

REDUCIR EL DESPERDICIO: PENSAMIENTO LEAN APLICADO A LAS ASIGNATURAS DE INGENIERÍA TÉRMICA Y MÁQUINAS DE FLUIDOS

ARCE FARIÑA, María Elena ⁽¹⁾; REY GONZÁLEZ, Guillermo ⁽¹⁾

ÁLVAREZ FEIJOO, Miguel Ángel ⁽¹⁾; GÓMEZ RODRÍGUEZ, Miguel Ángel ⁽¹⁾

elena.arce@tud.uvigo.es

⁽¹⁾Centro Universitario de la Defensa. Escuela Naval Militar (Marín).

RESUMEN

La participación activa del profesorado en el proceso de enseñanza-aprendizaje constituye uno de los pilares sobre los que se sustentan los nuevos planes de estudio, lo cual exige el análisis del proceso de formación del alumnado. En este sentido, la filosofía Lean, originaria de Toyota, constituye una herramienta que permite a las instituciones determinar si responden de manera adecuada a las necesidades y expectativas de aquellos a los que se dirigen.

Así, la enseñanza, entendida como proceso, tendrá un mayor rendimiento cuanto mayor sea el resultado en comparación con los recursos empleados. Bajo este enfoque, mejorar la eficiencia del proceso formativo significará reducir la necesidad de un determinado recurso para conseguir el resultado necesario. Esto es, que los discentes adquieran las competencias que fija la memoria de título para cada una de las materias que compone el grado. El exceso en el consumo de recursos se considera desperdicio.

El objetivo, por tanto, del pensamiento Lean aplicado a la formación superior consiste en identificar y eliminar todo aquello que no añade valor al proceso: las fuentes de desperdicio.

Las etapas en las que se estructuró el análisis fueron cuatro: identificar lo que los estudiantes esperan del proceso formativo en las asignaturas de Ingeniería Térmica y Máquinas de Fluidos del Grado en Ingeniería Mecánica, calcular el valor de la formación, identificar todos los pasos del proceso y, por último, utilizar técnicas Lean para generar soluciones y mejorar el rendimiento futuro del proceso. Se identificaron cuatro categorías de desperdicio: personas, procesos, información y activos.

Palabras clave: Técnicas Lean, proceso enseñanza-aprendizaje, estudiantes,

1. Introducción

Aunque las universidades están dando los primeros pasos en la aplicación de metodologías Lean, han sido varias las universidades que han adoptado planes de mejora basados en Lean. Entre las principales cabe destacar la Universidad de Wisconsin-Madison, la Universidad de Cardiff, la Universidad JiaoTong, la Universidad de St Andrews y la Universidad de Oklahoma Central.

A través de equipos de proyecto fueron capaces de eliminar los tiempos ocupados en procesos innecesarios, permitiendo focalizar los esfuerzos en la docencia. Los equipos desarrollaron proyectos que involucran a todas las asignaturas y departamentos permitiendo analizar la situación actual, y definir las actuaciones necesarias para alcanzar el estado futuro deseado. Es fundamental que los equipos permitan promover un ambiente de trabajo en el que los integrantes de los mismos se encuentren con libertad de proponer e innovar [1].

El pensamiento Lean procede de la estandarización de los principios que rigen el sistema de producción de Toyota (Toyota Production System, TPS), que tiene como objetivo elevar la eficiencia a través de la reducción sistemática de muda (desperdicio) [2]. En general, se considera que solamente el 5% de las actividades productivas aportan valor al cliente. Del 95% restante, un 30% son actividades que no aportan valor pero son necesarias y el resto son actividades innecesarias.

A los siete tipos de desperdicios Lean considerados en un principio: sobreproducción, transporte, etc., se deben añadir otros aspectos importantes en el caso de una entidad educativa: el desaprovechamiento del potencial de las personas, los errores de comunicación y la burocracia, que podrían ser considerados como el octavo desperdicio [3].

