologías Seis Sigma y Lean de manera separada, se analizaron diferentes aportaciones de metodologías que las integran, de esta forma se llega a la propuesta de una aplicación práctica que se adapta a las necesidades y limitaciones de las PyMEs Mexicanas, teniendo el componente de la vinculación con instituciones universitarias para potenciar el avance de este sector empresarial.

2. Antecedentes

Una PyME no tienen más de 250 empleados [6]. Estas empresas comúnmente tienen una visión de corto plazo, no invierten muchas de sus ganancias en nuevas tecnologías, la toma de decisiones es más centralizada y no con mucho apego a hechos y datos. La planeación en estas empresas y su visión limitada hacen que la capacitación de sus empleados sea menor, cosa que inhibe iniciativas innovadoras y les hace difícil implementar modelos como Lean o Seis Sigma.

Las PyMEs en México han desarrollado pocos esquemas para incrementar sus niveles de calidad y productividad. Modelos como el ISO9000 son comúnmente su referencia para adoptar sistemas que apoyen en esta materia. En la actualidad se estima que solo un 50 % de las PyMEs en México utilizan técnicas de calidad y productividad [7].

Lean Seis Sigma ha estado alrededor del mundo empresarial a lo largo de dos décadas como programa de calidad [8], éstas dos metodologías se complementan, ambas son enfocadas a los requerimientos del cliente, al ahorro en dólares reales, tienen el potencial de hacer mejoras financieras que impactan significativamente a la organización y pueden ser fácilmente usadas

en un ambiente que no sea de manufactura. Existen diferencias también entre ambas ya que Lean se enfoca en problemas visibles como el de inventarios, flujo de material y seguridad, mientras que Seis Sigma se enfoca más en cuestiones no tan visibles como la variación en el proceso [9].

Lean Seis Sigma no tiene una forma estandarizada de uso como Seis Sigma. Dentro de la revisión que se ha hecho se han identificado dos vertientes dentro de las propuestas de Lean Seis Sigma:

- a. Se anexan herramientas de Lean a la estructura de proyectos de Seis Sigma.
- b. Primero se elimina lo que no agrega valor (Lean) y luego se aplica Seis sigma para reducir la variabilidad en los procesos.

Estas dos vertientes son aplicadas por compañías consultoras como SEAGATE, AIT, ENTEGRIS y TBM en empresas que tienen un presupuesto para pagar una capacitación que oscila entre los \$5,000 y \$10,000 dólares por persona, de ahí que estos esquemas no sean las alternativas más apropiadas para empresas como las PyMEs.

Un modelo más adaptado a una PyME es el que Thomas A, Barton R, Okafor Ch [10] probaron en una compañía manufacturera pequeña del Reino Unido, dicho modelo demostró ahorros importantes en la empresa, a pesar de que ésta contaba con 15 empleados y los conocimientos de estadística no eran muy profundos. A diferencia de otros, el modelo de Thomas está más adaptado a la realidad de una PyME, al proponer un diseño de experimentos sencillo y de menor costo, por otra parte no se toma en cuenta que es común que las PyMEs no tengan bien definidas sus prioridades, indicadores o estructura organizacional, lo cual sumado a la poca capacitación y falta de experiencia en proyectos lleva a que previo a la aplicación de la metodología la empresa deba ser intervenida por algún grupo consultor.

Las universidades Mexicanas típicamente buscan intervenir en el mundo empresarial con la visión limitada de preparar a sus alumnos para el mismo, sin embargo su interés debe ir cambiando

para buscar esquemas de mutuo desarrollo (empresa-universidad) que privilegien el conocimiento aplicado y el desarrollo de sus comunidades de influencia. Una barrera importante para que en una PyME no se quieran implementar metodologías como Lean o Seis Sigma es el desconocimiento de las mismas y sobre todo de la parte estadística, ésta y otras barreras se pueden reducir con una propuesta que tenga beneficios para ambas.

3. Aspectos Metodológicos

Para esta investigación se han diseñado dos encuestas, la primera de ellas plantea 68 preguntas, mismas que tienen como objetivo asegurarse que la metodología planteada se haya desplegado en las empresas con apego a cada una de las etapas diseñadas, de esta forma se podrá estar seguro que la metodología se aplicó de manera consistente en cada una de las PyMEs.

