

# PROYECTOS QUE INTEGRAN INVESTIGACIÓN, VINCULACIÓN Y DOCENCIA PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

M. C. García Vargas<sup>1</sup>  
E. Marín Maya<sup>2</sup>  
L.A. Quiroz Granados<sup>3</sup>

## RESUMEN

Grandes corporaciones han sido creadoras de filosofías, sistemas y técnicas que tienen como objetivo la optimización del uso de los recursos. *Lean* es una de ellas, está basada en la eliminación de desperdillos generados en los procesos de manufactura; cuando se incluyen dentro del análisis a los desperdicios ambientales y a la prevención de impactos negativos en el entorno, se le denomina *Lean Green (LG)*.

La especialidad de ingeniería industrial del Instituto Tecnológico de Zitácuaro (ITZ) integra asignaturas que abordan esta filosofía. El objetivo es que el estudiante desarrolle la competencia para implementar LG en organizaciones manufactureras y de servicios; la táctica para desarrollar esta competencia es el diseño e implementación de proyectos vinculados a pequeñas organizaciones regionales del sector privado. En el presente artículo se exponen 4 proyectos de investigación vinculados al sector privado, donde participan estudiantes, empresarios y docentes. Se espera que el perfil de ingeniero se vea fortalecido, promoviendo la práctica de los conocimientos adquiridos durante la especialidad, en pro de la competitividad de las empresas y la minimización o la eliminación de riesgos e impactos negativos al ambiente, de tal manera que el joven se convierta en actor del desarrollo sustentable regional desde su formación como ingeniero.

## ANTECEDENTES

La vinculación, tanto como la docencia y la investigación, forma parte de los ejes rectores del Modelo Educativo del Siglo XXI del Tecnológico Nacional de México (TecNM). El modelo está basado en el desarrollo de competencias profesionales acordes con las necesidades de los sectores productivos y sociales (Tecnológico Nacional de México, 2014).

Ejemplo de esto es, la especialidad de *Lean Manufacturing (LM)* del programa de Ingeniería Industrial del ITZ, que tiene como fin la formación de profesionales que analicen, diseñen y mejoren sistemas de producción y servicio, aplicando principios y herramientas de la filosofía *Lean Green Manufacturing (LGM)* para reducir costos, eliminar desperdillos, reducir tiempo de entrega, aumentar satisfacción del cliente y cuidado de los recursos naturales que se utilizan en la organización, este último por ser factor estratégico en la supervivencia de la empresa en el mediano y/o largo plazo.

Para que los estudiantes de ingeniería desarrollen las competencias mencionadas en su perfil de egreso, requieren que la práctica acompañe a la teoría. Los laboratorios habían sido una opción, sin embargo, aunque son parte esencial en la educación superior, resultan insuficientes para lograr las competencias que actualmente requiere el mercado laboral, por tanto, se hace necesario vincular a la escuela con la empresa e involucrar al joven en la solución de problemas reales.

---

<sup>1</sup> Jefa de Investigación de Ingeniería Industrial y docente del Instituto Tecnológico de Zitácuaro migarcia97@hotmail.com

<sup>2</sup> Coordinador del Programa de Tutorías de Ingeniería Industrial y docente del Instituto Tecnológico de Zitácuaro ever\_77@outlook.com

<sup>3</sup> Presidente de Academia del Instituto Tecnológico de Zitácuaro luisqg@zitacuaro.tecnm.mx

En el presente artículo se exponen los esfuerzos que se están realizando para el fortalecimiento del perfil de egreso del Ingeniero Industrial, promoviendo que el estudiante aplique los conocimientos adquiridos en el aula en pro de la competitividad de las empresas, y la minimización o eliminación de riesgos e impactos negativos al ambiente, de tal manera que, se convierta en actor del desarrollo sustentable regional desde su formación como ingeniero.

Las preguntas de investigación planteadas son ¿Cuáles son las ventajas entre la práctica intramuros y la práctica vinculada con la industria para la formación de ingenieros?; ¿Quiénes son los beneficiarios de esta vinculación?, y ¿Cuáles son las competencias específicas y genéricas desarrolladas por los estudiantes en los proyectos específicos que se abordan en este artículo?