Un concepto fundamental, alrededor del cual gira toda la metodología aplicada, es el de cliente. Cliente, en una entidad educativa, puede ser entendido como la sociedad, por cuanto necesita de profesionales formados y útiles dentro de las industrias, empresas e instituciones públicas nacionales. También podría ser considerado cliente el propio alumno, por cuanto paga, en todo o en parte, el coste de su propia formación. Sin embargo, suponemos que no existen diferencias importantes entre una u otra opción, por cuanto el objetivo último del estudiante suele estar relacionado con su empleabilidad por parte de los primeros. Dicho esto, se puede definir “valor” como todo aquello que el cliente requiere, que forma parte de las características de un bien o servicio que son consideradas importantes por este.

Muchas de las herramientas desarrolladas para apoyar la implantación en las empresas de metodologías Lean pueden ser usadas en el ámbito educativo [4]:

- El diagrama de Ishikawa puede ser utilizado para analizar una posibilidad de mejora o analizar una carencia en la formación detectada en la salida de los alumnos de la institución.
- El análisis de las 5S permite eliminar lo innecesario de los planes formativos y crear estándares de formación y mejora
- El mapa de flujo de valor (VSM) permite crear un esquema en el que podamos distinguir las tareas necesarias (que aportan valor o que no lo hacen) y las actividades innecesarias. Con este mapa, se podrá establecer un plan de mejora y mantener actualizada la situación actual y la final deseada.
- El análisis 6Sigma implica un control estadístico del proceso de mejora, permitiéndonos conocer el grado de mejora continua alcanzado.

A continuación se establece como se relacionan los principios que rigen la metodología Lean con las actividades que se podrían desarrollar dentro de la metodología docente.

Tabla 4: Principios metodología Lean y actividades metodología docente.

1	Definir el valor desde la perspectiva del cliente. El valor solamente puede definirlo el cliente final, y como es sabido, debe ser conseguido al precio y en el plazo acordado.	El valor para la sociedad será entregar unos alumnos con los conocimientos y competencias requeridos a través de los planes de estudios. Es decir, la universidad debe formar a los alumnos en los principios Lean.
2	Identificar el flujo de la cadena de valor. En este flujo se hará mención solamente a las tareas necesarias (que aportan valor) que permiten conseguir la formación con los objetivos indicados	El flujo de cadena de valor estará formado por las acciones que permitan a un alumno de nuevo ingreso alcanzar los conocimientos y competencias necesarios, interrelacionando las formaciones regladas a través de las asignaturas con las actividades que le permitan alcanzar las competencias transversales necesarias para cualquier profesional
3	Optimizar el flujo de valor. Dado que no disponemos de medios materiales, técnicos y humanos ilimitados, deberemos intentar reducir progresivamente la cantidad de medios utilizados para alcanzar los objetivos propuestos	Una vez conocida la cadena de valor, necesitaremos eliminar los contenidos innecesarios (aplicando la técnica 5S), duplicados, etc. que suponen un desperdicio en el proceso actual
4	Permitir que el cliente “tire” (PULL), de manera que obtenga los alumnos formados en el momento y número en el que son requeridos	En vez de partir de la idea que la universidad tiene de cómo debe ser el producto entregado a la sociedad, debe ser ésta la que defina cuántos profesionales necesita de cada perfil y de las características de dicho perfil. Será a partir de ese número y características cuando se definirán el último curso, el penúltimo, etc., así hasta unir el producto final con el estudiante de primer curso
5	La búsqueda de la perfección. Una vez conocidos de manera exacta los requisitos del cliente se deben utilizar métodos de medida de la mejora temporal de nuestros procesos en la búsqueda de su cumplimiento	Los sistemas de calidad de la universidad deben medir el grado de cumplimiento de los requerimientos del cliente, así como del grado de cumplimiento de los mismos

Una de las principales características de Lean es el empoderamiento de todos los actores implicados en el proceso. Los alumnos, actor principal de su propio proceso de aprendizaje, deben participar en la identificación de los puntos de mejora en su formación.

