

# Proyecto MINENERGYDESIGN: modelo de aplicación de la metodología Design Thinking en el aprendizaje en la gestión de proyectos de ingeniería

## MINENERGYDESIGN project: Application model of the Design Thinking methodology in learning in the management of engineering projects

Bernardo Llamas<sup>1</sup>, Marcelo F. Ortega<sup>2</sup>, Fernando Barrio-Parra<sup>2</sup>, María Jesús García-Martínez<sup>2</sup>, David Bolonio<sup>2</sup>, Yolanda Sanchez-Palencia<sup>2</sup>, Miguel Izquierdo<sup>2</sup>, Ángel Cámara<sup>2</sup>  
bernardo.llamas@upm.es, mf.ortega@upm.es, fernando.barrio@upm.es, mj.garcia@upm.es, david.bolonio@upm.es, yolanda.sanchezpalencia@upm.es, miguel.izquierdo@upm.es, angel.camara@upm.es

<sup>1</sup>Departamento Ingeniería Geológica y Minera  
ETSI Minas y Energía. Universidad Politécnica de Madrid.  
Madrid, España

<sup>2</sup>Departamento Energía y Combustibles  
ETSI Minas y Energía. Universidad Politécnica de Madrid.  
Madrid, España

**Resumen-** La gestión de proyectos en ingeniería se está transformando hacia un proceso dinámico y ágil, donde la interacción e iteración continua con el cliente/usuario es una realidad. Para el éxito del proyecto, y la resolución del problema de ingeniería, se deben considerar nuevas herramientas de aprendizaje, donde el alumno debe trabajar entre otras competencias, la creatividad (aplicada a la resolución de problemas), el trabajo en equipo, la comunicación y el liderazgo. El objetivo de este trabajo es mostrar cómo la metodología Design Thinking incrementa el aprendizaje en el área de gestión de proyectos proponiendo una sencilla iteración en tres etapas hasta alcanzar un prototipo funcional. De esta forma, el alumnado adquiere de una forma práctica las competencias demandadas por el entorno profesional, permitiendo tener una primera aproximación y experiencia en aula sobre la gestión de proyectos.

**Palabras clave:** *Design Thinking, creatividad, equipos de trabajo, gestión de proyectos de ingeniería.*

**Abstract-** Project Management in engineering fields is being transformed towards an agile management, where the interaction with the client / user and iteration is a constant. For the success of the project, and the resolution of the engineering problem, new learning tools must be considered, where the student must work, among others, creativity competences (applied to problem solving), teamwork, communication and leadership. This paper shows how the Design Thinking methodology increases learning in the area of project management, in this case, proposing a simple iteration in three stages, until reaching a functional prototype. The students in this way acquire in a practical way the competences demanded by the professional environment, allowing to have a first approximation and classroom experience on the management of projects.

**Keywords:** *Design Thinking, creativity, teamwork, project management.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El contexto de la gestión de proyectos está avanzando hacia nuevas metodologías ágiles y dinámicas. Este impulso parte como forma de adaptar los proyectos de ingeniería al constante cambio tecnológico.

En este sentido, el desarrollo de un proyecto de ingeniería muchas veces parte de la identificación de una oportunidad en el mercado (identificación de usuarios) o la definición de una necesidad (de un cliente), donde el problema no ha sido ni tan siquiera enunciado.

La metodología Design Thinking ofrece una especial sensibilización para la planificación de proyectos de una forma ágil, desarrollando estos mediante un proceso iterativo. Si bien la metodología surge en los años 60 del pasado siglo, su impulso tuvo lugar al ser utilizada por la consultora IDEO como herramienta para fomentar la innovación (Brown & Wyatt, 2010).

En el caso del presente estudio, se trata de particularizar la metodología Design Thinking a proyectos de ingeniería, especialmente a aquellos relacionados con la energía y explotación de recursos naturales.

