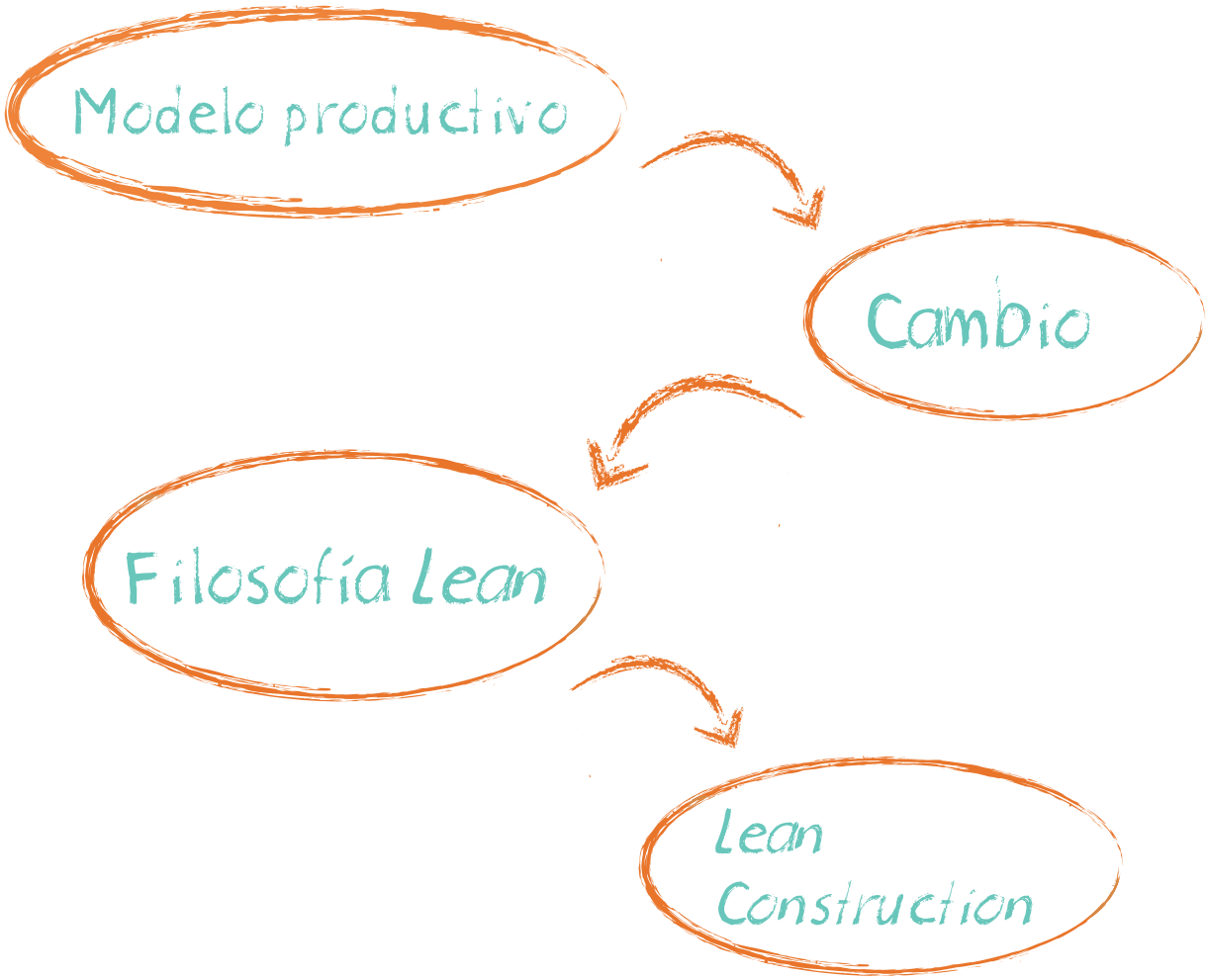
Introducción a *Lean Construction*

Juan Felipe Pons Achell



FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Introducción a *Lean construction*

Director del proyecto:
Emilio Lezana Pérez

Autor:
Juan Felipe Pons Achell

1ª edición: marzo 2014

© Juan Felipe Pons Achell
© Fundación Laboral de la Construcción

Edita:
Fundación Laboral de la Construcción
C/ Rivas, 25 - 28052 Madrid
Tel.: 900 11 21 21
www.fundacionlaboral.org

Depósito Legal: M-6849-2014

Índice

Prólogo 5

Agradecimientos 7

1. Introducción 9

2. La necesidad de un cambio de modelo productivo 11

2.1 Modelo tradicional 11

2.2 El cambio de modelo en España con respecto a otros países 13

3. La filosofía *Lean* como respuesta al cambio 15

3.1 ¿Que es un sistema *Lean*? 15

3.2 El sistema de producción Toyota (TPS) 15

3.3 Origen y difusión del sistema *Lean* 16

3.4 El concepto *muda* o desperdicio 18

3.5 Los prinicipios *Lean* 20

3.6 La construcción según el enfoque *Lean* 23

4. *Lean Construction* 26

4.1 Origen de *Lean Construction* 26

4.2 Definición de *Lean Construction* 26

4.3 ¿Qué esperamos al implantar *Lean Construcción*? 28

5. Implantar *Lean Construction* 37

5.1 *Lean Project Delivery System* (*LPDS*) 38

5.2 Las diferentes fases de un proyecto *Lean* según el *LPDS* 39

5.3 *Target Costing* o coste objetivo 42

5.4 *Integrated Project Delivery* (*IPD*) 45

5.5 El papel que juegan los principales actores según el *IPD* 49

5.6 Integración del *BIM* dentro del *IPD* 52

5.7 *Last Planner System* (*LPS*) o sistema del último planificador 53

5.8 Resumen: proyecto tradicional *vs*. proyecto *Lean* 58

6. Conclusiones **60**

7. Glosario de conceptos y herramientas *Lean* **63**

8. Bibliografía y referencias 68

Notas 71

Prólogo

Nuestra industria de la construcción a menudo es retratada como conservadora, resistente a los cambios y tardía en adoptar los avances tecnológicos. En realidad, este es un retrato que generalmente se ajusta bien a la realidad. Sin embargo, en 1992, gracias al trabajo pionero de Lauri Koskela, la industria de la construcción fue una de las primeras industrias en considerar la adopción de la Filosofía de *Lean Production*, proveniente de la industria automovilística y difundida tres años antes por investigadores del Massachusetts Institute of Technology (MIT). En los 20 años siguientes, gracias a la academia, representada por el International Group for Lean Construction (IGLC), al trabajo de organizaciones ligadas a la industria como el Lean Construction Institute (LCI) y a otras organizaciones locales de varios países, la adaptación de los principios de *Lean Production* a la construcción ha permitido cubrir los más diversos aspectos del ciclo de vida de los proyectos de construcción.