Es por ello que en este trabajo se pretenden analizar diversos aspectos de la formación de un alumno desde diferentes puntos de vista, entre los que destacan: qué aspectos son percibidos por el propio alumno como parte de la cadena de valor de su formación y cómo se pueden optimizar y/o reorientar los recursos disponibles para mejorar el proceso de formación.

2. Objetivos

En el diseño de este trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Analizar el grado de utilidad percibida por los alumnos en relación a la docencia recibida
- Conocer el número de horas semanales dedicadas al estudio de las materias
- Calcular el valor de la formación
- A través de técnica Lean generar soluciones de mejora del proceso formativo

3. Método de trabajo

3.1. Descripción del proceso

Uno de los apartados fundamentales de cualquier diseño didáctico es el referido a cómo se enseñan los contenidos de la materia [5], para lo cual, el profesorado ha propuesto la utilización de cuatro métodos. Aun cuando cada uno de ellos tiene sus propias ventajas e inconvenientes por separado, su utilización está, en buena medida, determinado por la complementariedad de los mismos. Sin embargo, no siempre se pueden utilizar dadas las características de la asignatura y los medios disponibles. Buen ejemplo son las asignaturas que nos ocupan: Máquinas de fluidos e Ingeniería Térmica, ambas impartidas en el segundo cuatrimestre del tercer curso de grado.

Obviamente, cualquier proyecto didáctico está sujeto a las limitaciones presupuestarias del propio centro, en este caso el Centro Universitario de la Defensa (CUD). La escasez de material y de personal impiden llevar a cabo muchas de las recomendaciones didácticas más generales. Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, en la Figura 1 se resume de forma esquematizada las metodologías docentes aplicadas en estas materias.

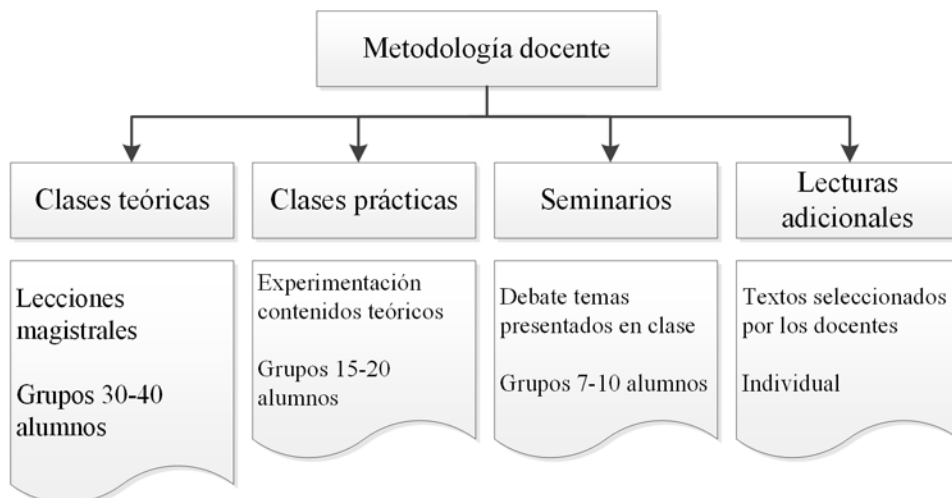


Figura 1: Metodologías docentes

3.2. Opinión estudiantes

Participantes

Han participado 22 estudiantes en la asignatura de Ingeniería Térmica y 30 en la asignatura de Máquinas de fluidos. Todos los participantes cursan el tercer año del grado de Ingeniería Mecánica del Centro Universitario de la Defensa (adscrito a la Universidad de Vigo).

