

02-026

### **NEW MANAGEMENT APPROACHES IN THE SPANISH BUILDING SUB-SECTOR: PERCEPTION OF PROFESSIONALS**

Bisbal, Pedro Juan <sup>1</sup>; Pellicer, Eugenio <sup>1</sup>; Cerveró, Fernando <sup>1</sup>; Ballesteros-Pérez, Pablo <sup>2</sup> <sup>1</sup> Universitat Politècnica de València, <sup>2</sup> Universidad de Talca

The construction sector, in general, and the building sub-sector, in particular, have been classified as non-innovative and too traditional. In other sectors related to the manufacturing industry, at the end of last century, innovative concepts emerged such as quality assurance, lean production, critical chain, earned value, value stream mapping, etc. Furthermore, in Anglo-Saxon countries, new techniques and methods have been appearing and developing, such as last planner system, building information modeling or integrated project delivery, specifically designed for construction. Considering this scenario, this paper presents an exploratory research on the current knowledge and the future training expectations of professionals working in the Spanish building sub-sector regarding these innovative approaches. This research is based on a survey of more than four hundred technical architects throughout Spain. From the analysis of the results new practical recommendations are proposed on training in these novel approaches aiming to improve competitiveness and productivity in the Spanish building sub-sector.

**Keywords:** *Building; Management; Methods; Professionals; Techniques;*

### **NUEVOS ENFOQUES DE GESTIÓN EN EL SUB-SECTOR DE EDIFICACIÓN ESPAÑOL: PERCEPCIÓN DE LOS PROFESIONALES**

El sector de la construcción, en general, y el sub-sector de la edificación, en particular, han sido calificados como poco innovadores y excesivamente tradicionales. En otros sectores relacionados con la industria manufacturera, a finales del siglo pasado, surgieron conceptos innovadores como el aseguramiento de la calidad, la producción "lean", la cadena crítica, el valor ganado, el "value stream mapping", etc. Además, en los países anglosajones también han ido apareciendo y desarrollándose nuevas herramientas y métodos de trabajo como el "last planner system", el "building information modeling" o el "integrated project delivery", específicamente pensados para la construcción. Considerando este contexto, el presente artículo presenta una investigación exploratoria sobre el conocimiento actual y las expectativas de formación futura que tienen los profesionales del sub-sector de la edificación español respecto a estos enfoques innovadores. Esta investigación se basa en una encuesta realizada a más de cuatrocientos arquitectos técnicos de toda España. A partir del análisis de los resultados se proponen recomendaciones prácticas sobre formación en estos novedosos enfoques con la finalidad de mejorar la competitividad y productividad en el sub-sector de la edificación español.

**Palabras clave:** *Edificación; Gestión; Métodos; Profesionales; Técnicas*

Correspondencia: Eugenio Pellicer pellicer@upv.es

## 1. Introducción

El sector de la construcción ha ido ganando en complejidad con el paso del tiempo, sobre todo desde el punto de vista de la gestión (Christodoulou, 2004). Antiguamente los gestores eran artesanos sin educación universitaria y, más recientemente, fueron ingenieros que adquirirían los conocimientos necesarios en la misma obra (Arditi & Polat, 2010). No obstante, la magnitud y dificultad de las obras se ha incrementado notablemente, lo que ha conllevado también la demanda de mayores conocimientos y habilidades para llevar a cabo la gestión de las mismas (Gann, 2000).

Son muchos los autores que han destacado que los gestores de hoy en día necesitan conocimientos y habilidades específicas en planificación, contabilidad de costes, finanzas, recursos humanos, contratación, evaluación económica y ambiental, o habilidades directivas, entre otras (Edum-Fotwe & McCaffer, 2000; Christodoulou, 2004; Galloway, 2007; Alarcón & Pellicer, 2009; Ardití & Polat, 2010; Yepes et al., 2012; Pellicer et al., 2013). Por lo tanto, los gestores de proyectos no son demandados únicamente por sus habilidades técnicas, sino también por sus habilidades gestoras y administrativas en todo el ciclo de vida de la infraestructura (Tatum, 1987; Russell & Yao, 1996; Abbudayyeh et al., 2000; Chinowsky, 2002; Trejo et al., 2003; Milosevic et al., 2007). Esta preocupación, a nivel mundial, también es extensible a España (Pellicer et al., 2009).