Inicialmente, el trabajo se focalizó en la producción sobre el terreno, adaptando y desarrollando las herramientas y los métodos para reducir las pérdidas y mejorar la planificación y el control de producción. También desde muy temprano se inició la exploración de la filosofía y la aplicación de sus principios en las etapas de diseño y su interrelación con las tecnologías de apoyo, particularmente con tecnologías de información y comunicación (TIC) y otras metodologías que apoyan la implementación de *Lean Construction* (*LC*). En los últimos años se ha logrado poner en funcionamiento esta filosofía en los diversos ámbitos de los proyectos, promoviendo el trabajo colaborativo, concurrente, fomentando la confianza y el trabajo en equipo y la alineación de objetivos de las organizaciones participantes.

En la actualidad, se puede apreciar un gran avance en el desarrollo y en la aplicación de *Lean Construction* que están bien reflejados en los contenidos de esta Introducción a *Lean Construction*. En los capítulos 1, 3 y 4 se introducen las motivaciones y la evolución de *LC*. Pero a mi juicio, es necesario destacar que en este trabajo se capturan tres aspectos esenciales para lograr una adecuada adopción de *Lean Construction*:

1) una filosofía que orienta la gestión y la estrategia global;
2) tecnologías y métodos que apoyan la implementación de los principios de esta filosofía y
3) la creación de una cultura que facilita que las personas sostengan la implementación.

El dedicado trabajo de Juan Felipe Pons Achell ha permitido que esta introducción incluya cada uno de esos aspectos: el capítulo 3 contiene una descripción de diversos aspectos de la filosofía, los conceptos y principios de *Lean Construction*; el capítulo 5 incluye una descripción de metodologías como el *Last Planner System (LPS)*, *Building Information Modeling*, *Target Value Design* (*TVD*), "5S" y otras; los aspectos de la cultura y los roles de las personas y las organizaciones son también discutidos en el capítulo 5. En este capítulo también se introduce el modelo de *Lean Project Delivery System* y los Contratos Relacionales Integrados, que a mi juicio es uno de los avances fundamentales para la implementación de *LC* en todo el ciclo de vida del proyecto. La evolución desde la contratación transaccional hacia los contratos relacionales integrados aparece como el elemento clave para posibilitar una implementación exitosa y global de *LC*.

La implementación de *LC* está cambiando radicalmente la manera de abordar los proyectos de construcción. Sin embargo, hasta ahora, una de las barreras a la difusión de la filosofía de *LC*, en países de habla hispana, ha sido la escasa disponibilidad de literatura en castellano, lo que ha impedido una difusión masiva de lo que hoy sabemos de esta filosofía. Esta introducción a *Lean Construction* constituye un gran aporte a la industria y a la academia y creo que el trabajo de Juan Felipe Pons Achell y la Fundación Laboral de la Construcción merecen nuestro mayor reconocimiento y aprecio por esta contribución.

LUIS FERNANDO ALARCON CARDENAS
Director Centro de Excelencia en Gestión de Producción
Director Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción
Pontificia Universidad Católica de Chile
www.gepuc.cl

Agradecimientos

Cuando Emilio Lezana y Juan Las Navas, gerente y presidente respectivamente de la Fundación Laboral de la Construcción de Navarra, se pusieron en contacto conmigo para colaborar en el proyecto de *Lean Construction*, presentí que teníamos la oportunidad y a la vez el reto y la responsabilidad de impulsar definitivamente el cambio de modelo productivo de la construcción en España, así que mi primer agradecimiento es para ellos, por su iniciativa y por haber confiado en mí para elaborar este documento.

Mi segundo agradecimiento es para el Luís Fernando Alarcón, autor del prólogo, quien me permitió aprender más sobre *Lean Construction* durante mi estancia docente en la Pontificia Universidad Católica de Chile. El profesor Alarcón conoce perfectamente lo que es liderar el cambio de modelo productivo en la industria de la construcción de un país, y espero que su éxito inspire a muchos en el viaje hacia *Lean Construction*.

Aunque no hayan participado directamente en la elaboración de este trabajo, han sido decisivas para conocer a fondo *Lean Construction* mis estancias docentes en varias universidades. En concreto mis tres permanencias en la Universidad de Salford, Manchester, bajo la tutela del profesor Lauri Koskela, quien estableció las bases teóricas de *Lean Construction* hace más de 20 años y mi última estancia docente en la Universidad de Berkeley, California, invitado por la profesora Iris Tommelein y Glenn Ballard; uno de los fundadores del Lean Construction Institute.

Por último, quiero agradecer personalmente las revisiones que sobre este trabajo han realizado Marc Bach Bonet, ingeniero de caminos y Luís Felipe Rodríguez Lánderer, arquitecto técnico, quienes como amigos y buenos conocedores de la realidad de la industria de la construcción en España en casi todos su ámbitos, han aportado ideas y un gran *feedback* en mi investigación; prácticamente desde mis inicios en *Lean Construction*.