La segunda encuesta está representada por 20 preguntas que tienen como finalidad medir la percepción que los miembros del equipo del proyecto tuvieron después de aplicar la metodología en variables como el entrenamiento, resultados, intervención de la institución académica y el aprendizaje obtenido. Se tomó una muestra de 4 empresas pequeñas o medianas para aplicar inicialmente la propuesta, estas PyMEs se ubican en las ciudades de Tampico y Altamira (estado de Tamaulipas) en México y no utilizan actualmente las metodologías de Lean y Seis Sigma de forma integrada. En las empresas no predomina ningún giro en particular, siendo una de ellas del sector manufacturero (SB), otra del sector comercial (AP), dos están dedicadas a los servicios, una de logística (CS) y otra de mantenimiento industrial (GA).

Con la aplicación de las encuestas y el análisis de sus resultados se pretende encontrar en que puntos se debe mejorar la primera propuesta de metodología, que herramientas, factores o etapas específicas están apoyando o inhibiendo el logro de objetivos planteados por cada PyME.

Dado que las empresas están ubicadas en Tamaulipas, la universidad que se involucró para la metodología propuesta fue el Tecnológico de Monterrey Campus Tampico (ITESM) [11]. La elección de estas 4 PyMEs se dio mediante el procedimiento de diagnóstico por parte de personal académico, por lo que hubo más empresas que pudieron ser candidatas para pero no reunían los requisitos planteados en la metodología.

La metodología propuesta plantea la selección de profesores del ITESM con experiencia en proyectos de consultoría y aplicación de Lean y Seis Sigma, así como de un grupo de alumnos de la carrera de Ingeniería industrial y de sistemas. Esta carrera fue elegida ya que su programa de estudios acumula más de 200 horas de entrenamiento en herramientas y técnicas que son aplicadas tanto en

Lean como en Seis sigma, las materias y temas que suman ese entrenamiento se muestran en la Tabla 1. La mayor parte de los temas también están presentes dentro de los estándares de entrenamiento para un *Green* y *Black Belt* de acuerdo a la ASQ (Sociedad Americana para la Calidad) [12].

La metodología aplicada tiene el componente de vinculación entre la universidad y la PyME, por lo que sus principales actores y roles se establecieron de la siguiente manera:

- *Gerente general de la PyME*: es quien debe aprobar el proyecto, designar los recursos que competan al mismo y comprometerse con la ejecución y continuidad de los resultados logrados en los objetivos establecidos. Tomando de base la estructura de Seis Sigma hace las veces de un *Champion* en el proyecto.

Tabla 1. Materias y horas dedicadas a temas para la capacitación en Lean y Seis Sigma en un plan de estudios de Ingeniería Industrial y de Sistemas del ITESM.

Materia	Horas clase	Temas relevantes para Lean/Seis Sigma
Probabilidad y estadística	20	Estadística descriptiva e inferencial, funciones de probabilidad.
Diseño del trabajo	14	Estudio de tiempos, ergonomía, diagramas para flujos de procesos.
Planeación de plantas	18	Flujo del proceso, diseño de layout, TPM.
Diseño de experimentos	28	Regresión, pruebas de hipótesis, Anova, diseño factorial.
Ingeniería de proyectos	25	Problema, objetivos, alcance, evaluación financiera, seguimiento.
Control estadístico de calidad	32	Herramientas básicas de calidad, AMEF, capacidad de procesos, gráficos de control, ciclo PHVA.
Ingeniería estadística	32	Despliegue de Seis Sigma a través del DMAIC.
Estrategias de manufactura	40	Principios y herramientas de Lean (VSM, Kaizen, Poka Yooke, etc.).