Entre las limitaciones para el desarrollo e implementación de proyectos integradores vinculados, se pueden mencionar el desajuste de los tiempos entre empresarios y docentes para la formulación de proyectos, y la coordinación entre docentes para la formación de equipos de estudiantes por diferencias entre grupos a los que pertenecen estos últimos.

Se espera que la aplicación de técnicas de *Lean Green Manufacturing* origine diversos beneficios para las tres partes interesadas.

- a) La primera es, el ingeniero en formación que obtendrá, además de experiencia en la implementación del proyecto, el fortalecimiento de las competencias específicas y genéricas.
- b) La segunda es, la empresa que estará en posibilidades de incrementar su productividad y eficiencia, a partir de la disminución o eliminación de despilfarros y desperdicios ambientales en todas las operaciones.
- c) La tercera parte interesada es, la academia que se acerca a la problemática de las empresas regionales y enfoca su cátedra a la resolución de casos reales.

La estrategia para implementar la triada “vinculación, docencia e investigación”, consistió en la generación de proyectos coligados con el sector privado de la región oriente de Michoacán, es decir, se estableció la vinculación con dos empresas del giro alimentario, una de giro publicitario y una cuarta del giro metalmecánico.

Los proyectos han sido diseñados por empresarios y docentes y están siendo desarrollados por estudiantes que cursan las materias de especialidad “*Lean Manufacturing*”.

Como parte del antecedente, y para garantizar una mejor comprensión de los proyectos que se abordan, se presenta a continuación un esbozo sobre LM.

*Lean Manufacturing* es una filosofía que surge de una mejora del sistema de fabricación, basada en la eliminación del despilfarro, entendiendo como despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y, por las cuales, el cliente no está dispuesto a pagar, unida a una cultura consistente en buscar obsesivamente la forma de aplicar mejoras en una planta de fabricación a nivel de puesto de trabajo y línea de producción, todo ello en contacto directo con los problemas y contando con la colaboración, involucramiento y comunicación plena entre dirección, mandos y trabajadores.

Esta filosofía se puede aplicar en áreas de producción, además en empresas de servicios como hospitales, oficinas, ventas, etc., para reducir costos, eliminar despilfarros, incrementar la productividad, aumentar la calidad y sus beneficios económicos ( McLean, 2015).

Por otro lado, *Lean Green Manufacturing* es una filosofía que aprovecha el esfuerzo realizado por LM, pero observa, además los desperdicios ambientales en el momento en que se desarrolla el mapeo de la cadena de valor para su posterior minimización o eliminación.

Otras actividades que se incluyen en *Lean Green Manufacturing* son el diseño de productos dirigido a minimizar los residuos y los contaminantes que tengan un impacto ambiental durante su ciclo de vida, sin comprometer otros criterios de productos esenciales como el rendimiento y el costo (Johansson & Sundin, 2014).

Esta concepción organización – ambiente es una de las principales áreas de interés del desarrollo económico actual, porque se ha convertido en un aspecto estratégico para la supervivencia de la empresa en el mediano y largo plazo.

El objetivo principal del enfoque *Green* es muy similar al de *Lean Manufacturing*, pretende una ventaja competitiva como organización, tomando en cuenta el cumplimiento de regulación y legislación ambiental, es decir, dentro de los objetivo se incluyen la sostenibilidad ambiental.