1. Introducción

Desde principios de los años 90, el sistema productivo a nivel global se encuentra inmerso en un cambio, que surgió primero en el sector del automóvil (*Lean Manufacturing*) y más tarde fue adaptándose a otras industrias y sectores. La aplicación del nuevo modelo productivo a la construcción (*Lean Construction*) surgió a nivel académico hace 20 años y a nivel de implementación se está manifestando más intensamente desde 2007, principalmente en Estados Unidos, donde diversos estudios y análisis realizados hasta ahora revelan que las empresas que ya aplican esta filosofía de producción han obtenido altos niveles de rendimiento en cuanto a reducción de costes, incremento de la productividad, cumplimiento de los plazos de entrega, mayor calidad, incremento de la seguridad, mejor gestión del riesgo y mayor grado de satisfacción del cliente. En España, el interés de las empresas hacia *Lean Construction* ha sido escaso o casi nulo hasta ahora, aunque está empezando a despertar.

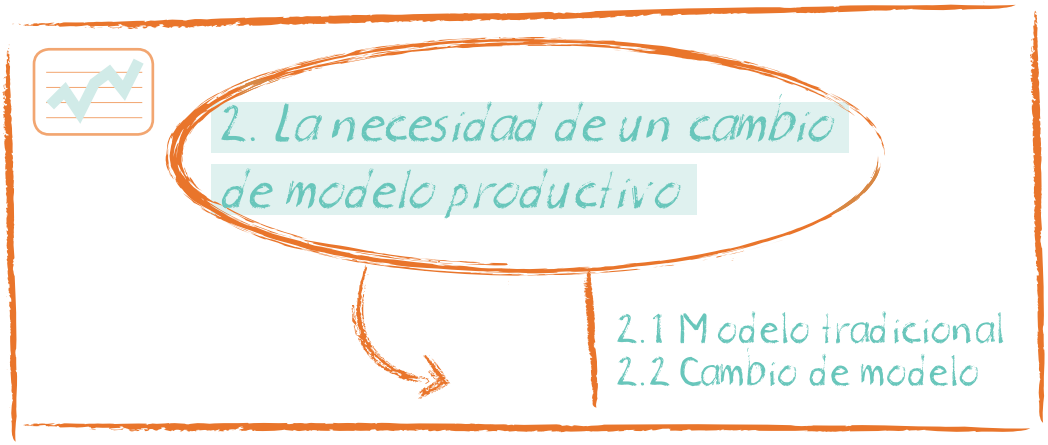
El sistema *Lean* nos proporciona herramientas que contribuyen a una mayor integración entre los diferentes agentes sociales y las empresas que intervienen a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, desde los gerentes hasta los trabajadores a pie de obra. Esto implica adoptar un nuevo enfoque en la gestión integral del proyecto.

En una empresa *Lean*, las personas representan un activo fundamental, la mano de obra está mejor formada, juega un papel más enérgico en la mejora continua y la contratación de personal se lleva a cabo de una manera más ordenada, sostenible y con visión a largo plazo, dando como resultado una mayor calidad laboral. Este sistema fomenta el trabajo en equipo, mejora la comunicación, facilita la visión de conjunto de todo el proceso, ayuda a la identificación temprana de errores seguida de una resolución eficaz y rápida de problemas, y conduce hacia una mayor autogestión. La gestión integral de todo el proyecto pasa del modelo tradicional jerarquizado de mando y orden a un sistema colaborativo y de autoridad distribuida; y de un modelo contractual de tipo transaccional a uno de tipo relacional y de riesgo compartido, en el que se pueden contemplar diferentes niveles de colaboración según la Guía *Integrated Project Delivery For Public and Private Owners* (2010).

Con respecto al cliente, el sistema de gestión tradicional que se ha utilizado hasta ahora ha estado más focalizado en los procesos que en la entrega de valor al cliente. Esto es un hecho que hemos podido constatar en los últimos años, ya fuera en la construcción de un edificio de viviendas, una infraestructura pública o un edificio destinado a ofrecer servicios públicos. Los usuarios y consumidores están siendo cada vez más exigentes y ahora están mejor informados, demandan mayor calidad a un menor coste y una entrega de valor que se ajuste más a sus necesidades y condiciones actuales. El cliente –propietario o usuario final– pasa a jugar un papel clave dentro de todo el ciclo de vida del proyecto, y es este quien definirá o ayudará a definir los principales valores por los que se regirá el proyecto. Esto requiere más competitividad por parte de las empresas y agentes sociales que intervienen en todo el proceso constructivo.

El conjunto de principios, conceptos y herramientas que nos ayudará a lograr con éxito todos estos objetivos se agrupa bajo el paraguas de *Lean Construction*, que es una filosofía de trabajo y un sistema de producción que ha venido para quedarse.

En esta introducción exponemos el porqué de la necesidad inmediata del cambio de modelo productivo, el origen y los principios de la filosofía Lean y su campo de aplicación a la construcción, cuáles son las diferentes etapas de un proyecto *Lean*, los roles que juegan los principales actores, y las herramientas y los conceptos clave de este sistema para llevar a cabo con éxito su implantación.



2.1 Modelo tradicional

Los problemas típicos del modelo tradicional de la gestión integral de proyectos, desde su fase inicial de diseño hasta su ejecución, uso y mantenimiento, incluyen:

- Escasa formación y experiencia en los nuevos sistemas de gestión y planificación de obras.
- Control de calidad ineficaz basado en métodos estadísticos que están lejos de garantizar el cien por cien de la calidad.
- Escaso rigor en el cumplimiento de las medidas de seguridad.
- Errores y omisiones en proyectos.
- Falta de interés en la formación y capacitación de los trabajadores.
- Falta de coordinación entre los actores intervinientes en las diferentes etapas del proyecto.
- Falta de transparencia y comunicación entre las partes interesadas y
- Baja productividad comparada con otras industrias.

Las principales consecuencias de todo ello son bien conocidas: ejecución de obras fuera de plazo, sobrecostes, reclamaciones derivadas de la escasa calidad, excesivo número de accidentes laborales y, en general, incertidumbre y variabilidad con respecto a las condiciones iniciales del contrato.

Las razones históricas de esta disfuncionalidad son muchas, entre ellas, la multiplicidad de participantes con intereses en conflicto, una cultura organizacional incompatible entre los miembros del equipo de proyecto y el acceso limitado a la información oportuna, en el momento preciso. Así pues, el objetivo de todos los actores en la industria de la construcción debería ser una mejor, más rápida y más eficaz gestión integral del proyecto –desde el diseño hasta el uso del edificio o infraestructura– creada por la formación de equipos totalmente integrados y colaborativos.