Para este caso, se deben realizar las siguientes dos consideraciones, que diferencian la metodología aquí propuesta frente a las metodologías ágiles de gestión de proyectos:

- No todas las iteraciones entregarán al final de ciclo un producto de valor. Por el contrario, se trata de ir desarrollando soluciones más cercanas al mercado. Se podría entrelazar el concepto de “desarrollo de tecnología” (Technology Readiness Level, TRL; NASA webpage) y la iteración en un proyecto.

- Considerando las limitaciones de todo proyecto (alcance técnico, tiempo y coste) cada iteración requerirá de un mayor consumo de recursos (que se relaciona con el tiempo y costes).

Por ello, la metodología desarrollada y aplicada en diferentes asignaturas de los másteres impartidos en la ETSI de Minas y Energía de la UPM particulariza y establece las metodologías adecuadas para aplicar iteraciones bajo el principio Design Thinking. Los resultados alcanzados son muy positivos. La hipótesis de trabajo es que el alumnado tendría mayor implicación en el aprendizaje y se obtendrían resultados que (i) son modelos de negocios contrastados bajo el concurso de ideas propio de la UPM (Actúa UPM) u (ii) ofrecen una solución innovadora tangible (generación de protección intelectual).

## 2. CONTEXTO

El trabajo de investigación se enmarca en el proceso de mejora continua que la ETSI de Minas y Energía tiene implantado. En concreto y, dada la importancia del área de gestión de proyectos, se establece en este trabajo el objetivo de establecer una metodología de implementación de soluciones novedosas en un proyecto: de una idea a un proyecto.

Para ello, se considera como objetivo adecuar el método Design Thinking a la idiosincrasia de los proyectos de ingeniería relacionados con la explotación de recursos y energía.

El público objetivo del trabajo es el estudiante, futuro profesional y grupos de interés del área de ingeniería. En particular aquellas ingenierías relacionadas con recursos naturales y energía, donde el desarrollo de proyectos de forma iterativa conlleva mayores costes en cada iteración.

## 3. DESCRIPCIÓN

### A. Gestión de Proyectos

Es posible describir el ciclo de vida de un proyecto mediante dos bloques diferenciados: (i) transformación de una idea a un proyecto y (ii) desarrollo del proyecto. La primera de las etapas (generación de ideas, definición de objetivos, diseño y aprobación de financiación) es la que requiere una mayor creatividad y búsqueda de soluciones innovadoras que generen una propuesta de valor (Figura 1).

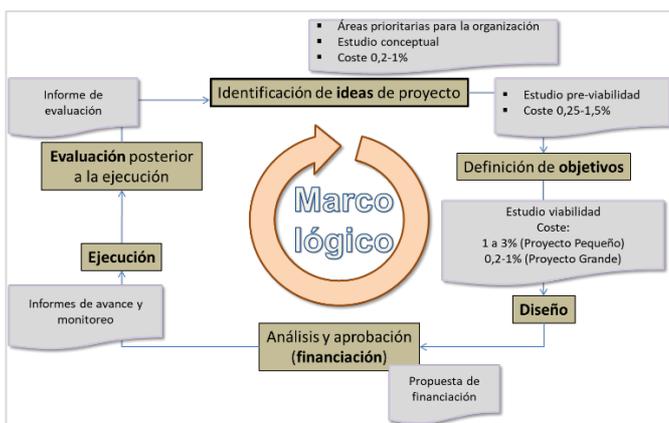


Figura 1. Marco lógico de un Proyecto. (Storch et al., 2018)

En el contexto actual, entorno cambiante, el ciclo de vida está muy relacionado con la cercanía al usuario y/o cliente. De esta

forma, los proyectos se construyen mediante iteraciones donde cada iteración ofrece valor al usuario/cliente, asumiendo los principios de gestión de proyectos mediante metodologías ágiles (Scrum, Kanban, y otros) (Cervone, 2011; Padmanabhan, 2018; Cooper and Sommer, 2018). Sin embargo, en proyectos relacionados con la ingeniería de minas y/o energía no es posible iterar y generar en cada iteración un producto valorable. En este caso, sí se puede conseguir como resultado un paso más en el escalado de la innovación, descrito mediante la escala TRL. Asumiendo los principios de la gestión ágil de proyectos, se puede fijar dos de los tres ejes que definen un proyecto: alcance técnico, coste y tiempo, siendo el tercer eje el que define el cliente en base al número de iteraciones que se desean ejecutar.