## METODOLOGÍA

Para desarrollar e implementar los proyectos de investigación que vinculan la academia con el sector productivo, se siguió un procedimiento que consta de dos fases:

- a) La gestión académica y administrativa para lograr la planeación y formalización de los proyectos.
- b) La implementación de las herramientas técnicas de *Lean Manufacturing* y *Lean Green Manufacturing*, para el desarrollo de las competencias específicas y genéricas del estudiante

### Procedimiento para la vinculación

- a) Buscar empresas interesadas en mejorar su productividad que estén localizadas en el municipio (para garantizar el fácil acceso de los estudiantes).
- b) Establecer contacto con los dueños o directivos para elaborar de manera conjunta los ante - proyectos.
- c) Presentar en la academia los ante - proyectos y relacionarlos con la o las asignatura(s) que incluyen en su temario las herramientas que pueden dar solución a los problemas empresariales detectados.
- d) Coordinarse entre titulares de la(s) asignatura(s) para definir los compromisos que se fincarán con empresario.
- e) Presentar plan de trabajo revisado entre los docentes de las distintas asignaturas para aprobación por el empresario.
- f) Involucrar al Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación para firmar el Convenio de Colaboración entre empresa-ITZ.
- g) Definir oportunidades para residencia profesional o equipos de trabajo de las diferentes materias.

- h) Organizar equipos de trabajo de las asignaturas involucradas, definiendo claramente los tiempos y los entregables.
- i) Implementar el proyecto por estudiantes de asignaturas y/o la residencia profesional durante el semestre.
- j) Entregar resultados del proyecto a empresario en las instalaciones del ITZ, donde presentan los estudiantes y evalúan el empresario (voz) y el docente (voz y voto).
- k) Elaborar reporte y presentación de resultados a la Academia de Ingeniería Industrial a final de semestre.

Las herramientas empleadas son: Plan de estudios del programa de Ingeniería Industrial, programa desarrollado de las asignaturas de la especialidad, formato para elaboración de anteproyectos, convenio de colaboración entre escuela y empresa, formato de plan de trabajo, diagrama de Gantt, formato de reporte técnico.

Los involucrados en el procedimiento son docentes, empresarios, jefe del Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación y jefe del Programa de Ingeniería Industrial.

### **Procedimiento de Lean-Green Manufacturing**

- a) Especificar valor, determinar qué es aquello por lo que está pagando el cliente
- b) Identificar la cadena de valor, determinar las actividades que comprenden la fabricación de un bien o servicio
- c) Crear flujo (eliminar las barreras que evitan que el valor fluya libremente y detectar los despilfarros para minimizar costos y desperdicios ambientales para minimizar impactos ambientales negativos)
- d) Crear Pull, producir siempre al ritmo que marca el cliente e implementar la técnica de kan ban
- e) Perfección, repetir el ciclo para acercarse a la perfección en cada iteración

Las herramientas empleadas son: diagrama de flujo macro (mapeo primer nivel), diagrama de flujo micro (mapeo segundo nivel), diagrama bimanual (mapeo tercer nivel); diagrama *Supplier Inputs Process Output Customer* (SIPOC); diagrama de alberca; mapeo de cadena de valor, identificación de los despilfarros, incluyendo indicadores ambientales, de higiene y seguridad y salud (EHS) por sus siglas en inglés, 5S's, Kaizen, trabajo estandarizado, kan ban, fabrica visual, Modo de Falla y Efecto (AMEF) y Mantenimiento Productivo Total (TPM), Cambio de herramienta en 10 minutos (SMED por sus siglas en inglés).

Los involucrados en el procedimiento son docentes, empresarios y estudiantes de Ingeniería Industrial.

## **RESULTADOS**

### **Empresas vinculadas**

En la Tabla 1 se presentan las 4 empresas interesadas en trabajar junto con estudiantes para la solución de problemas.

#### **Pequeñas empresas:**

1. La imprenta "Kreativos, soluciones gráficas" dedicada a la impresión de carteles y lonas.
2. Grupo de Metalúrgica de Zitácuaro dedicado a la fabricación, mantenimiento y construcción de naves industriales, al igual que todo tipo de soldaduras.