Este escenario se agrava todavía más si tenemos en cuenta que, ya a finales del siglo pasado, Koskela (1992) indicó que la construcción debía incorporar las nuevas técnicas y herramientas de gestión que tantas mejoras habían aportado a la industria manufacturera, adoptando “la nueva filosofía de producción”. Posteriormente esta propuesta recibió el nombre de *Lean Construction* por adaptación del término *Lean Production* del *Toyota Production System* (Alarcón, 1997); en este punto conviene clarificar que no todas las nuevas técnicas y herramientas aplicables a la construcción forman parte de la filosofía *Lean*. Alarcón y Pellicer (2009) publicaron en español las principales aportaciones de la filosofía *Lean Construction* en un intento de difundir estas nuevas técnicas y herramientas en el sector de la construcción. Todo esto dio lugar, dos años después en la *Universitat Politècnica de València*, a la formación del *Spanish Group for Lean Construction* y a la creación de dos asignaturas específicas sobre *Lean Construction* por primera vez en España (Pellicer et al., 2015). Por otra parte, Salem et al. (2006) han destacado que la implementación de estas nuevas técnicas de gestión ya empieza a producir beneficios, tales como la reducción del coste final o de la duración del proyecto, o una mayor satisfacción entre los intervinientes en el mismo, entre otros. Considerando este contexto como punto de partida, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿son conocidas y aplicadas estas técnicas y herramientas novedosas en el sub-sector de la edificación español?

Por lo tanto, el objetivo de la investigación es determinar el grado de conocimiento y la aplicación de las nuevas técnicas y herramientas de gestión en el sub-sector de la edificación español. La investigación lleva a cabo una encuesta dirigida a arquitectos técnicos españoles. Con los datos obtenidos se realiza un análisis estadístico con el fin de obtener conclusiones. Puede adelantarse que la docencia que se imparte en las escuelas es escasa o nula en relación con estas nuevas técnicas y herramientas en gestión, a excepción de la *Universitat Politècnica de València* que es la pionera en cuanto a esta formación. La aplicación de alguna de estas técnicas y herramientas es mínima entre los profesionales encuestados y la motivación hacia la formación es elevada entre ellos.

El artículo se organiza del siguiente modo. En primer lugar, se definen las técnicas y herramientas que se van a considerar en la investigación. A continuación se explica la encuesta realizada. En el siguiente epígrafe se exponen los resultados obtenidos y, finalmente, se concluye con las contribuciones más importantes de la investigación.

## 2. Nuevas técnicas y herramientas

Una vez determinado el problema, se procedió a definir las nuevas técnicas y herramientas de gestión más aplicables al ámbito de la edificación, con la finalidad de poder introducirlas como variables en la encuesta. Las técnicas y herramientas que se eligieron como variables fueron las siguientes: *Building Information Modeling* (BIM), Cadena Crítica (CCh), Último Planificador (LPS), *Integrated Project Delivery* (IPD), Kaizen, Kanban, *Lean Construction* (LeanC), Método del Valor Ganado (EVM), Poka Yoke, Seis Sigma (6-Sigma), *Toyota Production System* (TPS), Mapa de la Cadena de Valor (VSM), 5 Por Qués, y 5's. A continuación se define cada una de ellas.

### 2.1. *Building Information Modeling* (BIM)

Es un modelo virtual del edificio que permite generar e intercambiar información de manera eficiente, creando representaciones digitales de todas las fases del ciclo de vida de la infraestructura, y simulando el rendimiento en la vida real (Azhar et al., 2012). Permite visualizar lo que se va a construir en un entorno simulado para identificar cualquier diseño potencial, detalle constructivo, o cuestiones relacionadas con la conservación y explotación del edificio, permitiendo hacer un seguimiento de todos los elementos que lo componen. Posteriormente se puede generar información correspondiente al edificio, como pueden ser cantidades de materiales para realizar pedidos o solicitar precios, secuencias de actividades para obtener la programación del proyecto, etc. (Azhar et al., 2012).

### 2.2. Cadena Crítica (CCh)

Es una alternativa al método del camino crítico (CPM), cuando los recursos son limitados. Un mismo recurso disponible puede ser requerido por diferentes tareas de un proyecto, por lo que no podrán realizarse simultáneamente; esto condiciona la asignación de tareas y las holguras del proyecto (Iglesias Sánchez, 2005). Esta teoría elimina las holguras por actividades, concentrándolas en una holgura global para todo el proyecto y, además, introduce las holguras de alimentación en las rutas que no son críticas; para determinar el avance del proyecto. Utiliza la gestión de las holguras en lugar de la gestión del camino crítico que realiza el CPM. Está basada en la teoría de las restricciones propuesta por Goldratt (Goldratt & Cox, 1984), plasmada después para la gestión de proyectos en el libro Cadena Crítica (Goldratt, 1997).

### 2.3. El Último Planificador (LPS)

El último planificador (*Last Planner System*) es un sistema de planificación y control en cascada a nivel de obra enmarcado dentro de la filosofía *Lean Construction*. El principal propósito de la técnica es la reducción de la variabilidad aplicando tres principios básicos (Rodríguez et al., 2011): (1) coordinación de los últimos planificadores (aquellos que deciden en obra) por medios de reuniones periódicas; (2) compromiso de esos últimos planificadores; y (3) visibilidad pública de los resultados obtenidos semanalmente. El control está basado, entre otros, en el indicador de porcentaje de plan finalizado (PPC). Ballard y Howell (1998) recomiendan la aplicación del sistema del último planificador por medio de tres niveles. Se empieza con una reunión *Pull Sesión* en un espacio habilitado, con todo el equipo de trabajo presente en el que se realiza una planificación del proyecto "aguas arriba". Esta programación inicial se denomina Plan Maestro. Una vez realizado el plan de trabajo organizado por fases, seguidamente se realizan planificaciones intermedias *Look-Ahead* (seis semanas antes de realizar la actividad/fase). Además se realizan reuniones semanales con el fin de definir el trabajo a realizar en la semana siguiente.