### B. Design Thinking

El Design Thinking (DT) es un método de innovación y resolución de problemas centrado en el usuario (Tschimmel, 2012; Castillo-Vergara et al, 2014). Son las personas quienes eligen el producto o servicio y la solución a sus problemas, al contrario de cómo ocurriría en las formas de diseño tradicional. El proceso colaborativo de Design Thinking ayuda a estructurar las interacciones en equipo para cultivar una mayor inclusión, fomentar la creatividad, profundizar la empatía y alinear a los participantes en torno a objetivos y resultados concretos (Figura 2).

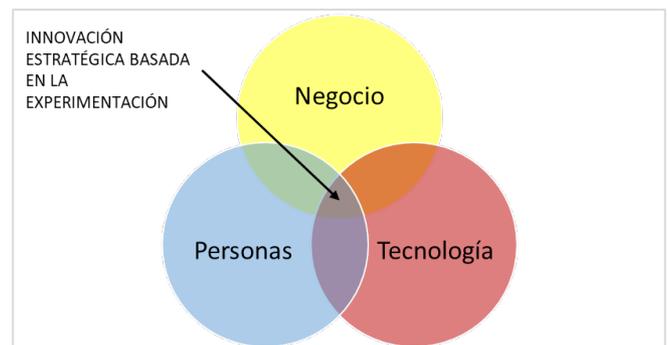


Figura 2. Principio del Design-Thinking e innovación estratégica.

El Design Thinking comprende cinco etapas (Mootee, 2014), pudiendo iterarse tantas veces como se desee refinar el producto (Figura 3). Existen diferentes variaciones y escuelas de pensamiento a este respecto, pero todas ellas coinciden en pensamiento divergente, seguido de otro convergente. En este contexto, se describen hasta cinco etapas en la metodología: las dos primeras se centrarán en describir el problema, mediante un proceso de empatizar con el cliente y una definición del problema. Destaca en este caso, que el alumno no se enfrenta a un problema definido por un cliente, sino que son los alumnos los que deben identificar – mediante herramientas específicas – y definir el problema al que deben proponer una solución de ingeniería.

Posteriormente, las dos siguientes etapas aplicarán secuencialmente pensamiento divergente y convergente para idear la solución y construir la solución. Por último, el cliente testará la solución en la última etapa, momento donde se realiza la “experiencia de usuario”.

La metodología Design-Thinking aplicada a la gestión de proyectos permite una gestión de estos de forma ágil y flexible.

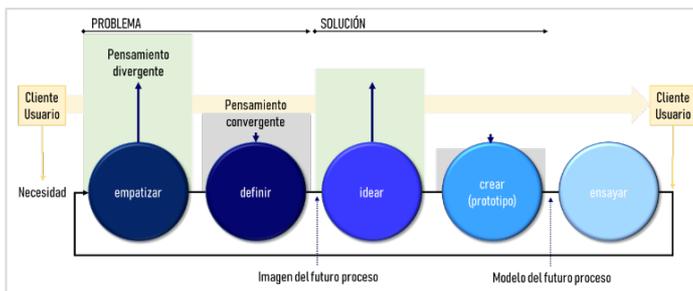


Figura 3. Etapas del Design-Thinking

#### 4. RESULTADOS

Teniendo en cuenta las consideraciones propias, de un proyecto de ingeniería en el sector energía y/o explotación de recursos naturales, ya mencionadas en el apartado de introducción, se estableció cuatro iteraciones para llevar a cabo en las asignaturas; estas iteraciones se describen a continuación como resultados de aplicación de la metodología Design-Thinking. Para ello, se toman en consideración para el título de cada iteración el resultado creativo esperado para cada iteración (Tabla 1):