3. Panadería “La Favorita” dedicada a la producción de pan artesanal de la región.

#### Mediana:

1. Industrias Vía Láctea S.A de C.V. produce suplemento alimentario en forma de gomitas

**Tabla 1.** Vinculación con empresas regionales

| Tipo de empresa | Empresa                           | Giro  |
|-----------------|-----------------------------------|---|
| Pequeña         | Kreativos, soluciones gráficas    | Impresión de carteles y lonas.  |
|                 | Grupo de Metalúrgica de Zitácuaro | Fabricación, mantenimiento y construcción de naves industriales, al igual que todo tipo de soldaduras |
|                 | Panadería “La Favorita”           | Producción de pan artesanal de la región  |
| Mediana         | Industrias Vía Láctea S.A de C.V. | Producción de suplementos alimenticios  |

Nota: Fuente: elaboración propia (2019)

En todos los casos, se pretende diseñar un proceso de fabricación sustentable a partir de la investigación de los 8 despilfarros (lean), y los desperdicios ambientales durante la producción, e investigar y optimizar, a partir del diseño de experimentos, cuáles son las condiciones óptimas del proceso.

#### Asignaturas relacionadas en los proyectos

Se definió que en todos los proyectos se practicarán las competencias específicas de 3 de las asignaturas de la especialidad, las asignaturas seleccionadas fueron:

- a) *Lean Manufacturing*
- b) Sustentabilidad en *Lean Manufacturing*
- c) *Six Sigma*

La aplicación de las técnicas de Lean-Green- Six Sigma abarca 2 semestres, en el primero participan las asignaturas de *Lean Manufacturing I* y Sustentabilidad en *Lean Manufacturing*, y en el segundo semestre Six Sigma.

Durante la primera fase, comprendida entre el periodo enero-junio 2019, se aplicarán las técnicas de Lean y Green cuya característica es la sencillez para incrementar la probabilidad de implantación a cualquiera de los 4 proyectos de investigación vinculados.

- a) Administración de la cadena del valor, incluyendo la detección de áreas de oportunidad para desperdicios ambientales.
  - Identificar la cadena de valor de cada producto.
  - Mapear la cadena de valor.
- b) 5S's
- c) Medir los procesos y problemáticas definidas mediante:
  - 8 despilfarros
  - Desperdicios ambientales (EHS)
  - Análisis de Modo de Efecto y Falla (AMEF)
- d) Diseñar un sistema para mantener las mejoras aplicando
  - Trabajo estandarizado

- Fábrica visual
- Kaizen

Durante el periodo agosto-diciembre 2019 se aplicarán las técnicas de Six Sigma

- e) Controlar un sistema para mantener las mejoras a partir de:
- Análisis estadístico
  - Diseño de experimentos
  - Control Estadístico de Procesos (SPC)

### **Formalización del proyecto**

- a) Las empresas deberán comprometerse a recibir estudiantes de las distintas asignaturas y residentes profesionales del programa de Ingeniería Industrial (en caso de que un estudiante solicite su estancia en la empresa); trabajar de manera conjunta con los docentes investigadores; facilitar la información necesaria para realizar la investigación, y permitir que los estudiantes realicen las prácticas de la investigación dentro las instalaciones de la empresa
- b) La institución educativa se compromete a realizar la investigación y dar seguimiento hasta su conclusión, de acuerdo con lo establecido en el proyecto; asesorar a los estudiantes involucrados e informar los resultados técnicos obtenidos.

Para la realización de los proyectos se están haciendo uso de las instalaciones de las empresas y de ser necesario se utilizarán los diferentes laboratorios de la escuela.

### **Formación de equipos de estudiantes y selección de proyecto**

En el aula se formaron equipos entre 6 y 7 estudiantes que seleccionaron el proyecto en el que querían participar. La mayoría están cursando las 3 materias, por tanto, deberán dar resultados de las tres asignaturas en un solo proyecto.

### **Resultados esperados**

Para el empresario

- Que identifique y/o ratifique en su empresa, qué es aquello por lo que está pagando el cliente, además que identifique la cadena de valor, mediante la determinación de actividades que comprenden la fabricación del producto a partir de diagramas de flujo macro y mapas de la cadena de valor.
- Incremento de la productividad a partir de la eliminación de los despilfarros identificados durante el mapeo (eliminación de obstáculos dentro de sus procesos que evitan que el valor fluya libremente).
- Mejora en la gestión ambiental por la disminución o eliminación de impactos que son consecuencia de las actividades productivas de la empresa, por ejemplo, la reducción del consumo de recursos energéticos.
- Mejorar el cumplimiento de las regulaciones ambientales aplicables, estableciendo las bases para una certificación que los acredite como empresa ambientalmente responsable.