- *Equipo de gerentes*: son los gerentes de áreas que conforman la línea de mando inmediata al gerente general o dueño. Tienen un voto y propuestas para proyectos, mismos que se derivan de oportunidad en sus áreas de responsabilidad. Tomando la base de la estructura de Seis Sigma hacen las veces de *Process Owners* (dueños del proceso), al ser en sus departamentos donde se llevará el trabajo medular del proyecto.
- *Personal que compone el equipo del proyecto*: aquel personal primordialmente proveniente de las áreas o procesos de donde se desprenda el proyecto. Son personas seleccionadas de acuerdo a la metodología por su perfil de conocimiento y experiencia como principales factores. Dichos elementos ejecutan cada una de las etapas de la metodología en conjunto con los alumnos de la institución universitaria.
- *Profesores consultores*: profesores vinculados con la universidad, que tengan experiencia en el uso de Lean y Seis Sigma, puesto que su rol primordial será el de evaluador, entrenador y líder en el despliegue de la metodología integrada en la PyME.
- *Estudiantes de Ingeniería Industrial*: alumnos seleccionados para el proyecto primordialmente de acuerdo a su cumplimiento de requisitos académicos (Tabla 1) y que formarán un equipo con el personal de la empresa. Su rol principal es el de ejecución del proyecto, así como el brindar asesoría en el conocimiento de técnicas o herramientas poco conocidas por el personal de la empresa a lo largo de la aplicación de la metodología.
- *Centro de desarrollo profesional*: entidad o departamento que depende de la institución universitaria. Tiene como rol principal ser el primer contacto con las empresas, el recibir y canalizar solicitudes de proyectos así como de tener la gestión de contratos y seguimiento en cierres de proyectos.

4. Propuesta y resultados

La metodología se planteó en base a las siguientes etapas, mismas que se complementaron partiendo de una investigación hecha con anterioridad por este autor en PyMEs Tamaulipecas [13]:

- a. Diagnóstico.
- b. Planeación y proyección.
- c. Definición Detallada.
- d. Traducción.
- e. Análisis.
- f. Estado futuro.
- g. Estandarización y sesión.

Diagnóstico: la institución académica evalúa si existen condiciones mínimas tales como el Liderazgo y compromiso con el entrenamiento en la PyME para poder aplicar la metodología propuesta.

Planeación y proyección: se obtiene una definición clara de las necesidades de la empresa, un conocimiento profundo de sus clientes, un conocimiento detallado de su posición actual en el negocio. A través de un proceso de priorización de proyectos, los dirigentes de la PyME comparten información sobre propuestas y eligen el más conveniente.

Definición: se llega a una definición detallada del problema, un diagrama que represente claramente el proceso, un alcance específico del proyecto y un resultado financiero positivo para la empresa. La definición del equipo del proyecto es también muy importante.

Traducción: se estudian las variables involucradas en el proyecto tomando solo las importantes. Las herramientas son estadísticas pero no difíciles de usar al tener software como Excel o Minitab, el análisis en software estadístico puede ser hecho por uno o dos miembros del equipo, no todos necesitan saber de estadística.

Análisis: las variables elegidas se observan individual y grupalmente para detectar relaciones entre ellas. Se involucra una mayor complejidad al pasar de un mapeo a un análisis más científico con apoyo de la estadística.

Mejora: en esta etapa el equipo de trabajo experimentará con aquellas variables que afectan significativamente el proyecto, remueve las actividades que no generan valor y mide el efecto del cambio hecho en el proceso.

Estandarización y sesión: se busca que los cambios perduren a través de ayudas visuales, capacitación, manuales o controles que permitan que los cambios se ejecuten fielmente cada que los procesos se llevan a cabo.

La figura 1 muestra un diagrama en donde se aprecia cada etapa de la metodología que se aplicó en las 4 PyMEs, su secuencia cronológica y los involucrados en la misma. En el diagrama se ve como transversalmente a través de toda la metodología existe una combinación de conceptos y técnicas de lean y seis sigma. Los pasos sombreados en color **azul** son en los que la aplicación de herramientas o técnicas están ligados con Seis sigma, mientras que los pasos marcados en **verde** son del área de conocimiento de Lean, los pasos en color **gris** son aquellos en los que se presentan entrenamientos y técnicas en los que se abordan ambas metodologías.

Cada proyecto en la empresa tuvo una duración promedio de 20 semanas y sus cronogramas se estructuraron para ser congruentes con un plan universitario semestral que permitiera tener una evaluación para los alumnos y profesores.

Como se mencionó anteriormente los resultados del uso de la metodología propuesta se analizaron a través de una primera encuesta que consta de 68 preguntas, misma que respondieron las 4 PyMEs. Dicha encuesta centra sus preguntas en el aprendizaje, uso y resultados de la metodología en cada una de las 7 etapas mostradas en la figura 1.

De acuerdo a esta primera encuesta los líderes y personal de la PyME evaluaron cada pregunta utilizando una escala que va del 1 al 5, en donde el 1 significa un total desacuerdo y el 5 representa un total acuerdo y apego a la metodología. En la figura 2 se resumen los resultados de las 7 etapas para cada una de las 4 empresas.