#### **2.4. Integrated Project Delivery (IPD)**

Es una estrategia de contratación que combina la fase de diseño y construcción mediante un único contrato -denominado relacional (Macneil, 1980)- que vincula al promotor, al constructor y proyectista (Ghassemi & Becerik-Gerber, 2011). Su objetivo es optimizar las fases de diseño y construcción. Según Kent y Becerik-Gerber (2010) hay una serie de principios básicos que deben estar en un contrato IPD para ser considerado como tal: (1) acuerdo entre múltiples partes (normalmente promotor, constructor y proyectista); (2) implicación temprana en el proceso (en la fase de diseño); y (3) riesgos y recompensas compartidos. Ghassemi y Becerik-Gerber (2011) añadieron tres características adicionales: (4) toma de decisiones colaborativa; (5) exenciones de responsabilidad entre los participantes; y (6) planificación desarrollada conjuntamente.

#### **2.5. Kaizen**

Según Jones y Womack (1996), la expresión *Kaizen* significa la acción del cambio y el mejora continua, gradual y ordenada para crear más valor con menos desperdicio. Se caracteriza por desarrollar una cultura y dar participación a todos los trabajadores, desde la alta gerencia hasta el personal de servicio. Este método fue desarrollado por los japoneses y significa mejora continua. *Kaizen* retoma las técnicas del Control de Calidad diseñadas por Edwards Deming. Basándose en la mejora continua, se involucra en la gestión y el desarrollo de los procesos, enfatizando las necesidades de los clientes para reconocer y reducir los desperdicios y maximizar el tiempo. Con el *Kaizen* se interrelacionan métodos y herramientas como: control total de calidad, *Kanban*, mejora de la calidad, *Just in Time*, cero defectos, desarrollo de nuevos productos, mejora en la productividad, entre otros (Vineet, 2011).

#### **2.6. Kanban**

Es un sistema de información que permite controlar la fabricación de los productos y que se basa en el sistema *Just in Time*. Según Jones y Womack (1996), se trata de “tarjeta situada en las cajas de piezas que regula la demanda interna en el sistema de producción de Toyota, al indicar la producción y entregas que hay que realizar aguas arriba”. Este sistema nos permite conocer el material disponible, además de saber cuándo hay que reponerlo gracias a las tarjetas que actúan como testigo (Sacks et al., 2009). Otra de las aplicaciones del Kanban es la visualización del flujo: se distribuye el proceso por fases sobre un panel en que se observan los requisitos que se deben cumplir para poder pasar a la siguiente fase.

#### **2.7. Lean Construction (LeanC)**

Este concepto basado en el *Lean Manufacturing* y el *Toyota Production System* (Alarcón y Pellicer, 2009); abarca diferentes técnicas y herramientas que integran a los agentes intervinientes en todo el ciclo de vida del proyecto, con la finalidad de añadir valor en todo su proceso y eliminar todas las pérdidas posibles. Entre sus objetivos se pretende generar valor para el cliente, dando mucha importancia a la calidad, reducción de tiempos y costes, administración óptima de los recursos e incremento de la productividad, generando las menores pérdidas posibles, produciendo, de esta manera, una gestión integral del proyecto. Según Koskela (1992), los principios de *Lean Construction* son: (a) reducir o eliminar las actividades que no agregan valor (“pérdidas”); (b) considerar sistemáticamente los requerimientos del cliente; (c) reducir la variabilidad; (d) reducir el tiempo del ciclo; (e) simplificar procesos; (f) incrementar la flexibilidad de la producción; (g) incrementar la transparencia de los procesos; (h) mejorar continuamente el flujo; e (i) referenciar con las organizaciones líderes (“benchmarking”).

## 2.8. Método del Valor Ganado (EVM)

Es un sistema formalizado para la planificación y control de proyectos que permite conocer la situación en cada momento y tomar decisiones respecto al tiempo y el coste simultáneamente (PMI, 2013). EVM trata de integrar bajo un mismo modelo, la gestión del plazo y del coste, indicándonos, en unidades monetarias, el posible retraso o adelanto de las operaciones, así como el infra o sobre coste de un proyecto (Pajares-Gutiérrez & López Paredes, 2007). EVM introduce el indicador EV (*Earned Value*, o valor ganado), que mide el trabajo realmente desarrollado durante la ejecución del proyecto en términos del presupuesto planificado para ese trabajo (PMI, 2013). La relación de EV con los indicadores clásicos de costes planificados y costes reales, da lugar a un conjunto de métricas que permite controlar el coste y el avance del proyecto (PMI, 2013).