En la Tabla 2 se indican las metas planteadas y los entregables que se presentarán al concluir el proyecto, como evidencia del trabajo realizado.

**Tabla 2** Resultados para el empresario

| <i>Metas</i>   | <i>Entregables</i>  |
|--|---|
| <b>Definición de valor del cliente en la empresa</b> | ✓ Definición del valor del producto por lo que el cliente paga  |
| <b>Determinación de cadena de valor</b>              | ✓ Diagramas de flujo macro<br>✓ Mapeo de la cadena de valor   |
| <b>Incremento en la productividad</b>                | ✓ Identificación de los despilfarros detectados en la cadena de valor<br>✓ Propuesta e implementación para la eliminación de despilfarros   |
| <b>Mejora la gestión ambiental</b>                   | ✓ Identificación de los desperdicios ambientales detectados en la cadena de valor<br>✓ Propuesta e implementación para la eliminación de desperdicios ambientales<br>✓ Mejora la gestión ambiental y el cumplimiento de la normatividad |

Nota: Fuente: elaboración propia (2019)

### Resultados académicos

Se incorporaron 25 estudiantes en 4 proyectos; se presentaron dos anteproyectos para residencia profesional en la División de Estudios Profesionales y ambos fueron seleccionados por dos estudiantes de Ingeniería Industrial; se involucraron 3 asignaturas de la especialidad, *Lean Manufacturing*, Sustentabilidad en *Lean Manufacturing* y *Six Sigma*; se estableció el compromiso de enviar un artículo por cada una de las asignaturas, involucrando al empresario y a los estudiantes una vez que se hayan logrado resultados; se envió un artículo arbitrado de difusión a la XLVI Conferencia Nacional de Ingeniería, organizado por la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI), intitulada “La Formación de Ingenieros”, y se presentaron 4 memorias en extenso en el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Morelia 2019 en el mes de mayo, se presentarán los informes técnicos correspondientes a cada proyecto (4).

En la Tabla 3 se presentan las metas planteadas cuantitativamente y las cantidades logradas a la fecha.

**Tabla 3.** Resultados académicos

| <i>Metas</i>  | <i>Cantidad programada</i> | <i>Cantidad lograda al 01 de marzo de 2019</i> | <i>Observaciones</i>  |
|---|----------------------------|--|---|
| <b>Incorporación de estudiantes de licenciatura</b> | 25                         | 25   | Se incorporaron 25 estudiantes  |
| <b>Residentes profesionales</b>                     | 4                          | 4  | Se presentaron dos anteproyectos en la División de Estudios profesionales y fueron seleccionados por dos estudiantes de Ingeniería Industrial |
| <b>Asignaturas involucradas</b>                     | 3                          | 3  | <i>Lean Manufacturing</i><br>Sustentabilidad en <i>Lean Manufacturing</i><br><i>Six Sigma</i>   |

|  |   |            |   |
|--|---|------------|---|
| Artículos científicos enviados en revistas indizadas | 3 | pendientes | Hay el compromiso de enviar un artículo por cada una de las asignaturas, involucrando al empresario y a los estudiantes una vez que se hayan logrado resultados   |
| Artículos de divulgación enviados                    | 1 | 1          | El artículo arbitrado de difusión se envió a la XLVI Conferencia Nacional de Ingeniería, organizado por la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI), intitulada: "La Formación de Ingenieros" |
| Memorias en extenso en congresos                     | 4 | 4          | Se enviaron 4 memorias en extenso   |
| Informes técnicos                                    | 4 | 4          | Presentación formal del informe técnico al empresario   |

Nota: Fuente: elaboración propia (2019)

### Para el estudiante

El estudiante implementará los conocimientos aprendidos en las asignaturas y los aplicará en la práctica para la resolución de los problemas planteados, desarrollando las siguientes competencias específicas:

*Lean Manufacturing I:* Conoce, comprende y aplica la filosofía de Lean Manufacturing, describe el flujo de un proceso productivo a través de un mapeo del proceso, identifica y elimina los diferentes despilfarros existentes en un sistema, mediante la aplicación de herramientas Lean Manufacturing; desarrolla e implementa las actividades con valor agregado en el proceso.