Los resultados de las encuestas nos marcan que no existe una diferencia significativa entre lo percibido sobre el uso de la metodología entre empresas, ya que todas se colocan entre los 27.75 y 29.88 puntos de

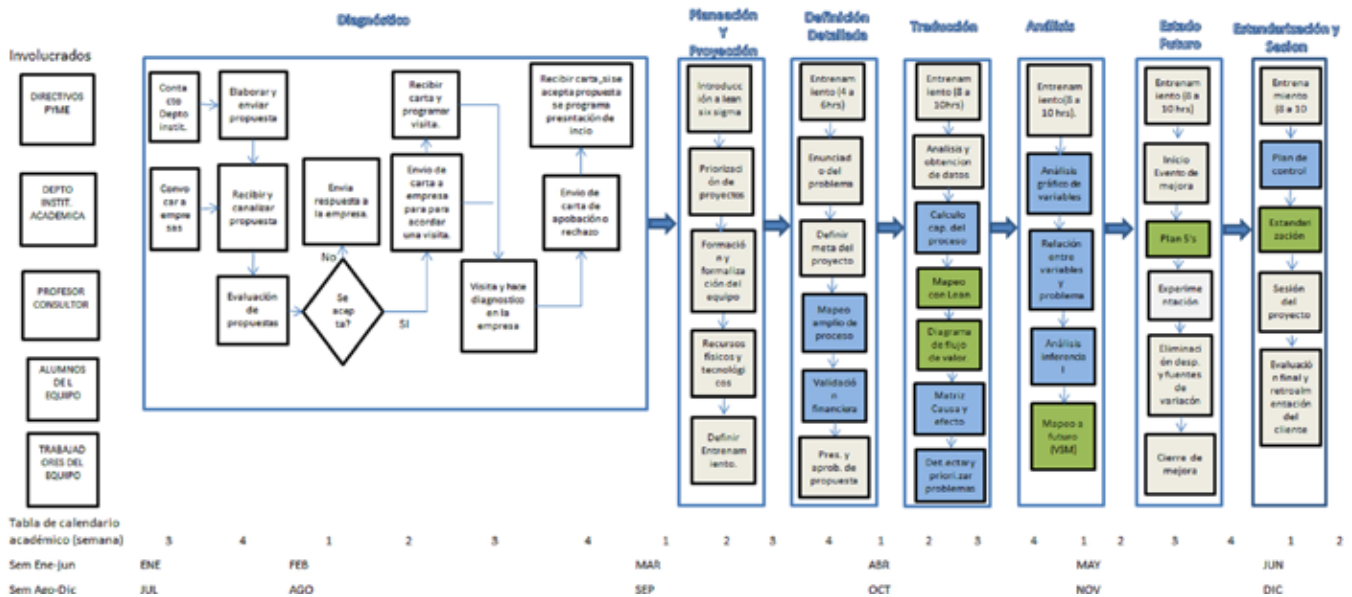


Figura 1. Diagrama de la metodología Lean Sigma en PyMEs con participación académica.

un máximo de 35 posibles, estos puntos resultan de sumar para cada empresa todos los puntos de cada una de las 7 etapas de la metodología propuesta. Los promedios globales para cada empresa, ya considerando las 7 etapas de la metodología de acuerdo al primer cuestionario de 68 preguntas son los siguientes: AP y CS se sitúan con 4.00 cada una, mientras que GA logró 4.03 y SB tuvo 4.27.

En términos puntuales de etapa por empresa, solamente en el caso de la empresa CS se tuvo una puntuación inferior a 3.0 en la etapa 1 de diagnóstico.

Al comparar los resultados promedio por etapa se observó como en la de diagnóstico existen mayores problemas con la aplicación de la metodología, al tener un puntaje promedio de 3.35, esto contrasta con el promedio de la etapa de estandarización y sesión en donde las empresas obtuvieron el valor más alto de 4.70.

Con un segundo cuestionario de 20 preguntas se intentó capturar la percepción de los participantes

de la empresa en el proyecto sobre factores considerados como claves para Antony J, Kumar M, Cho B [14] para el éxito y la posibilidad de replicar la metodología en éstas y otras empresas:

Resultados del proyecto: se asocia a la percepción de la consecución de resultados, solución del problema planteado con el proyecto y el control y mejora en procesos.