1 iteración (Power Point®). Esta primera iteración se busca que sea corta en tiempo y recursos. El equipo de trabajo se centra en plasmar en una presentación la idea (propuesta de valor en siguientes iteraciones), objetivos (alcance técnico, tiempo y coste) y mercado potencial. En esta iteración se utilizan herramientas sencillas: entrevistas y matriz Debilidad – Amenaza – Fortaleza - Oportunidad (DAFO) son herramientas que deben ser habituales para los estudiantes. Se busca en esta iteración que el alumno se familiarice con la metodología Design-Thinking, sus etapas de proceso y enfoque hacia el usuario.

2 iteración (Lego®). Basada en la experiencia de usuario y retroalimentación de la iteración anterior, el equipo empatizará mediante una herramienta como el WorldCafe (worldcafe webpage; Chang & Chen, 2015), que permite el intercambio y de ideas y opiniones entre los equipos de alumnos. Así, se facilita la concreción de una estrategia (Carter & Swedden, 2012). De esta forma, se podrá mejorar la estrategia y contar con nuevas perspectivas. Posteriormente, el equipo trabajará en definir el problema con un refinamiento de la matriz DAFO y generar un primer prototipo con piezas de LEGO®. Este prototipo tampoco consumirá recursos (tiempo-coste), ya que la mecánica constructiva es conocida por una amplia mayoría de estudiantes.

3 iteración (Impresión 3D). Iteración donde se consumirá mayores recursos (económicos como temporales). La iteración comienza con una toma de datos en campo, observación del usuario/cliente, mediante la metodología (shadowing) (Czarniawska, 2014); de esta forma, el grupo toma consciencia mediante ‘trabajo de campo’ de las necesidades del cliente/usuario además de la relevancia e impacto que la idea puede resultar para ellos; esta metodología ofrece al estudiante un aprendizaje fundamental para resolver problemas de ingeniería: acercarse y observar al usuario/cliente permite refinar aún más las necesidades/oportunidades, de forma que los estudiantes sean más certeros a la hora de definir el problema. El método Strategy-Canvas, como paso para definir el problema objetivo en esta iteración es clave para definir el mercado objetivo/potencial (evaluación de alternativas en base

a criterios objetivos para las diferentes tecnologías competidoras); esta herramienta de sencilla implementación, permite enfrentar al grupo de estudiantes con la oportunidad de negocio identificada, aspectos fuertes y débiles frente a otras soluciones y de esta forma ajustar la solución a la oportunidad detectada en el mercado/competencia. Por último, el alumno habitualmente no está familiarizado con la herramienta de impresión en 3D, lo que conlleva un aprendizaje. Si el equipo de trabajo no se ha organizado de forma correcta, se corre el riesgo de no alcanzar resultados en el prototipado relativo a esta iteración en el tiempo asignado en la asignatura (evaluación de la competencia ‘trabajo en equipo’).

4 iteración (Lean-Canvas). En esta última iteración, el equipo de estudiantes se focalizará en trabajar en un modelo de negocio que será evaluado por usuarios reales – habitualmente profesionales invitados a la sesión – que realizan una valoración del modelo de negocio (Osterwalder & Pigneur, 2010) y prototipos generados como compendio del trabajo realizado durante la asignatura (Llamas et al, 2019). Previamente al prototipo en esta iteración, el grupo de trabajo construye una historia (metodología storyboard) y define el alcance de la idea mediante las cinco fuerzas de Porter (herramienta de análisis del entorno interno y externo). Es en esta iteración cuando el grupo de estudiantes se enfrenta a la experiencia de usuario, definido como la evaluación de la idea por profesionales externos. Estos, sin ser conocedores de las ideas y propuestas que se presentan evalúan la propuesta mediante una rúbrica que considera las competencias de creatividad y comunicación.