*Sustentabilidad en Lean Manufacturing:* diseña e implementa sistemas de manufactura con iniciativas eficientes y sustentables.

*Six Sigma.* Aplica la metodología Six Sigma para la optimización de procesos industriales, a través del análisis cuantitativo y cualitativo del proceso, generando alternativas de solución y determinando la más adecuada de acuerdo a la metodología.

En la Tabla 4 se describen las competencias genéricas fortalecidas:

- a) *Competencias instrumentales*
- b) *Competencias interpersonales*
- c) *Competencias sistémica*

**Tabla 4. Resultados para el estudiante**

| Metas                                       | Desarrollo de competencias específicas  | Desarrollo de competencias genéricas  |
|---|---|---|
| <b>Aplicación de técnicas Lean</b>          | Diagramas de flujo macro<br>Mapeo de la cadena de valor (VSM)<br>5S<br>Identificación de los despilfarros detectados<br>AMEF<br>Trabajo estandarizado<br>Fábrica visual<br>Kaizen | ✓ Competencias instrumentales: capacidad de análisis y síntesis, de organizar y planificar, habilidades básicas de manejo de computadora, habilidades de gestión de información, habilidad para buscar y analizar, solución de problemas, toma de decisiones).<br>✓ Competencias interpersonales: Capacidad crítica y autocrítica, trabajo en equipo, tener compromiso con los valores y principios éticos. |
| <b>Aplicación de técnicas de Lean Green</b> | Diagramas de flujo macro<br>Mapeo de la cadena de valor (VSM)<br>5 S's<br>Identificación de los desperdicios ambientales  |   |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | Matriz de Leopold<br>Clasificación de Impactos Ambientales (IA)<br>causados por la actividad empresarial<br>Estrategias para minimizar IA | ✓ <i>Competencias sistémicas:</i> Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, habilidades de investigación, capacidad de aprender, capacidad de generar nuevas ideas (creatividad), poseer iniciativa al elaborar y resolver los problemas propios de los proyectos, dar enfoques de calidad al realizar el trabajo y búsqueda del logro |
| <b>Aplicación de técnicas de Six Sigma</b> | Análisis estadístico<br>Diseño de experimentos<br>Control Estadístico de Procesos (SPC)   |   |

**Nota:** Fuente: elaboración propia (2019)

## CONCLUSIONES

La implementación de los proyectos de investigación vinculados al sector privado es piedra angular para la formación de ingenieros del programa de ingeniería industrial, porque se garantiza que el proceso de enseñanza aprendizaje sea pertinente y efectivo, por añadidura hay más probabilidades de que el estudiante transfiera lo aprendido en otras situaciones.

Los beneficiarios son los estudiantes, por la consolidación de las competencias mencionadas en el perfil de egreso; los empresarios, por la resolución de problemas con la asesoría de académicos e ingenieros en ciernes, y la academia, por la actualización en su especialidad y adquisición de experiencia, que les permite mejorar su cátedra.

En todos los casos, los estudiantes desarrollaron competencias relacionadas con *Lean Green Manufacturing* y *Six Sigma* acorde a lo señalado en los programas de cada asignatura involucrada en los proyectos. Además, de competencias genéricas instrumentales, interpersonales y sistémicas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Johansson , G., & Sundin, E. (2014). “Lean and Green product development: two sides of the same coin?”. *Journal of Cleaner Production*, Vol. (8), 104-121
- McLean, T. (2015). *Grow your factory, grow your profits*. Boca Ratón Florida: CRC Press
- Tecnológico Nacional de México (2014). *Proyectos integradores para la formación y desarrollo de competencias*. México: Tecnológico Nacional de México