## 2.9. Poka-Yoke

Su significado en español es “a prueba de errores”. Es una herramienta japonesa que diseña los procesos con la finalidad de eliminar o evitar equivocaciones sobre todo en actividades repetitivas (Hernández-Matías & Vizán-Idoipe, 2013). De este modo, el operario puede centrarse en las operaciones que añadan más valor, en lugar de dedicar su esfuerzo a comprobaciones para la prevención de errores o a la subsanación de los mismos. Implantar un *Poka-Yoke* supone mejorar la calidad en su origen, actuando sobre la fuente del defecto, en lugar de tener que realizar correcciones, reparaciones y controles de calidad posteriores. Se caracterizan por ser soluciones simples de implantar y muy económicas (Jones & Womack, 1996).

## 2.10. Seis Sigma (6-Sigma)

Es una herramienta de gestión y control de la calidad, desarrollada por Motorola que permite un aumento notable de simplificación de procesos, mejora de la calidad y eliminación de errores; sus máximas pretensiones son mejorar la satisfacción del cliente, reducir el tiempo del ciclo y reducir los defectos (Schön et al., 2010). El éxito de esta metodología no son los instrumentos que lo fundamentan, si no la infraestructura humana y su formación. No está planteado como un proceso de mejora continua, ya que los proyectos Seis Sigma deben tener una duración limitada en el tiempo.

## 2.11. Toyota Production System (TPS)

Es el sistema de producción automovilística de Toyota. Sus principios componen un sistema integrado de producción y gestión, han sido probados durante la aplicación del día a día a lo largo de muchos años y se aplicaron en las fábricas automovilísticas para posteriormente extenderse a otros ámbitos (Womack & Jones, 1996). TPS busca tres resultados fundamentales (Sugimori et al., 2007): (a) proporcionar al cliente la mejor calidad en los vehículos, al menor coste posible y en el plazo de entrega más reducido; (b) proporcionar a los miembros satisfacción en el trabajo, seguridad en el empleo y el trato justo; y (c) dar la flexibilidad para responder al mercado, obtener beneficio a través de las actividades de reducción de costes y la prosperidad a largo plazo. TPS se esfuerza por lograr la eliminación total de las tres “M”: *Muri* (operaciones ergonómicas o sobrecargas de trabajo), *Muda* (desperdicios) y *Mura* (operaciones irregulares), (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013); en todas las áreas para que los miembros puedan trabajar sin problemas y eficientemente. Uno de sus principales sistemas es el *Just in Time*, que consiste en la entrega justa de material en el momento necesario para completar un proceso minimizando el stock de productos; este permite el aumento de la productividad, además de reducir las pérdidas en el almacenaje ya que se produce sobre pedidos reales eliminando los desperdicios.

## 2.12. Mapa de la Cadena de Valor (VSM)

Cadena de valor es el flujo de materiales e información necesario para entregar un producto o un servicio a un cliente (Womack & Jones, 1996). Un mapa de la cadena de valor (*Value Stream Map*) es una representación gráfica de todos los pasos necesarios del proceso para producir un producto o servicio; también incluye el flujo de información correspondiente (Sayer & Williams, 2007). Representa todos los pasos que se realizan (o se prevén) y resalta cualquier ineficiencia en la cadena de valor. Un mapa de la cadena de valor dibuja la ruta desde la entrada de las materias primas hasta la entrega de los productos o servicios terminados al cliente. Este cliente no es necesariamente el consumidor que compra o consume el producto o servicio final, sino que puede ser otra empresa o incluso otro departamento dentro de su propia organización. A continuación, se identifica el mapa de la cadena de valor ideal, es decir una visión del proceso en un mundo perfecto donde todos los pasos sólo agregan valor (Sayer & Williams, 2007). El mapa de la cadena de valor, combinado con el *Kaizen* (mejora continua), es el núcleo central de la filosofía *Lean*.

## 2.13. 5 Por Qué

Es una técnica sistemática de preguntas para el análisis de problemas con el fin de buscar sus causas principales. Se trata de ir preguntándose “¿por qué?” hasta encontrar la solución, que no siempre se encuentra en 5 preguntas. Esta técnica nos permite la resolución de problemas y el conocimiento de las posibles causas, y con ello la eliminación del desperdicio (Zidel, 2006).

## 2.14. 5 Eses (5's)

Es una herramienta de gestión para la práctica de la calidad, definida en cinco etapas o principios simples. La inició Toyota con la finalidad de disponer lugares de trabajos mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente para lograr una mayor productividad y un mejor entorno laboral. Las 5 Eses (5's) son las siguientes (Hernández-Matías & Vizán-Idoipe, 2013):

1. *Seiri* = Clasificación: Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil.
2. *Seiton* = Orden: Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz.
3. *Seiso* = Limpieza: Suprimir suciedad y mejorar el nivel de limpieza en los lugares.
4. *Seiketsu* = Estandarización: Señalar anomalías y prevenir la aparición de la suciedad y el desorden.
5. *Shitsuke* = Mantener la disciplina: Seguir mejorando y fomentar los esfuerzos en este sentido.