Según informe[1] publicado en 2010 por diversas organizaciones que representan a promotores, arquitectos, constructores, administración pública y enseñanzas universitarias de Estados Unidos, la industria que engloba la arquitectura, ingeniería y construcción, que apenas ha sufrido cambios esenciales durante más de un siglo, está apuntando hacia un futuro significativamente diferente al actual. Nuevas herramientas, metodologías y roles están influyendo y dando forma

a cambios fundamentales en la cultura empresarial de la construcción. Estamos en las primeras etapas de una transformación acelerada, generalizada y positiva, y es muy importante que comprendamos por qué necesitamos un cambio de sistema productivo en la construcción. Según este mismo estudio, entre las fuerzas más importantes que están influyendo en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción hoy en día se incluyen las tres siguientes:

- **Desperdicio y falta de productividad**

Un estudio comparativo realizado por la Oficina de Estadísticas del Trabajo del Departamento Americano de Comercio sobre la productividad laboral para la industria de la construcción de EE. UU. y todas las demás industrias no agrícolas, revela que durante el período de tiempo comprendido entre 1964 y 2003 el índice de productividad de la construcción descendió casi un 25%, mientras que la productividad en el resto de la industria no agrícola se incrementó en casi un 200%.

Otro estudio de 2004 del Construction Industry Institute y el Lean Construction Institute indica que hasta el 57% del tiempo, el esfuerzo y el material de la inversión en proyectos de construcción no añade valor al producto final, mientras que en comparación en la industria de la fabricación la cifra es solo del 26%.

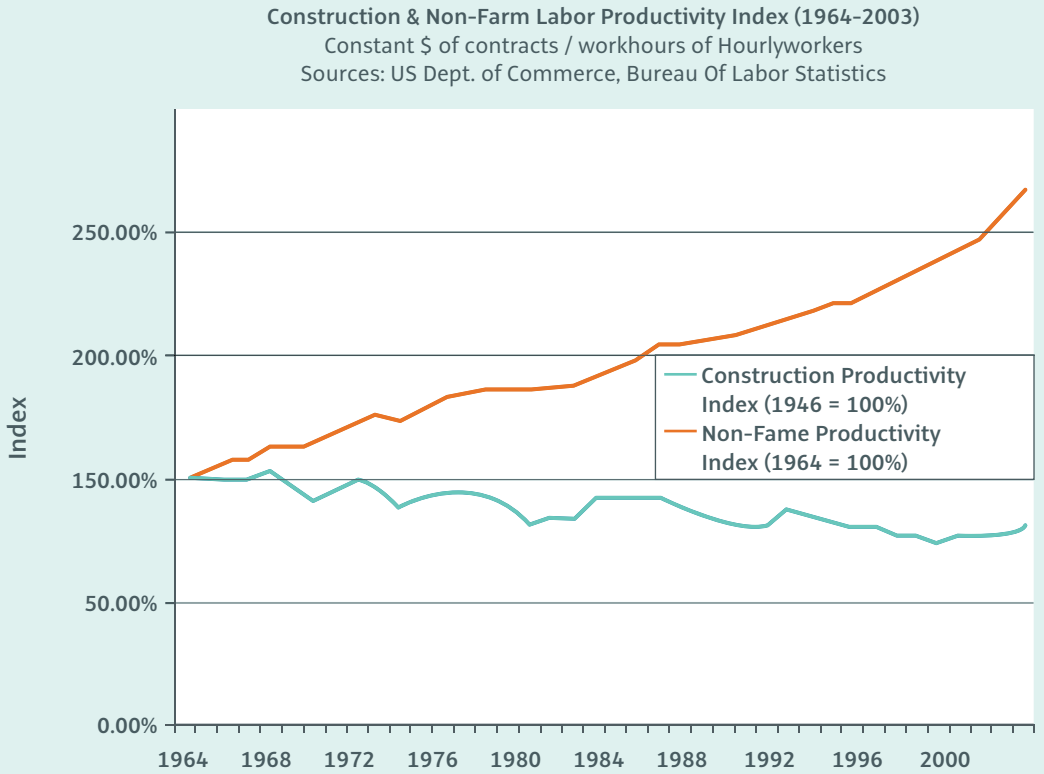


Figura 1. *Productividad de la construcción comparada con otras industrias en Estados Unidos*

- **La evolución tecnológica (*software*)**

El *software* que disponemos hoy para desarrollar y llevar a cabo un proyecto es capaz de gestionar una amplia y enorme gama de datos complejos, y al mismo tiempo, ahora es más fácil de utilizar y poseemos ordenadores más potentes y asequibles de precio. Los profesionales más jóvenes están entrando en la industria con nuevas habilidades, son conocedores de la tecnología y se sienten cómodos con las nuevas herramientas. Un informe de 2008 de McGraw-Hill Construction sobre la interoperabilidad sugiere que 2008 fue el punto de inflexión del *Building Information Modeling* (*BIM*), que se ha convertido en un sistema de trabajo inevitable.

- **Una mayor demanda de valor por parte del propietario o usuario final del edificio, instalación o infraestructura**

Los propietarios, compradores y usuarios finales exigen cada vez una mayor entrega de valor. Son conscientes tanto de los problemas sobre desperdicio y falta de productividad en la construcción como de los avances tecnológicos; y exigen un cambio. En 2004, la mesa redonda de usuarios de la construcción de EE. UU. generó dos documentos técnicos instando hacia un cambio significativo en todo el proceso de edificación. Según esta organización, la necesidad de considerar nuevos métodos en la gestión integral de proyectos se hace cada vez más evidente por la reiteración de numerosos problemas relacionados con los métodos tradicionales actuales. En este sentido, muchos propietarios y usuarios comparten las frustraciones asociadas con los métodos tradicionales basados en el proceso tradicional de **diseño-licitación-construcción**. Este sistema está plagado por la falta de cooperación y la mala integración de la información.