Desarrollo: se refiere a la percepción del valor que le dejó a la persona ejecutar este proyecto en el sentido del conocimiento más profundo de los procesos y de la metodología empleada.

Entrenamiento: se refiere a la percepción de haber aprendido sobre una metodología, software y herramientas utilizadas y afianzadas en base a la práctica del proyecto.

Intervención académica: trata de capturar la percepción del valor generado, la positividad de la experiencia y la posibilidad de que funcione en otras organizaciones la intervención de profesores y

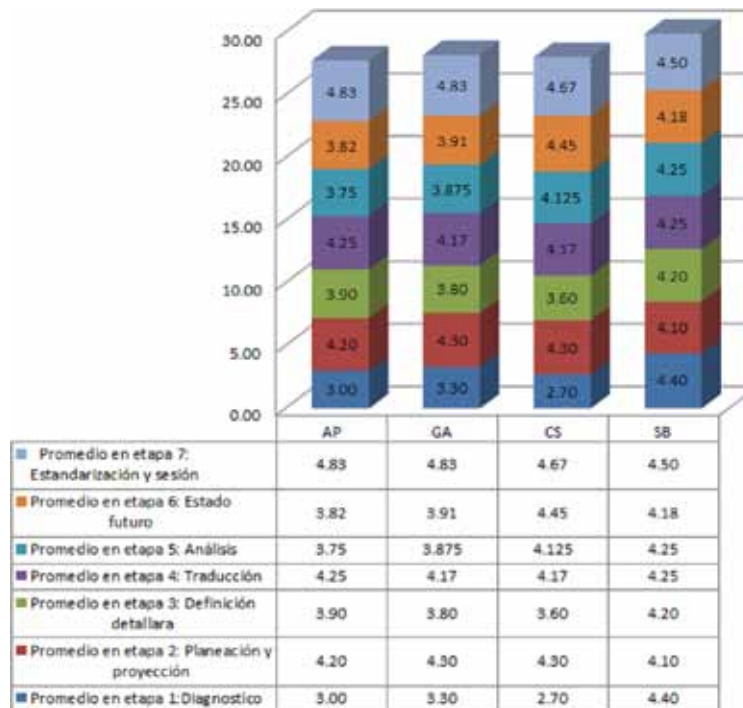


Figura 2. Gráfica comparativa de cada proyecto dividido por etapas.

alumnos de la institución académica en la empresa.

Modelo: trata de capturar la percepción del funcionamiento de la metodología empleada en este proyecto particular, así como la opinión de si funcionaría para otras empresas y si sería bueno implementarlo.

La figura 3 muestra los resultados de esta segunda encuesta, misma que se evalúa igual que la primera, en donde 5 es la puntuación más alta.

En términos de resultados de los proyectos la evaluación de las 4 empresas se considera positiva al ser de al menos 4 en todos los casos, por lo que existió una percepción de que los resultados, metas u objetivos del proyecto se cumplieron favorablemente.

En cuanto al desarrollo del personal que intervino en la aplicación de la metodología la percepción del aprendizaje que les dejó a los empleados este proyecto, así como lo nuevo que este les permitió descubrir de su empresa son las

áreas con más bajo puntaje, sin embargo ninguna con puntuaciones inferiores a 3.0, esto puede deberse a que ya se tenían identificados algunos de los problemas que generaron estos proyectos y a que la gente que intervino en los mismos tiene ya varios años trabajando en la empresa.

En términos de entrenamiento la percepción fue positiva en casi todos los casos, destacándose un puntaje un poco más bajo en la pregunta que se refiere a que no cualquier persona aunque tenga una preparación universitaria será capaz de aprender la metodología.

En cuanto a la participación de alumnos y profesores del ITESM en la metodología los resultados son positivos, destacándose la experiencia positiva que representó para el personal de la empresa trabajar con ellos y el aprendizaje y experiencia que consideran ganaron estos últimos al intervenir en un proyecto de su empresa.