## 3. Diseño de la encuesta

La encuesta tiene pretende averiguar tres aspectos relacionados con las técnicas o herramientas referidas en el epígrafe anterior entre los arquitectos técnicos españoles: (1) conocimiento de la técnica/herramienta; (2) aplicación de la técnica/herramienta; y (3) motivación para ampliar conocimientos en esa técnica o herramienta.

El primer paso es identificar y definir las variables a tener en cuenta en la encuesta; esto se ha expuesto en el epígrafe anterior. No obstante, se han introducido técnicas o herramientas adicionales, ampliamente conocidas por los profesionales, con la finalidad de que sirvan de contraste, por una parte, y que el encuestado no deje la encuesta en blanco. Estos términos

adicionales son: ISO 9001, Garantía de Calidad (GarC), *Just in Time* (JIT), PERT/CPM, y PMBoK. El cuestionario se divide en tres partes:

1. Breve explicación de la investigación.
2. Caracterización del encuestado: sexo, edad, organización, situación actual, titulación que posee y universidad de procedencia.
3. Preguntas de la investigación: tres preguntas relacionadas con los conceptos abordados en el apartado anterior con el fin de determinar el conocimiento sobre las técnicas expuestas, si se han aplicado en algún momento y si están interesados en formarse. La escala de medida utilizada es categórica nominal, ya que el tipo de preguntas incluyen tres o más categorías que no pueden ordenarse (Hernández Sampieri et al., 2010).

La encuesta se elabora con un formato *on-line*, mediante la aplicación Formularios de Google, generándose un *link* para su posterior envío por correo electrónico o para su publicación en las redes sociales o diferentes soportes informáticos. Se trata de una encuesta relativamente sencilla y que se puede contestar fácilmente sin sobrepasar los diez minutos. En el momento de su diseño se eligió este modelo por las ventajas que podría aportar pudiendo obtener un mayor número de respuestas, evitando describir cada una de las técnicas o herramientas ya que esto podría aumentar el tiempo de dedicación a la misma.

Se realizó una prueba piloto a unos 40 profesionales del sector (no sólo arquitectos técnicos). Una vez ajustada y subsanadas las deficiencias habituales en este tipo de investigaciones, se procedió a la difusión de la misma.

En cuanto al tipo de muestreo, en una primera fase es aleatorio o probabilístico: grupos de arquitectos técnicos por medios de las redes sociales *Facebook* y *LinkedIn*, plataformas de jóvenes egresados, universidades y los colegios profesionales de arquitectos técnicos e ingenieros de edificación. La segunda parte es un muestreo no probabilístico, de conveniencia o de "bola de nieve", no siendo aleatorio porque se realiza el envío a otros profesionales que se conocía previamente y estos al mismo tiempo lo han hecho llegar a conocidos suyos del mismo sector.

La población objeto de encuesta está compuesta por todos los profesionales que sean arquitectos técnicos (ingenieros de edificación o similar), tanto hombres como mujeres, bien sean colegiados o no. A fecha del 8 de octubre de 2014, el número total de colegiados era de 51.462, de los cuales 40.757 son hombres y 10.705 mujeres. Se supone que la población es infinita, a efectos de representatividad estadística. Por ello, el tamaño de la muestra necesario para que sea considerada como estadísticamente significativa es (Field, 2009):

$$n = N / [1 + e^2(N-1) / z^2pq]$$

Suponiendo un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95% ( $p=q=0,5$ ;  $z=1,96$ ), siendo  $n$  el tamaño de la muestra y  $N$  el tamaño de la población, entonces la muestra mínima es de 384 profesionales.

El número de respuestas obtenidas en esta investigación ha sido de 472. La muestra obtenida es estadísticamente representativa con un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 95%.

#### 4. Análisis de resultados

Una vez obtenidos los datos se procede a su depuración y posterior análisis. La escala de medida utilizada en las preguntas es categórica nominal, ya que el tipo de preguntas incluyen tres o más categorías que no pueden ordenarse (Hernández Sampieri et al., 2010). Es por ello que los datos se analizarán mediante:

- Tablas de frecuencia: Sirven para ordenar y organizar los datos estadísticos de acuerdo con el número de veces que aparece el valor de la variable.
- Tablas de contingencia: Permiten registrar y analizar la relación entre conjuntos de dos o más variables, mediante los valores absolutos de respuesta.
- Test Chi-Cuadrado ( $\chi^2$ ): Es una prueba estadística que permite comprobar la relación entre las variables y determinar si existe asociación entre ellas (Ha: Hipótesis alterna), o por lo contrario son independientes (Ho: Hipótesis nula). Se considerará que existe asociación cuando las frecuencias esperadas sean superiores o iguales a 5 y cuando el grado de significancia ("p valor") sea inferior a 0.05 (intervalo de confianza del 95%) descartando de esta forma la hipótesis nula (Field, 2009).