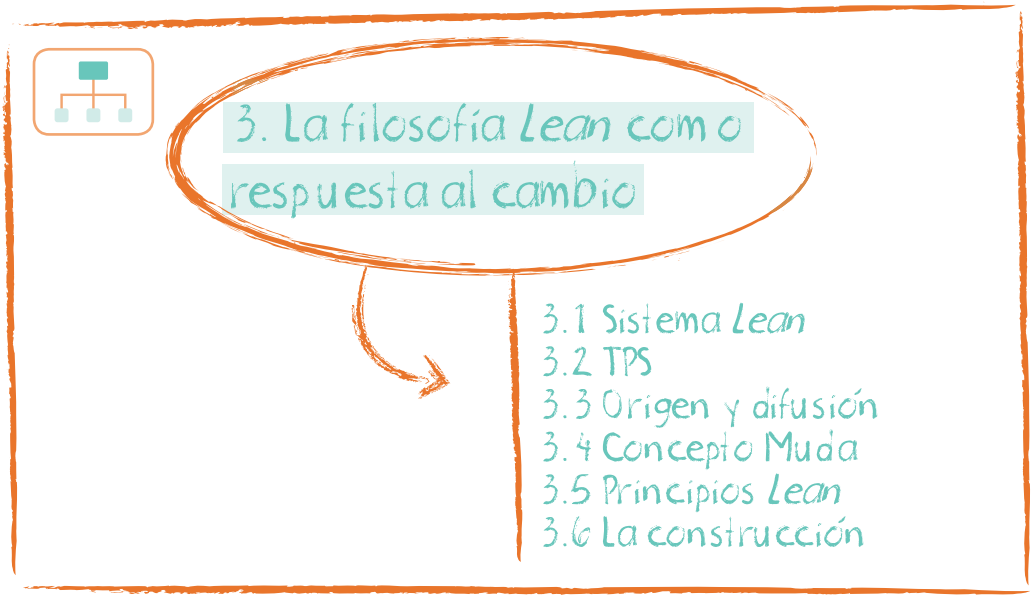
2.2 El cambio de modelo en España con respecto a otros países

Los resultados del estudio que acabamos de describir son una muestra evidente de que estamos inmersos en un cambio profundo de modelo productivo, no solo en el sector industrial de la fabricación sino también en la industria de la construcción. Este cambio empezó hace más de dos décadas, primero en el sector del automóvil y poco a poco se fue extendiendo a otras industrias. La implantación del nuevo modelo productivo está siendo desigual según sectores y áreas geográficas, pero ya es un hecho a nivel global. En la construcción, los cambios van más despacio pero se están produciendo grandes avances principalmente en EE. UU. y su aplicación está creciendo rápidamente por todo el mundo. En los llamados países nórdicos y de cultura anglosajona el interés por *Lean Construction* viene desde sus inicios, y en América Latina hay un enorme interés por la aplicación de *Lean Construction*, que se aprecia de manera notable en países como Chile, Brasil o Perú.

En España, entre 1998 y 2007 se vivió un período de crecimiento en el sector inmobiliario sin precedentes, tanto por su magnitud como por su duración, que no nos benefició a la hora de adoptar este modelo. Durante la época del *boom* inmobiliario, la obtención de financiación para la construcción, procedente principalmente de los bancos, era fácil y barata tanto para empresas promotoras como para compradores. Este sistema resultó ideal para ocultar la improductividad y la mala gestión de muchas empresas, ya que si la improductividad aumentaba o los problemas surgían, el sobrecoste del proyecto se podía absorber con más financiación y/o subidas de precios. Bajo esta coyuntura, la inversión y el empleo de recursos en innovación y aplicación de nuevos modelos productivos como *Lean Construction* no resultaba una necesidad inmediata para el crecimiento del sector de la construcción, y por tanto, no logró despertar el interés por parte de las empresas.

Por otra lado, resulta fácil e incluso lógico asociar la mayor parte de los problemas crónicos de la construcción en España al hecho en sí del pasado *boom* inmobiliario y todo lo que un fenómeno así conlleva, pero si analizamos de manera histórica la evolución de la construcción en España durante las últimas décadas, podemos apreciar que la mayor parte de los problemas comentados hasta ahora ya existían antes del *boom* y su verdadera causa raíz sigue presente hoy en día. Así, sería un error reducir el problema únicamente a esta situación coyuntural.

Aunque no se discute su enorme capacidad técnica para desarrollar grandes edificaciones e infraestructuras, el sector de la construcción en España no goza en estos momentos de muy buena imagen por parte de los usuarios y consumidores. Durante los últimos 25 años, el sector del automóvil ha hecho un gran esfuerzo por mejorar su imagen. Hace años que hemos dejado de escuchar aquella frase de "he tenido suerte con el coche" o "mi coche me ha salido bueno", como si la calidad de un coche dependiera de la suerte. Sin embargo, esas mismas frases las estamos escuchando ahora, todos los días, relativas la construcción (en viviendas, uso de instalaciones o infraestructuras públicas, etc.). Hoy en día todos dan por hecho que cuando compran un coche, desde la gama alta a la baja, este va a cumplir sus expectativas en cuanto a calidad, acabados y plazos de entrega. España es el segundo país productor de automóviles de Europa, por lo tanto, podemos aprender mucho de esta industria, que lleva años implantando *Lean Manufacturing* en nuestro país. La aplicación de *Lean Construction*, que ya ha demostrado mayores niveles de transparencia y entrega de valor dirigida hacia el cliente, podría acelerar la confianza hacia el sector por parte de usuarios, consumidores e inversores por un lado, y entre contratistas, subcontratistas, técnicos, proveedores, promotores y administración pública, por otro. Ahora tenemos la necesidad y al mismo tiempo la oportunidad de recuperar tanto el tiempo perdido en la falta de inversión en innovación como la confianza de los clientes y propietarios.



3.1 ¿Qué es un sistema *Lean*?

El *Lean Lexicon*[2] define *Lean production* o producción ajustada como un sistema de negocio, desarrollado inicialmente por Toyota después de la Segunda Guerra Mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que requiere menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según los deseos precisos del cliente, comparado con el sistema previo de producción en masa.