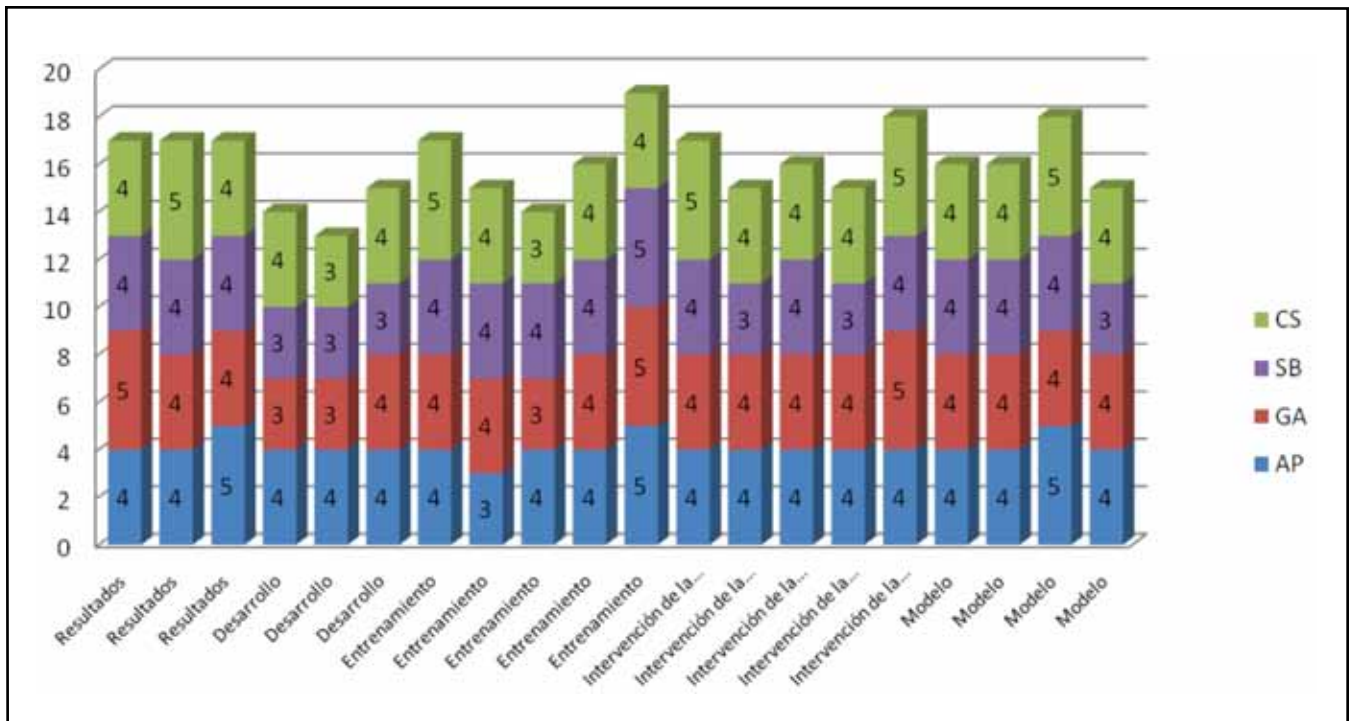


Figura 3. Resultados de la percepción de factores clave para el éxito de la aplicación de la metodología propuesta.

En lo referente a la aplicación de la metodología o modelo, los empleados destacaron la factibilidad técnica y económica del proyecto, la posible aplicación de la metodología en otras empresas que no necesariamente tengan un sistema de calidad implementado así como también el que si ellos en lo personal tuviera el poder de decisión de implementar un modelo como este en la empresa lo harían.

De los resultados obtenidos al efectuar una primera aplicación de la metodología propuesta a través de la documentación de lo sucedido en cada una de sus etapas y de los resultados de encuestas en las 4 PyMEs se concluye lo siguiente:

De la fase de diagnóstico:

- 3 de las 4 PyMEs no conocían lo que es Seis Sigma o Lean.
- En las 4 empresas se promueven cursos de capacitación y el desarrollo de nuevos proyectos.
- 2 de las 4 empresas están certificadas (o en su proceso) en ISO9000.
- Las 4 empresas cuentan con un departamento o responsable de la calidad de sus productos.
- A pesar de que una empresa tuvo puntuación inferior a 3.0 en esta etapa de diagnóstico, esta PyME igual que las otras 3 logro tener una evaluación global promedio de 4.0 o más en la metodología.

De la fase de planeación y proyección:

- Las 4 empresas obtuvieron resultados muy satisfactorios de esta fase (puntuaciones superiores a 4.0).
- La priorización y elección de proyectos es lo que más problemas les causó a las PyMEs.
- La capacitación en 3 de las 4 empresas fue superior a 40 horas, siendo únicamente menor a ese número de horas en la PyME en la que ya se tenía entrenamiento en Seis Sigma.