De la muestra final de 472 encuestados, 340 eran hombres, 122 mujeres y 10 no indicaron a qué sexo pertenecían. La muestra obtenida ha sido bastante dispersa entre los rangos de edad. De todos los participantes, el tipo de organización o actividad actual más popular es la de Ejercicio Libre ocupando casi el 50% del total de las respuestas. Del total de la muestra, un 81% estaban colegiados y un 19% no lo estaban. Sin embargo, sólo un tercio del total disponía de estudios de máster. Prácticamente se ha obtenido representación en casi todas las universidades que imparten docencia en esta titulación.

En la Tabla 1 se puede observar el número de profesionales que conoce cada una de las técnicas y herramienta por rangos de edad.

**Tabla 1. Conocimiento de cada concepto: Distribución de participantes por edades**

	LeanC	LPS	JIT	Kaizen	Kanban	IPD	ISO 9001	BIM	CCh	VSM	TPS	GarC	PMBok	6-Sigma	5's	PERT/CPM	Poka Yoke	5 Por Qué	EVM
<25 años	32	8	22	6	5	10	42	36	22	9	12	31	11	10	10	38	7	11	24
25 - 30 años	26	11	23	8	8	13	75	50	30	9	12	40	19	17	12	51	11	12	22
31 - 35 años	13	1	14	5	2	4	54	34	17	3	4	32	8	7	3	35	4	2	11
36 - 40 años	20	9	15	5	3	10	75	38	28	4	9	47	11	6	7	41	4	6	7
41 - 45 años	14	4	14	5	4	8	54	29	25	4	7	31	13	5	5	33	4	2	11
46 - 55 años	8	6	11	3	1	5	60	25	20	4	7	38	5	3	3	40	0	1	8
>55 años	5	4	9	1	1	4	35	9	10	1	4	26	3	2	0	28	0	0	5
<b>Total</b>	<b>118</b>	<b>43</b>	<b>108</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>54</b>	<b>395</b>	<b>221</b>	<b>152</b>	<b>34</b>	<b>55</b>	<b>245</b>	<b>70</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>266</b>	<b>30</b>	<b>34</b>	<b>88</b>

En la Tabla 2 se muestra la aplicación de las técnicas y herramientas más novedosas, también por rangos de edad. Los términos más novedosos han sido más aplicados por los profesionales que han terminado la formación universitaria en los últimos años; en los conceptos más tradicionales cambia el resultado, siendo en este caso los veteranos en el sector los que más lo han aplicado.

**Tabla 2. Aplicación de cada concepto: Distribución de participantes por edades**

	LeanC	LPS	JIT	Kaizen	Kanban	IPD	ISO 9001	BIM	CCh	VSM	TPS	GarC	PMBok	6-Sigma	5s	PERT/CPM	Poka Yoke	5 Por Qué	EVM
<25 años	9	3	7	2	3	2	14	8	7	1	3	7	5	1	2	15	2	4	10
25 - 30 años	7		1	1		1	22	17	8	3		12	3	1	1	19		1	6
31 - 35 años	2		2	1			22	5	4			6	2			10		1	2
36 - 40 años	3	1	2			1	40	11	12		2	13	5		2	17		2	3
41 - 45 años	1		4			2	29	12	8			5	6		1	16			4
46 - 55 años	1	3	4			1	28	7	9		1	16	3		1	25		1	2
>55 años	1	1	1				18	5	5		1	13	2			20			4
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>173</b>	<b>65</b>	<b>53</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>72</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>122</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>31</b>

Por último, interesa conocer la motivación para la formación futura de los profesionales. Los resultados se muestran en la Tabla 3. Los conceptos *Lean Construction* y BIM son las más demandadas, seguidas por el Último Planificador, *Just in Time*, *Integrated Project Delivery* e ISO 9001 entre todas las demás.

**Tabla 3. Formación futura: Distribución de participantes por edades**

	LeanC	LPS	JIT	Kaizen	Kanban	IPD	ISO 9001	BIM	CCh	VSM	TPS	GarC	PMBok	6-Sigma	5s	PERT/CPM	Poka Yoke	5 Por Qué	EVM
<25 años	26	16	15	8	7	14	16	25	9	7	10	9	10	8	7	7	6	9	10
25 - 30 años	38	16	16	11	10	20	22	10	12	14	11	16	11	12	10	12	9	10	13
31 - 35 años	15	10	12	6	6	11	10	39	8	7	6	8	8	7	6	5	5	8	12
36 - 40 años	21	10	8	3	2	15	10	23	4	5	2	7	8	3	5	5	3	3	5
41 - 45 años	16	8	5	5	4	13	8	30	6	5	5	4	9	5	5	8	5	6	7
46 - 55 años	14	10	11	7	7	10	10	27	7	5	5	11	9	7	6	6	5	5	11
>55 años	3	3	3	1		1	3	19	1	1	1	1				6			2
<b>Total</b>	<b>133</b>	<b>73</b>	<b>70</b>	<b>41</b>	<b>36</b>	<b>84</b>	<b>79</b>	<b>173</b>	<b>47</b>	<b>44</b>	<b>40</b>	<b>56</b>	<b>55</b>	<b>42</b>	<b>39</b>	<b>49</b>	<b>33</b>	<b>41</b>	<b>60</b>