Conviene destacar como herramienta transversal para idear la solución al problema el Brainstorming (Constantine, 1993). Esta metodología se encuentra de forma transversal en todas las iteraciones propuestas, ya que su sencillez y facilidad de aplicación en el aula, la convierte como la más adecuada para este fin: facilita la comunicación y el aprendizaje entre grupos.

Tabla 1. Herramientas para implementar las diferentes iteraciones del Design-Thinking para Ingenieros (MINENERGYDESING).

	I.1	I.2	I.3	I.4
<b>Empatizar</b>	Entrevistas	World cafe	Shadowing	Storyboard
<b>Definir</b>	DAFO	DAFO	Strategy Canvas	Cinco Fuerzas de Porter
<b>Idear</b>	Brainstorming			
<b>Crear</b>	PowerPoint Bocetos	Lego®	Impresión 3D	Lean-Canvas
<b>Ensayar</b>	Feedback (Usuarios)	Feedback (Usuarios)	Feedback (Usuarios)	Experiencia de usuario (Externo)

Conviene destacar, que no todas las iteraciones descritas deben ser realizadas de forma concatenada, siendo flexible el método de aplicación. El número de iteraciones dependerá de los recursos disponibles y que vendrán definidos por el tiempo y coste de que se disponga como recursos docentes (Figura 4).



Figura 4. Design-Thinking y las limitaciones de un proyecto.

Las iteraciones son una forma sencilla de medir los resultados de aprendizaje del alumno, en competencias transversales como trabajo en equipo, comunicación y creatividad. La rúbrica establecida y validada mediante su uso por parte de más de 12 expertos en evaluación de proyectos ofrece una medida cuantitativa de la evolución del aprendizaje del alumno.

Por último, destacar entre los resultados que la aplicación de la metodología Design Thinking en las asignaturas de proyectos ha contribuido a que los grupos formados participen de forma activa en la convocatoria de ideas impulsada por la propia Universidad Politécnica de Madrid: actúaupm (página web actúaupm). Otros alumnos han tomado las ideas generadas en la asignatura como Trabajos Fin de Máster, siendo de esta forma una plataforma para desarrollo de proyectos. En otras asignaturas en las que los alumnos han tenido que aplicar todo lo aprendido en la materia al desarrollo del proyecto, esta metodología ha contribuido en gran medida a la evaluación de los estudiantes, sustituyendo así al examen final.

### C. Aplicación en asignaturas de la ETSI de Minas y Energía

La metodología de Design Thinking se puede aplicar en la asignatura de Energía y Medio ambiente del Máster Universitario en Eficiencia Energética donde los alumnos realizan un análisis de ciclo de vida (ACV) para ver el impacto ambiental comparativo de varios productos. El objetivo dentro de esta asignatura es que los alumnos propongan, aplicando la metodología Design Thinking, modificaciones del producto original encaminadas, principalmente, a una mejora ambiental y, mediante la herramienta de ACV verifiquen si, en efecto, las modificaciones propuestas hacen disminuir el impacto ambiental del producto. Se considera muy interesante la aplicación de esta metodología para que los alumnos comprendan que, a veces, las propuestas introducidas para tratar de hacer disminuir el impacto en una determinada categoría (normalmente en el potencial de calentamiento global) pueden hacer aumentar el impacto en otra(s).

En el campo de refino y petroquímica del Máster Universitario en Ingeniería de la Energía la aplicación del Design-Thinking permite al alumno mejorar procesos petroquímicos existentes o proponer nuevos procesos en base a tecnologías innovadoras, uso eficiente de la energía, obtención de co-productos alternativos y reducción del impacto en el medio ambiente.

En la asignatura Ingeniería de Procesos que se dicta en el Grado de Ingeniería de la Energía se utilizará la metodología Design Thinking para proponer un proceso que consiga los resultados demandados por la sociedad llegando a un compromiso sostenible en el que habrá restricciones debido a que se tomarán en cuenta tanto costes, contaminación ambiental como uso de recursos sostenibles.