Procedimiento y diseño

Se ha aplicado un cuestionario elaborado ad-hoc que evalúa la utilidad percibida por los estudiantes en relación a las asignaturas de Máquinas de fluidos e Ingeniería Térmica, que consta de 7 preguntas abiertas y una cuestión vinculada al número de horas semanales dedicadas a la asignatura (incluyendo dentro de éstas las horas presenciales: teoría, práctica y seminarios). Para la elaboración del cuestionario se tomó como referencia el cuestionario elaborado por Mazur para evaluar la satisfacción del alumnado con la docencia [6]. En la Tabla 2 se muestra la ficha de la encuesta.

Tabla 5: Cuestionario utilidad percibida de la docencia.

	Pregunta
1	¿Qué espera aprender en esta asignatura?
2	¿Para qué cree que le van a servir los conocimientos aprendidos en esta asignatura?
3	¿Para qué le van a servir las clases de teoría? (¿Qué espera de las mismas?)
4	¿Para qué le van a servir las clases de prácticas? (¿Qué espera de las mismas?)
5	¿Para qué le van a servir las clases de seminarios? (¿Qué espera de las mismas?)
6	¿Para qué le van a servir los apuntes/libros de texto? (¿Qué espera de los mismos?)
7	Algún comentario que crea importante añadir de cara la mejora de la dinámica de esta asignatura

El pase del cuestionario de actitudes hacia el uso de SRP fue realizado tras finalizar la última sesión práctica. Los participantes cumplieron de forma voluntaria el cuestionario, garantizando el anonimato y el cumplimiento de todos los cánones establecidos por la Ley Orgánica 15/99 de Protección de Datos de Carácter Personal.

Una vez recogidos los cuestionarios y transcritos, se llevó a cabo un análisis preliminar de la información en base al modelo de análisis cualitativo de Strauss & Corbin de la Grounded Theory [7]. La fase final de análisis, en la que se estableció la estructura de las dimensiones codificadas fue realizada por un docente encargado, estableciéndose ésta de manera definitiva.

4. Resultados alcanzados

Metodologías docentes

Para el análisis de las metodologías docentes se utilizó una matriz DAFO, circunscribiéndose únicamente al análisis interno.

- Clases teóricas

Tabla 6: Fortalezas y debilidades de la metodología actual de las clases teóricas

Debilidades	Fortalezas
<ul style="list-style-type: none"> • Posible actitud pasiva del alumnado • Necesidad de estar tomando apuntes 	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación de un gran número de temas en poco tiempo • Profundización a través de una visión específica de la materia que permite también un tratamiento de carácter global • Acercamiento al alumno a fuentes y contenidos de difícil acceso

- Clases practicas

Tabla 7: Fortalezas y debilidades de la metodología actual de las clases prácticas

Debilidades	Fortalezas
<ul style="list-style-type: none"> • Posible descoordinación con el programa teórico 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfrentar al estudiante a simulaciones de la realidad

- Seminarios

Tabla 8: Fortalezas y debilidades de la metodología actual de las clases prácticas

Debilidades	Fortalezas
<p>Alta dependencia del estudio autónomo del alumnado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permite seguimiento individualizado

- Lecturas recomendadas

Tabla 9: Fortalezas y debilidades de la metodología actual de las clases prácticas

Debilidades	Fortalezas
Alta dependencia del estudio autónomo del alumnado	<ul style="list-style-type: none"> • Ayudan a familiarizar a los alumnos con trabajos relevantes en la disciplina, y evitar que se limiten a repetir las interpretaciones dadas por terceras personas

Utilidad percibida por el alumnado

En la Figura 2 se muestra una jerarquía con los resultados del análisis cualitativo practicado a las encuestas. Del análisis de los resultados se desprende que los seminarios deberían ser reenocados, pues el objetivo último de éstos no es que los alumnos los perciban como un tipo de clases en las que se enfoca el examen.