La prueba Chi-Cuadrado se ha aplicado a las cuatro preguntas de la encuesta con las variables de sexo, si habían cursado máster, tipo de máster, tipo de organización, edad y si estaban colegiados o no. En cuanto a la pregunta 1 encontramos un patrón común entre la variable de si han estudiado máster o no ya que existe relación en todos los conceptos; además la variable de si están colegiados o no también encuentra relación en casi todas las variables. En el caso de la edad encontramos relación con los conceptos más novedosos. Con los resultados obtenidos se determina que el tipo de máster estudiado influencia notablemente la relación entre variables, al igual que ocurre en el tipo de organización o actividad a la que se dedican actualmente. Los resultados se incluyen en la Tabla 4. El mismo procedimiento se aplica a las otras dos preguntas.

## 5. Conclusiones

A finales del siglo pasado dentro de la industria manufacturera surgieron conceptos innovadores como: el aseguramiento de la calidad, la producción *Lean*, la Cadena Crítica, el Valor Ganado, el *Value Stream Mapping*, entre otros, que aportaron grandes avances y beneficios en cada proceso que se aplicaban. El sub-sector de la edificación, inicialmente en los países anglosajones, también ha introducido y desarrollado nuevas técnicas, herramientas y métodos de trabajo como con el *Last Planner System*, el *Building Information Modeling*, o el *Integrated Project Delivery* que fueron pensados de una forma más específica para la construcción.

La presente investigación ha sacado a la luz las técnicas y herramientas de gestión con el fin de realizar una encuesta y detectar el grado de conocimiento, la aplicación y la

motivación por la formación de los profesionales del sub-sector de la edificación. Se encuestaron 472 profesionales (arquitectos técnicos), por lo que la muestra es estadísticamente significativa para un error del 5% y un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 4. Conocimiento de cada concepto: Prueba Chi-Cuadrado**

	Sexo		Edad		Máster		Tipo Máster		¿Colegiado?		Activ Actual	
	F≥5	<0,05	F≥5	<0,05	F≥5	<0,05	F≥5	<0,05	F≥5	<0,05	F≥5	<0,05
Lean Construction	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI
El último planificador	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO
Just in Time	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO
Kaizen	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI
Kanban	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO
IPD	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI
ISO 9001	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	Ho	NO	NO
BIM	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI
Cadena Crítica	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	Ho	NO	SI
VSM	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO
TPS	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI
Garantía de Calidad	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	Ho	NO	NO
PMBBook	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI
Seis Sigma	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO
5's	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI
PERT/CPM	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	Ho	NO	NO
Poka Yoke	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO
5 Por Qué	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO
EVM	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO

Los resultados muestran que la gran mayoría de los encuestados desconocen estos conceptos. Los más conocidos son *Lean Construction*, *Just in Time*, ISO 9001, *Building Information Modeling*, y *Garantía de Calidad*, siendo los profesionales egresados de la *Universitat Politècnica de València* los que mayor conocimiento tienen de ellos. Al mismo tiempo se comprueba la gran mayoría de los conceptos son conocidos más por parte de los profesionales más jóvenes, ya que últimamente se están introduciendo en la docencia en algunas universidades. Otros sin embargo tienen un reparto más equilibrado entre los rangos de edades.

En cuanto a la aplicación de alguno de los conceptos, son los más tradicionales los que se han aplicado con más asiduidad por parte de los profesionales como son: PERT/CPM, *Garantía de Calidad* y la ISO 9901. No obstante llama la atención que los conceptos de *Building Information Modeling*, *Cadena Crítica*, *Lean Construction* y *Just in Time*, hayan sido aplicado al menos por un mínimo de 30 profesionales (del total de la muestra) dependiendo del concepto.

Finalmente los profesionales indican una ligera preferencia en la formación de los siguientes conceptos: *Building Information Modeling*, *Lean Construction*, *Just in Time*, Último Planificador, *Integrated Project Delivery* e ISO 9001, sobre las otros conceptos. Estos resultados confirman el interés por aquellos conceptos que están pensados de forma más específica para el sector de la construcción.

## 6. Agradecimientos

Los autores están muy agradecidos a todos los participantes en la encuesta, así como a aquellas personas que han facilitado su distribución.