El uso del término *Lean* obedece al hecho de que este sistema utiliza menos de todo comparado con la producción en masa: la mitad de esfuerzo humano en la fábrica, la mitad de espacio en la fabricación, la mitad de inversión en herramientas, la mitad de horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto en la mitad de tiempo. Además, requiere mantener mucho menos de la mitad del inventario necesario en el sitio, dando lugar a muchos menos defectos y produce una mayor e incluso creciente variedad de productos (Womack, Jones y Ross 1990).

3.2 El sistema de producción Toyota (TPS)

El *Lean Lexicon* define el TPS como el sistema de producción desarrollado por la Toyota Motors Company para proporcionar mejor calidad, a un menor coste y con plazos de entrega más cortos mediante la eliminación de desperdicio (improductividad o actividades que no añaden valor). El TPS está compuesto por dos pilares: el *Just-in-Time* (*JIT*) y el *Jidoka*; y se sustenta y perfecciona a través de iteracciones de trabajo estandarizado y Kaizen o mejora continua, seguido de un plan de acción a través de un *PDCA* (ver cuadro).

Sakichi Toyoda, fundador del grupo empresarial Toyota, inventó el concepto de Jidoka a comienzos del siglo XX mediante la incorporación de un dispositivo en su telar automático que paraba el funcionamiento del telar cada vez que un hilo se rompía. Esto permitió grandes mejoras a la hora de garantizar la calidad y permitió liberar a los trabajadores para que pudieran dedicar más tiempo a tareas que realmente añadían valor, en lugar de simplemente estar controlando las máquinas y la calidad. Eventualmente, este simple concepto encontró su camino en cada máquina, cada línea de producción y cada operación de Toyota. Este concepto japonés significa proveer a las máquinas y a los trabajadores la habilidad de detectar cuándo ocurre una condición fuera de lo normal e inmediatamente parar el trabajo para identificar la causa raíz.

El ***Just-in-Time*** (*JIT*) es un sistema de producción que fabrica y entrega justo lo que se necesita, cuándo se necesita y en la cantidad que se necesita. Kiichiro Toyoda, hijo de Sakichi Toyoda desarrolló este concepto en la década de los 30. Fue él quien decretó que las operaciones de Toyota no deberían tener exceso de inventario y que Toyota debería esforzarse en trabajar en colaboración con los proveedores para nivelar la producción. Bajo el liderazgo del ingeniero Taiichi Ohno, el *JIT* se desarrolló dentro de un único sistema de flujo de información y materiales para controlar la sobreproducción.

PDCA son las siglas de *Plan-Do-Check-Act* – también conocido como Ciclo de Deming una vez que W. Edwards Deming introdujera el concepto en Japón en la década de los años 50. Es un ciclo de mejora continua basado en el método científico de proponer un cambio de mejora en un proceso, implementar el cambio, medir y controlar los resultados, y llevar a cabo las acciones correctoras.

El desarrollo del TPS se le atribuye a Taiichi Ohno[3], jefe de producción de Toyota en el período posterior a la Segunda Guerra Mundial. A partir de operaciones en las máquinas y extendiéndose desde allí, Ohno dirigió el desarrollo del TPS en Toyota a lo largo de las décadas de los 50 y 60, y la difusión hacia la cadena de suministro a lo largo de las décadas de los 60 y 70. El TPS nació a partir de una necesidad: producción de pequeñas cantidades, de muchas variedades y en condiciones de escasa demanda, comparado con el sistema de producción en masa, que en ese momento estaba triunfando en EE. UU., necesidades que se dan en estos momentos en España.

3.3 Origen y difusión del sistema *Lean*

La crisis del petróleo en otoño de 1973, a la que siguió una importante recesión, afectó a gobiernos, negocios y en general a la sociedad de todo el mundo. En 1974 la economía japonesa llegó a colapsarse hasta un estado de crecimiento cero. Sin embargo, en Toyota, aunque se redujeron sus beneficios, se consiguió mantener unos ingresos –durante los años 1975, 1976 y 1977– superiores a los de otras empresas. El amplio margen diferencial entre ella y las demás empresas hizo que la gente se preguntara qué ocurría en Toyota (Ohno 1988).

Una década más tarde, en 1985, se originó en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) el Programa Internacional de Vehículos a Motor (PIVM) con el fin de comprender las fuerzas fundamentales del cambio industrial y mejorar el proceso de decisión política relativo al cambio.

Los resultados de dicho estudio, revelaron que las empresas japonesas habían desarrollado un sistema productivo propio superior, capaz de fabricar con mayor calidad, a un menor coste y con plazos de entrega más cortos, tanto a nivel de diseño como a nivel de fabricación.

Planta de montaje de Framigham de General Motors *versus* Planta de montaje de Takaoka de Toyota , 1986		
	Framigham	Takaoka
Horas de montaje bruto por coche	40,7	18,0
Horas de montaje ajustado por coche	31	16
Defectos de montaje cada 100 coches	130	45
Espacio de montaje por coche	8,1	4,8
Existencia de inventario (promedio)	2 semanas	2 horas

Figura 2. *Diferencias en 1986 entre una planta de montaje de General Motors y una de Toyota. Fuente: La máquina que cambió el mundo (Womack, Jones y Ross 1991)*

El término que se adoptó tanto desde el punto de vista académico como empresarial para definir el conjunto de técnicas de producción japonesas desarrolladas por la Toyota Motors fue *Lean production* o producción ajustada. Fue acuñado por John Krafcik[4] a finales de la década de los 80, y difundido a nivel global durante la década de los 90 a raíz de la publicación de los libros *La máquina que cambió* el mundo, de James P. Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos[5] y *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa* de J. Womack y D. Jones. La publicación *Las claves del éxito Toyota* de Jeffrey K. Liker (2006) contribuyó enormemente a la difusión del sistema de producción Toyota.