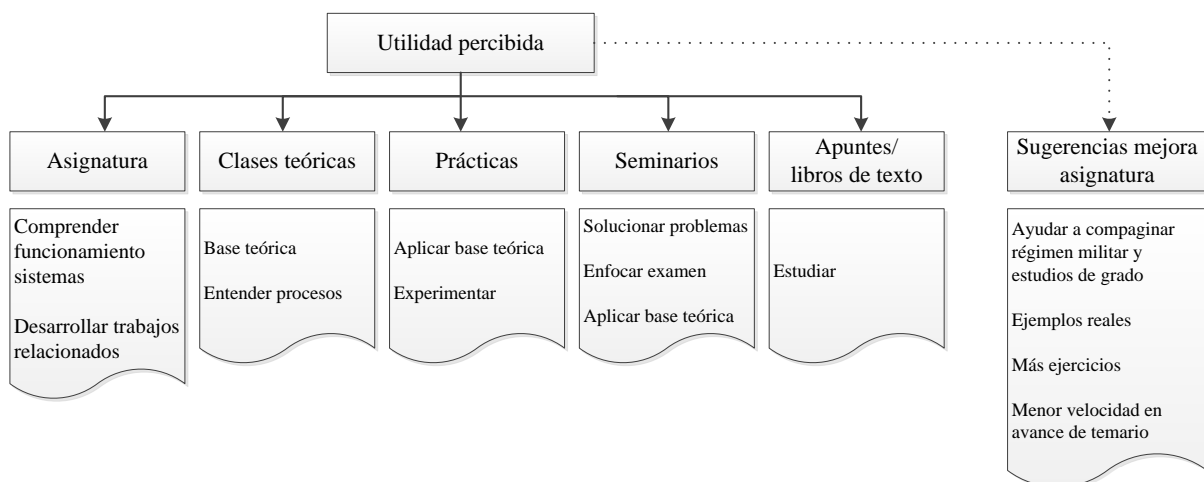


Figura 2: Resultados análisis cualitativo

En relación a las horas dedicadas al estudio de la asignatura, se concluye que los alumnos dedican semanalmente una media de 8,18 horas (SD 4,83). Si se descuentan las horas presenciales, 3 horas a la semana, se obtiene que los alumnos dedican poco más de 5 horas semanales al estudio de la asignatura de forma autónoma fuera del aula. Este dato es claramente insuficiente si se tiene en consideración el ratio de horas que establece en la Universidad de Vigo cuando se implantó el sistema de créditos ECTS (1h presencial – 25h de trabajo autónomo).

5. Conclusiones

Los resultados del cuestionario que han respondido los alumnos muestran algunos de los enfoques hacia los cuales se debe orientar en proceso de enseñanza-aprendizaje basado en la filosofía Lean. Las respuestas muestran a los docentes qué consideran útil los alumnos, que parte aprovechan, pero también que se podría hacer para mejorar.

El objetivo de estos cuestionarios es mejorar la correspondencia entre las metodologías docentes utilizadas y las preferencias de los alumnos en su aprendizaje. Una vez aplicados los cambios propuestos deberá realizarse un seguimiento, por medio de nuevos cuestionarios, que permitan conocer el nivel de desempeño y satisfacción de los alumnos.

Como se ha podido observar, consideran esencial la clase teórica para entender los conceptos y los procesos. Los seminarios también son importantes para aplicar los conceptos y resolver problemas de la asignatura. Sin embargo, las clases prácticas consideran que, aunque les sirven para conocer experimentalmente mecanismos y máquinas, se deberían reducir las horas en favor de clases de seminarios, puesto que los problemas que se plantean y resuelven son de mayor utilidad de cara a la evaluación.

Pero a lo que se le ha prestado especial atención es a las sugerencias que han proporcionado. Destacan:

- La necesidad de que la presentación de los contenidos no sea tan rápida. Para lo cual, se plantea estudiar los contenidos de la materia, identificando cuales son esenciales y cuales superfluos, y ver cuales se pueden reducir.
- Por otro lado, está la particularidad de coexistir simultáneamente en este centro la enseñanza de un Grado con la formación militar. Lo cual implica una dificultad añadida a los alumnos, que ven reducidas sus horas de estudio no presenciales.