## 7. Referencias

- Abudayyeh, O., Russell, J., Johnston, D. & Rowings, J. (2000). Construction engineering and management undergraduate education. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(3), 169-175.
- Alarcón, L.F. (1997). *Lean construction*. Rotterdam: Balkema.
- Alarcón, L.F., & Pellicer, E. (2009). Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. *Revista de Obras Públicas*, 3496, 45-52.
- Arditi, D., & Polat, G. (2010). Graduate education in construction management. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 136(3), 175-179.
- Azhar, S., Khalfan, M. & Maqsood, T. (2012). Building information modeling (BIM): Now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 4(12), 15-28.
- Ballard, H.G., & Howell, G. (1998). Shielding production: An essential step in production control. *Journal of Construction Engineering in Management*, 124(1), 18-24
- Chinowsky, P. (2002). Integrating management breadth in civil engineering education. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 128(3), 138-143.
- Christodoulou, S. (2004). Educating civil engineering professionals of tomorrow. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 130(2), 90-94.
- Edum-Fotwe F.T., & McCaffer R. (2000). Developing project management competency: perspectives from the construction industry. *International Journal of Project Management*, 18, 111-124.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3<sup>a</sup> ed.). Londres: SAGE.
- Galloway, P.D. (2007). *The 21<sup>st</sup> century engineer: a proposal for engineering education reform*. Reston (VA): American Society of Civil Engineers.
- Gann, D.M. (2000). *Building innovation: complex constructs in a changing world*. Londres: Thomas Telford.
- Ghassemi, R., & Becerik-Gerber, B. (2011). Transitioning to integrated project delivery: Potential barriers and lessons learned. *Lean Construction Journal*, 32-52.
- Goldratt, E.M. (1997). *Critical chain*. Great Barrington (MA): North River Press
- Goldratt, E.M., & Cox, J. (1992). *The goal: a process of ongoing improvement*. Great Barrington (MA): North River Press.
- Hernández Matías, J.C. & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Iglesias Sánchez, J.L. (2005). La programación de los proyectos y la cadena crítica de un proyecto. *Partida Doble*, XV(168), 88-103.
- Kent, D. C., & Becerik-Gerber, B. (2010). Understanding construction industry experience and attitudes toward integrated project delivery. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(8), 815-825.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford: Center For Integrated Facility Engineering, 72.
- Macneil, I.R. (1980). *The new social contract: An inquiry into modern contractual relations*. Yale: Yale University Press.
- Milosevic, D.Z., Martinelli, R.J. & Waddell, J.M. (2007). *Program management for improved business results*. Hoboken (NJ): Wiley.
- Pajares Gutierrez, J. & López Paredes, A. (2007). Gestión integrada del coste y del plazo de proyectos. Más allá de la metodología del valor ganado (EVM). *International Conference on Industrial Engineering & Industrial Management*, 719-728.
- Pellicer, E., Cerveró, F., Lozano, A., & Ponz-Tienda, J.L. (2015). The last planner system of construction planning and control as a teaching and learning tool. *Proceedings of INTED2015 Conference*, 4877-4884

- Pellicer, E., Yepes, V., & Ortega, A.J. (2013). Method for planning graduate programs in construction management. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 139(1), 33-41.
- Pellicer, E., Yepes, V., Teixeira, J.C., & Catalá, J. (2009) Developing learning manuals for European construction project managers. *International Conference on Education and New Learning Technologies EDULearn2009*, Barcelona (Spain), July, 6-8.
- PMI (2013). *A guide to the project management body of knowledge* (5<sup>a</sup> ed.). Newtown Square (PA): Project Management Institute.
- Rodriguez, A. D., Alarcón, L. F. & Pellicer, E. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*, 3518, 1-9.
- Russell, J. & Yao, J.T.P. (1996). Consensus! Students need more management education. *Journal of Management in Engineering*, 12(6), 17-29.
- Sacks, R., Treckmann, M. & O. Rozenfeld, P. (2009). Visualization of work flow to support lean construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(12), 1307-1315.
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A. & Minkarah, I. (2006). Lean construction: From theory to implementation. *Journal of Management in Engineering*, 22(4), 168-175.
- Sayer, N.J., & Williams, B. (2007). *Lean for dummies*. Hoboken (NJ): Wiley.
- Schön, K., Bergquist, B. & Klefsjö, B. (2010). The consequences of Six Sigma on job satisfaction: a study at three companies in Sweden. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(2), 99-118.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F. & Uchikawa, S. (2007). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553-564.
- Tatum, C.B. (2007). Balancing engineering and management in construction education. *Journal of Construction Engineering and Management*, 113(2), 264-272.
- Trejo, D., Patel, S., Andersen, S., & Cervantes E. (2003). Framework for competency and capability assessment for resource allocation. *Journal of Management in Engineering*, 18(1), 44-49.
- Vineet, K. (2011). An overview of Kaizen concept. *VSRD International Journal of Mechanical, Automobile & Production Engineering*, 1(3), 120-125.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Nueva York: Simon & Schuster.
- Yepes, V., Pellicer, E., & Ortega, A.J. (2012). Designing a benchmark indicator for managerial competences in construction at the graduate level. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 138(1), 48-54.
- Zidel, T.G. (2006). A lean toolbox—Using lean principles and techniques in healthcare. *Journal for Healthcare Quality*, 28(1), 7-15.