De la fase de definición detallada:

- Las 4 PyMEs estuvieron por encima del 3.5 de puntuación.
- El cálculo del beneficio de los proyectos y su validación se les dificultó a las PyMEs.

De la fase de traducción:

- Las 4 empresas obtuvieron resultados satisfactorios de esta fase (puntuaciones superiores a 4.0).
- A 1 de las 4 empresas se le dificultó más el identificar las actividades que generan valor en sus procesos, dado que no los tenían mapeados y ligados con las necesidades de sus clientes.

De la fase de Análisis:

- 2 de las 4 PyMEs obtuvieron puntuaciones superiores a 4.0. Las empresas que tuvieron más dificultades con los conceptos estadísticos lo subsanaron, con el apoyo del software, el entrenamiento y asesoría del profesor consultor.

De la fase de estado futuro:

- 2 de las 4 empresas tuvieron una puntuación superior a 4.0 en esta fase, estando las 2 restantes muy cerca de ello (3.82 y 3.91).
- Los resultados promedio más bajos se obtuvieron debido a las dificultades de organizar un evento de mejora y el entendimiento y aplicación de las 5's.

De la fase de estandarización y sesión:

- El cierre de la metodología fue para las 4 empresas muy bueno, teniendo todas unas puntuaciones igual o superior a 4.5 en la encuesta y destacando la entrega a los directivos de la empresa de la documentación, presentación y plan de control necesarios para que esta le dé seguimiento al proyecto.

5. Conclusiones

La contribución de este trabajo radica en que se presenta una alternativa para mejorar la competitividad de empresas PyMEs del Estado de Tamaulipas en México, teniendo un gran impacto potencial al ser estas empresas mayoría y las que en esencia sostienen al país en cuanto a empleo y generación de riqueza se refiere. La principal ventaja de la metodología planteada en esta primera aproximación radica en que es un esquema económico y que genera experiencia y aprendizaje para los empleados, profesores y estudiantes involucrados.

Esta primera aplicación muestra una metodología que puede ser utilizada a futuro por otras universidades y empresas de distintas regiones de México que tengan condiciones similares a las planteadas en la investigación. Algunas conclusiones que se dependen de este trabajo son:

- Seis Sigma y Lean son metodologías que se complementan, ambas son enfocadas a los requerimientos del cliente, al ahorro en dólares reales y pueden ser utilizadas en ambientes externos al de la manufactura como se ha mostrado en esta investigación al verse involucradas PyMEs del sector comercial y de servicios.
- No existe un conocimiento y aplicación importante de Lean y/o Seis Sigma en las PyMEs Tamaulipecas.
- No existe una metodología única para integrar Lean y Seis Sigma, los dos enfoques más comunes para integrarlas son el desplegar el DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar) añadiendo herramienta Lean a través de cada fase, y el de aplicar primero Lean (eliminar desperdicios) para luego atacar las fuentes de variación (Seis Sigma).
- Partiendo del DMAIC se puede estructurar una metodología que integre secuencialmente las herramientas más efectivas y sencillas que son usadas para Lean y Seis Sigma, teniendo de esta forma una propuesta para adaptarla a empresas con menos conocimientos y sistemas como las PyMEs.
- La primera aplicación de una metodología en 4 PyMEs Tamaulipecas incluye las fases de Diagnóstico, Planeación y proyección, definición detallada, traducción, análisis, estado futuro y estandarización y sesión, y muestra resultados positivos y visibles vía las encuestas aplicadas.
- Una curricula de Ingeniería Industrial como la del ITESM en donde existen asignaturas especializadas y con ejecución práctica de los temas de estas metodologías facilitó que el alumno tuviera el conocimiento y la experiencia para llevarlos a la práctica a través de proyectos de aplicación de la metodología propuesta.
- La Universidad requiere de profesores con experiencia en consultoría y con conocimientos equivalentes a un *Black Belt*, así como de alumnos capacitados en los temas de Lean y Seis Sigma. La curricula del ingeniero industrial del ITESM capacita al estudiante al sumar más de 200 horas (Tabla 1) de temas directamente relacionados con las metodologías, siendo este número de horas igual o superior al entrenamiento que ofrecen empresas consultoras para certificarse como *Black Belt*.
- La vinculación entre universidades como el ITESM Campus Tampico y las PyMEs Tamaulipecas facilita a estas últimas el aprendizaje de metodologías para ser más competitivas, esto mediante la ejecución de proyectos con base en la metodología integrada propuesta en este trabajo, de otra forma la PyME no tiene más que la opción de invertir de su capital para pagar servicios profesionales de consultores que puede llegar a costar alrededor de \$10,000 dólares.
- Los proyectos que se hicieron para esta primera aplicación de la metodología cumplieron con su meta establecida, generando un plan para controlar la mejora y viendo en este plan la posibilidad de tener más proyectos a futuro.
- El personal de las PyMEs que se involucró en la metodología aprendió más de su empresa, de la metodología usada y logró utilizar una nueva forma de resolver problemas.
- El entrenamiento impartido fue adecuado para afrontar este u otros proyectos. El uso del software contribuyó a asimilar los conceptos estadísticos de la metodología y a que cualquier persona con formación universitaria en ingeniería o negocios pueda aprender la metodología.
- La experiencia y participación en la empresa de profesores consultores y alumnos fue evaluada