Como soluciones a estos dos problemas esenciales planteados se propone la creación de equipos Lean de proyecto que puedan abordar la mejora continua de la organización desde una perspectiva global eliminando muda y permitiendo a la universidad centrarse en la enseñanza y en la investigación.

Es importante seleccionar, entre los miembros de estos equipos, a personas con experiencia y conocimientos en metodologías de mejora continua que puedan actuar como dinamizadores de los mismos. En el caso de no poder disponer de dicho personal experto en metodologías Lean proponemos acudir a asesores externos que puedan organizar y dirigir los trabajos que, de manera continua, desarrollan los equipos Lean.

Los equipos de proyectos deben ser interdisciplinarios (docentes de diferentes áreas que permitan tener una visión global del objetivo final a alcanzar) y, a poder ser, estar formados por personal de todas las unidades, tanto universitarias como no universitarias (personas auxiliar de administración y servicios, por ejemplo).

Para conseguir que el alumno obtenga el mejor aprovechamiento de los recursos que la universidad pone a su disposición, estos deben saber, exactamente, que se espera de ellos, en lo relativo a las competencias a alcanzar, y en qué plazos y con qué mecanismos de evaluación deberán demostrarlo.

Además, y tal como han indicado en muchas encuestas los alumnos, las asignaturas universitarias tienen mucho contenido que puede ser considerado “muda”, contenidos duplicados o innecesarios en la consecución de las competencias correspondientes a la materia evaluada.

Entre las posibles soluciones propuestas para las clases teóricas:

- Generar debates: iniciar la clase con un breve y atractivo resumen o con un relatorio de preguntas; usar en la presentación ejemplos prácticos y formular preguntas (o lo que es lo mismo, guardar una relación adecuada entre los niveles de abstracción y de concreción); alabar a los alumnos participativos; y, para terminar, abrir un turno de preguntas.

- Entregar al inicio de la exposición de cada tema un guión-esquema de sus contenidos acompañado de las referencias de la bibliografía seleccionada para su estudio con lo que se pueden lograr dos efectos importantes: se proporciona al alumno una impresión global de los contenidos a que se van a enfrentar y, por otra parte, el alumno sabrá inmediatamente y con toda claridad y exactitud cuál es el artículo, capítulo, etc. que contiene los conocimientos que debe aprender.

Y para las clases prácticas:

- Realizar un seguimiento individualizado del alumno, aunque éste trabaje en grupo, a fin de comprobar contigua y contingentemente los logros y, sobre todo, los déficits en la comprensión y/o manejo de los contenidos y aplicaciones tratadas. En las mentadas asignaturas se concreta en el diseño de diferentes informes explicativos de procesos.

6. Referencias

- [9] EMILIANI, M.L. *Origins of Lean management in America: the role of Connecticut businesses*. Journal of management History, 2006, vol. 12, pp. 167-184.
- [10] ARAÚJO, P. "*Universidades Lean*": *Contribución para la reflexión*. Revista de la educación superior, 2011, 40, pp.135-155.
- [11] WOMACK, J.P., JONES, D.T. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon and Schuster, 2010.
- [12] BALZER, W.K. *Lean higher education: Increasing the value and performance of university processes*. New York: CRC Press, 2010.
- [13] DYM, C., AGOGINO, A., ERIS, O., FREY, D., LEIFER, L. *Engineering design thinking, teaching, and learning*. Journal of Engineering Education, 2005, vol. 94, pp. 103-120.
- [14] MAZUR, E. (1997). *Peer instruction*. New Jersey: Prentice Hall, 1997. 254 p.
- [15] STRAUSS, A. CORBIN, J.. *Grounded theory methodology. An overview*. In N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of qualitative research* (pp. 273-285). CA: Sage Publications, 1994.