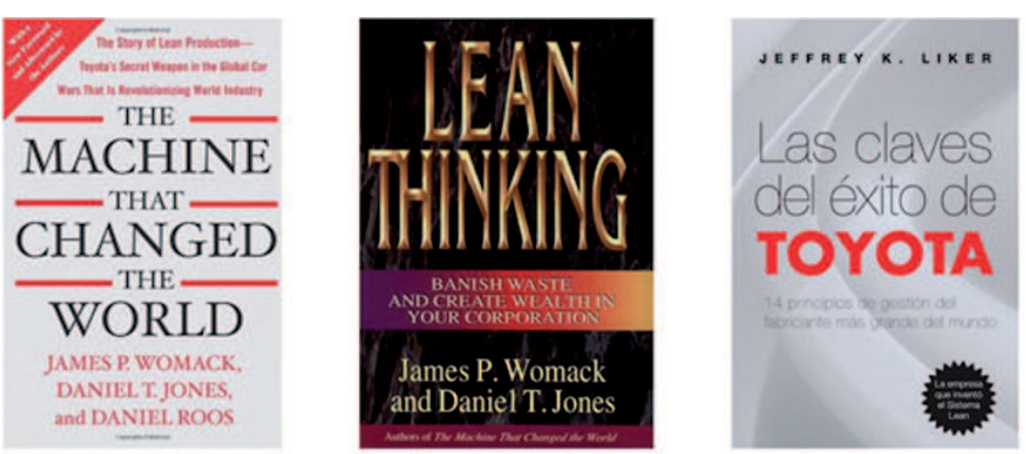


Figura 3. *Tres de los libros que más han contribuido a la difusión y conocimiento de la filosofía Lean y el TPS: La máquina que cambió el mundo, Lean Thinking y Las claves del éxito Toyota*

3.4 El concepto *muda* o desperdicio

Lean es crear valor para el cliente y eliminar desperdicio. Según la filosofía *Lean*, todo lo que no es valor para el cliente es *muda* o desperdicio que puede ser eliminado o minimizado. Por lo tanto, es necesario comprender primero el significado de *muda* o desperdicio para seguir avanzando en el conocimiento del sistema *Lean*.

a. Definición

Muda es una palara japonesa que significa desperdicio, en el sentido de toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor: fallos que precisan rectificación, producción de artículos que nadie desea y el consiguiente amontonamiento de existencias y productos sobrantes, pasos en el proceso que no son realmente necesarios, movimientos de empleados y transporte de productos de un lugar a otro sin ningún propósito, grupos de personas en una actividad aguas abajo en espera porque una actividad aguas arriba no se ha entregado a tiempo, y bienes y servicios que no satisfacen las necesidades del cliente (Womack y Jones 1996).

Una prueba inequívoca del compromiso de Toyota por eliminar los desperdicios la encontramos en la siguiente entrevista que Norman Bodek le hizo a Taiichi Ohno: "¿Qué está haciendo Toyota hoy?". Respuesta de Ohno: "Lo único que estamos haciendo es observar el ciclo de caja, desde el momento en que el cliente nos hace un pedido hasta el momento en que recogemos el dinero en efectivo. Y estamos reduciendo este período de tiempo eliminando las pérdidas que no suponen valor añadido alguno".

PEDIDO → **CICLO DE CAJA** → **DINERO EFECTIVO**

Taiichi Ohno descubrió que en una empresa u organización la mayor parte de las actividades que realizamos no añaden valor neto al producto o servicio final que entregamos al cliente y por lo tanto son susceptibles de mejorar o eliminar.

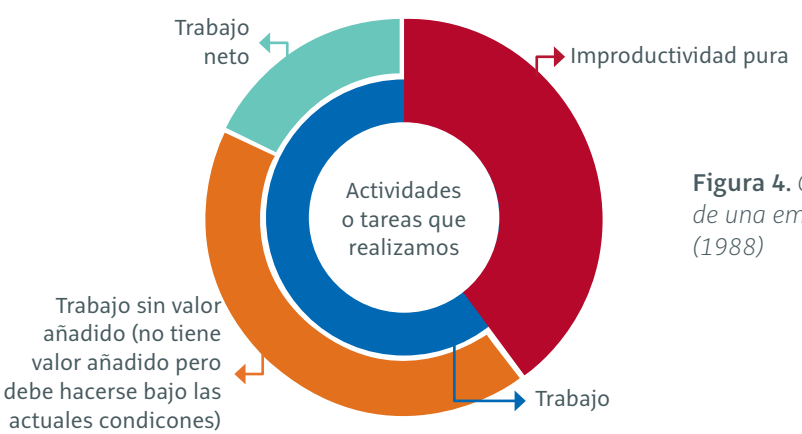


Figura 4. *Círculo de la improductividad de una empresa. Adaptado de Ohno (1988)*

b. Clasificación de los desperdicios

Taiichi Ohno clasificó los 7 desperdicios que causaban la mayor parte de las interrupciones del flujo dentro de la cadena o flujo de valor en la planta de producción que él mismo dirigía. La siguiente tabla refleja una adaptación a la industria de la construcción de los 7 desperdicios de Ohno más el desperdicio del talento y la falta de creatividad según fue definido por Jeffrey Liker.