En el Máster Universitario de Ingeniería Geológica, se ha aplicado esta metodología a la asignatura de Prospección Geoquímica. Los estudiantes han tenido que desarrollar un proyecto geoquímico/ambiental partiendo de un área de estudio determinada, teniendo que diseñar desde una campaña de muestreo, técnicas de análisis a utilizar, etc. hasta la recogida de muestras en campo y análisis estadístico final (Figura 5). Los resultados han sido muy satisfactorios tanto en el trabajo en equipo como en el aprendizaje de la materia. De esta manera los alumnos han podido llevar a cabo un proyecto real y han manejado un presupuesto, lo que les ha hecho ver la dificultad de tener que combinar las distintas técnicas para obtener el resultado más óptimo.

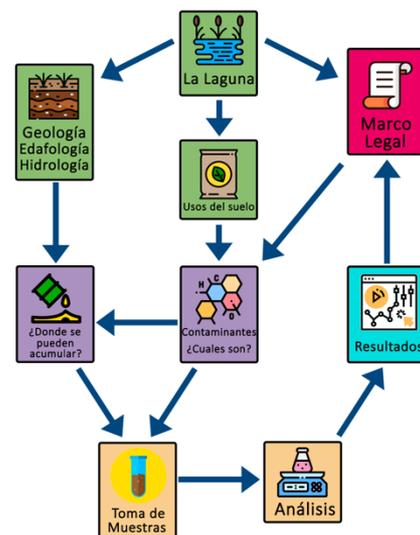


Figura 5. Aplicación Design Thinking a la resolución de problemas asociados a la Prospección Geoquímica: Graphical abstract realizado por el alumno Daniel García de La Torre.

Por último, en la asignatura de Evaluación de Proyectos y Gestión del Riesgo del Master Universitario de Ingeniería de Minas se aplica la metodología Design Thinking con el fin de desarrollar ideas propuestas por los propios estudiantes, impulsando la idea hacia un proyecto y, de un proyecto a una empresa. Se busca trabajar competencias, además de las ya recogidas en el presente trabajo, la contemporaneidad y el espíritu emprendedor entre los alumnos. En este caso, los alumnos toman este trabajo como base de su Trabajo Fin de Máster, mientras otros consideran opciones de emprendimiento y en pocas ocasiones estudian la opción de desarrollar una protección industrial.

## 5. CONCLUSIONES

Las metodologías ágiles de gestión de proyectos ofrecen una solución en la gestión de proyectos en un entorno cambiante. Si bien, su aplicación en la ingeniería requiere de una adecuación y particularización: no todas las iteraciones serán similares en

tiempo ni en coste. Tampoco se genera al término de cada iteración un producto de valor, sino que se obtienen resultados en base a la escala de investigación (TRL).

La aplicación de la metodología Design Thinking en las asignaturas de los másteres permite fomentar la creatividad del alumno, hacia soluciones innovadoras (algo nuevo que ofrece valor en el mercado), permitiendo de esta forma que el alumno tenga su primera experiencia de mercado estando aún en su periodo de formación.

El desarrollo de sucesivas iteraciones y el prototipado, conlleva una implicación del alumno con la materia en estudio. El trabajo en equipo y colaboración hace que algunas de las ideas y soluciones de ingeniería propuestas puedan ser valoradas por el mercado. De esta forma, los alumnos de los másteres impartidos en la ETSI de Minas y Energía de la UPM obtienen una primera experiencia de mercado.

El desarrollo de asignaturas por proyectos conlleva, además el desarrollo de competencias transversales como comunicación (llevada a cabo en cada iteración), trabajo en equipo y liderazgo.

Cada iteración ofrece la posibilidad de realizar una valoración continua de la asignatura lo que favorece la competitividad que, de una forma bien gestionada, impulsa el aprendizaje de la materia. Será responsabilidad del profesorado el gestionar y conducir la competitividad dentro de los límites de la ética.