como positiva, siendo sus conocimientos, ayuda y asesoría fundamentales para la aplicación de la metodología.

- La metodología resultó ser económica y factible para estas empresas PyMEs a pesar de tener giros diversos, y estar algunas ya certificadas o en proceso de hacerlo en sistemas de calidad tales como ISO9000.
- El balance de horas dedicadas promedio al proyecto para los alumnos fue de 16 horas semanales.
- Es necesario para el modelo que exista al menos un integrante de la empresa participando como miembro del equipo, siendo capacitado y teniendo dedicación de 8 horas en promedio a la semana para el proyecto.

Referencias Bibliográficas

- [1] Secretaría de Economía Mexicana. Observatorio PYME México [en línea], <http://www.observatorioPyME.com/encuestas-y-estudios/cifras-de-PyMEs/> [Consultado: 12 de enero 2012].
- [2] Stephen M. "Trimming waste? a guide to Six sigma, lean, and the theory of constraints", *Canadian Plastics*, Jan/Feb 2009; 67, 1; ABI/INFORM Global.
- [3] Womack J, Jones D. "From Lean production to the Lean enterprise", *Harvard Business Review*, Vol. 72 No. 2, pp. 93-103, 1994.
- [4] Harris B. "Service with a smile, Lean solutions extend beyond the factory floor", magazine, pp. 40-44. Agosto 2006.
- [5] Harry M, Schroeder R. *Six Sigma—The Breakthrough Management strategy revolutionizing the World's top Corporations*. Doubleday: New York, USA 2000.
- [6] Observatorio PyME México. *Primer reporte de resultados* [en línea], <http://www.economia.gob.mx/pics/p/p2760/ESTUDIOPYMESCIPI.pdf> (Consultado: 28 de Febrero 2012).
- [7] Promexico. *Los retos de las PyMEs dentro del comercio internacional*. [en línea], <http://www.promexico.gob.mx/comercio/retos-de-las-pymes-dentro-del-comercio-internacional.html>. [Consultado: 15 de marzo del 2012].
- [8] Fraser N. "Lean six Sigma applied to a customer services process within a commercial finance organization". *Management Services*, Autumn 2009;53,3:ABI/INFORM Global.
- [9] Evans J, Lindsay W. *The Management and control of quality*. Thomson South-Western, pp. 508 Estados Unidos, 2008.
- [10] Thomas A, Barton R, OkaforCh. "Applying Lean six Sigma in a Small Engineering company –A Model for Change". *Journal of Manufacturing Technology Management* Vol. 20 No. 1, pp. 113-129, 2009.
- [11] ITESM Campus Tampico [en línea], www.tam.itesm.mx [Consulta:2 febrero 2012].
- [12] Asociación Americana para la calidad (ASQ) [en línea], <http://www.asq.com.mx/> [consultado: 2 de mayo 2012].
- [13] Barbosa E, Gracia S, Dzul L. "Como mejorar la competitividad de las empresas Tamaulipecas?: Seis sigma, una alternativa para las pequeñas y medianas empresas". *Revista CienciaUat*, vol. 19, pp.56-60, Febrero 2011.
- [14] Antony J, Kumar M, Cho B. "Six sigma in service organizations: Benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 24 No. 3, p. 294-311, 2.