La capacidad de transferir los resultados del proyecto de innovación educativa MINENERGYDESIGN es amplia, pudiendo aplicarse en asignaturas de másteres de otras facultades y universidades. Se recomienda diseñar las iteraciones en función de los recursos docentes disponibles y el número de ECTS de la asignatura. Como propuesta de investigación a desarrollar en el futuro, destaca el desarrollo de proyectos innovadores mediante colaboración con otras asignaturas específicas.

Futuros trabajos de investigación en Design Thinking implicará la participación de empresas de sectores demandantes de ingenieros de este perfil. Estas empresas podrían definir los problemas a desarrollar, además de evaluar los resultados finales.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Politécnica de Madrid y en concreto al Departamento de Innovación Educativa, por apoyar y financiar la investigación del proyecto de innovación educativa *IE1819.0603 MINENERGYDESIGN: aplicación de la metodología Design-Thinking a la resolución de problemas de ingeniería relacionados con la energía y recursos naturales*, en la convocatoria 2018-19.

#### REFERENCIAS

Brown, T., & Wyatt, J. (2010). Design thinking for social innovation. *Development Outreach*, 12(1), 29-43.

Carter, E., and Swedeen, B. (2012). I Don't have to Do this by myself? Parent-led community conversations to promote

inclusion. *Research & Practice for Persons with Severe Disabilities*, 37(1), 9-23.

Castillo-Vergara, M., Alvarez-Marin, A., Cabana-Villca, R. (2014). Design thinking: how to guide students and business entrepreneurs in the application. Universidad de La Serena. Chile: Ingeniería Industrial. ISSN 1815-5936, Vol. XXXV, No. 3, 301-311.

Chang, W-L., Chen, S-T. (2015). The impact of World Café on entrepreneurial strategic planning capability. *Journal of Business Research*, 68(6): 1283-1290.

Cervone, H.F. (2011). Understanding Agile Project Management methods using Scrum. *OCLC*, 27(1), 18-22.

Constantine, L. L. (1993). Work organization: paradigms for project management and organization. *Communications of the ACM*, 36(10), 35-43.

Cooper, R.G. and Sommer, A.F. (2018) Agile-Stage-Gate for Manufacturers, *Research-Technology Management*, 61:2, 17-26.

Czarniawska, B. (2014) Why I think shadowing is the best field technique in management and organization studies. *Qualitative Research in Organizations and Management*, 9 (1): 90-93.

Llamas, B, Storch de Gracia, M.D., Mazadiego, L.F., Pous, J., Alonso, J. (2019). Assessing transversal competences as decisive for Project Management. *Thinking Skills and Creativity*, 31: 125-137.

Mootee, I (2014) Design Thinking for Strategic Innovation-What They Can't Teach You at Business or Design School. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Osterwalder, A. and Pigneur (2010). Generación de modelo de negocio. Deusto. Nueva Jersey.

Padmanabhan, V. (2018). Functional strategy implementation - experimental study on agile KANBAN. *Sumedha Journal of Management*, 7(2), 6-17.

Storch, M.D., Moya, D., Llamas, B. (2018). Multicriteria methodology and hierarchical innovation in the energy sector. *Management Decision*, 57(5): 1286-1303.

The World Cafe Method. The world café TM. <http://www.theworldcafe.com/key-concepts-resources/world-cafe-method/>, Access on 7th of April, 2019.

Tschimmel, K. (2012). Design Thinking as an effective Toolkit for Innovation. In *ISPIM Conference Proceedings* (p. 1). The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM).

[www.actuaupm.blogspot.com/](http://www.actuaupm.blogspot.com/), acceso el 20 de mayo de 2019.

[https://www.nasa.gov/pdf/458490main\\_TRL\\_Definitions.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/458490main_TRL_Definitions.pdf), acceso el 22 de mayo de 2019.