DESPERDICIOS	DESCRIPCIÓN
SOBREPRODUCCIÓN	Producción de cantidades más grandes que las requeridas o más pronto de lo necesario; planos adicionales (no esenciales, poco prácticos o excesivamente detallados); uso de un equipamiento altamente sofisticado cuando uno mucho más simple sería suficiente; más calidad que la esperada.
ESPERAS O TIEMPO DE INACTIVIDAD	Esperas, interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad debido a la falta de datos, información, especificaciones u órdenes, planos, materiales, equipos, esperar a que termine la actividad precedente, aprobaciones, resultados de laboratorio, financiación, personal, área de trabajo inaccesible, iteración entre varios especialistas, contradicciones en los documentos de diseño, retraso en el transporte o instalación de equipos, falta de coordinación entre las cuadrillas, escasez de equipos, repetición del trabajo debido a cambios en el diseño y revisiones, accidentes por falta de seguridad.
TRANSPORTE INNECESARIO	Se refiere al transporte innecesario relacionado con el movimiento interno de los recursos (materiales, datos, etc.) en la obra. Por lo general, está relacionado con la mala distribución y la falta de planificación de los flujos de materiales e información. Sus principales consecuencias son: pérdida de horas de trabajo, pérdida de energía, pérdida de espacio en la obra y la posibilidad de pérdidas de material durante el transporte.
SOBREPROCESAMIENTO	Procesos adicionales en la construcción o instalación de elementos que causan el uso excesivo de materia prima, equipos, energía, etc. Monitorización y control adicional (inspecciones excesivas o inspecciones duplicadas).
EXCESO DE INVENTARIO	Se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a pérdidas de material (por deterioro, obsolescencias, pérdidas debidas a condiciones inadecuadas de *stock* en la obra, robo y vandalismo), personal adicional para gestionar ese exceso de material y costes financieros por la compra anticipada.
MOVIMIENTOS INNECESARIOS	Se refiere a los movimientos innecesarios o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo. Pérdida de tiempo y bajas laborales.
DEFECTOS DE CALIDAD	Errores en el diseño, mediciones y planos; desajuste entre planos de diseño y planos de estructura o instalaciones, uso de métodos de trabajo incorrectos, mano de obra poco cualificada. Las dos consecuencias principales de la mala calidad son: la repetición del trabajo y la insatisfacción del cliente.
TALENTO	Se pierde tiempo, ideas, aptitudes, mejoras y se desperdician oportunidades de aprendizaje y de conseguir altos rendimientos por no motivar o escuchar a los empleados y por tener una mano de obra poco cualificada, poco formada, mal informada y con falta de estímulos y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas.

Figura 5. *Los 8 desperdicios de la construcción*

c. ¿Por qué es tan difícil identificar la improductividad?

A pesar de la lógica aplastante y el sentido común aparente de los 8 desperdicios según la filosofía *Lean*, nos preguntamos ¿por qué resulta tan difícil identificarlos y eliminarlos en las empresas y organizaciones? Principalmente hemos encontrado los siguientes motivos:

- Porque normalmente la improductividad está oculta y acabamos asumiendo como productivas tareas que no lo son.

> Por ejemplo, asumimos como trabajo productivo todo el transporte interno que realiza un carretillero o gruista en una obra aun cuando gran parte de ese trabajo sea transportar material de un lugar a otro por la falta de espacio, exceso de inventario, mala planificación o pobre distribución de la obra.

- Porque muchas organizaciones terminan habituándose a convivir con el desperdicio, encontrando maneras de trabajar alrededor del problema y aceptando como mejoras, medidas provisionales o *parches*, sin atacar la causa raíz.
- Porque no se ha formado a los trabajadores, directivos y cargos intermedios para aprender a identificar y eliminar el desperdicio.
- Porque no medimos ni cuantificamos el desperdicio y por lo tanto no somos conscientes del dinero que nos cuesta la improductividad.
- Porque, en general, usamos un sistema productivo basado en el modelo de conversión o transformación, focalizado en la mejora del rendimiento de tareas individuales en lugar de adoptar una visión más holística o general de todo el proceso y focalizarse en la identificación y eliminación del desperdicio en toda la cadena o flujo de valor.
- Porque, en general, casi nadie sabe cómo afecta o influye el trabajo que ellos hacen sobre los demás y normalmente no hay un responsable claro de todo el flujo de valor.

Como consecuencia de lo anterior la improductividad termina enraizando en las organizaciones. Por otra parte, según Spear (2009), las empresas que mejor se han adaptado y han superado las crisis, son empresas que aprenden más rápido de los errores y consideran la empresa no solo un lugar para ir a trabajar sino un lugar donde aprender a mejorar el servicio o producto que ofrecen cada día. Este tipo de empresas han desarrollado las siguientes habilidades:

1. Aprenden a ver los problemas cuando ocurren y hacerlos visibles.
2. Atacan y solucionan los problemas inmediatamente dónde y cuándo ocurren.
3. Comparten el nuevo conocimiento a lo largo de toda la organización.
4. Aprenden a liderar el desarrollo de las tres capacidades anteriores.

3.5 Los principios *Lean*

El pensamiento *Lean* tiene cinco principios básicos que fueron definidos por Womack y Jones (1996). Por otra parte, Liker (2006) definió los 14 principios del Sistema de Producción Toyota. A continuación, describimos los cinco principios básicos del pensamiento *Lean*, más la transparencia y la capacitación:

- **1º Valor**

Lean es crear valor para el cliente. Esto implica entender qué quiere el cliente. Una mejor comprensión de los valores desde el punto de vista del cliente proporciona las bases para un diseño del producto y el proceso para fabricarlo, más efectivos. El valor es el punto de partida del pensamiento *Lean*. Se puede definir como el aprecio que un cliente o consumidor le da a un producto o servicio para satisfacer sus necesidades a un precio concreto, en un momento determinado.

En una empresa *Lean*, debemos distinguir entre dos tipos de cliente. Por un lado tenemos el cliente externo, al que generalmente se identifica como el usuario o consumidor –generalmente es el que define el valor del producto o servicio– aunque también puede ser un almacenista, intermediario o un instalador. Por otra parte, tenemos el cliente interno, que en un sistema *Lean* es todo aquel que dentro del flujo de valor recibe una entrada de material o información por parte de un proceso ubicado aguas arriba en el flujo de valor.

- **2º *Value Stream* (Traducido como cadena de valor o flujo de valor)**

El siguiente paso es identificar la cadena de valor. Entendemos por cadena de valor todas las actividades actualmente necesarias para la transformación de materiales e información en un producto o servicio terminado y entregado al cliente, desde la concepción de su diseño hasta su lanzamiento y desde el pedido hasta la entrega. Según el sistema *Lean*, desde el primer momento asumimos que algunas de estas actividades aportan valor añadido y otras no.

Una empresa *Lean* se gestiona a través de flujos de valor. Podemos identificar flujos de valor amplios que abarquen a toda nuestra cadena de proveedores y clientes (lo que coincidiría con el concepto y la definición de cadena de valor de Michael Porter) o flujos de valor más reducidos, incluso a nivel de células de trabajo. No obstante, el flujo de valor de una empresa normalmente abarca desde que entra el pedido de un cliente hasta que se hace efectivo el cobro y desde que se realiza el pedido de la materia prima hasta que sale transformada hacia el cliente (esto incluye tanto las entradas y salidas de materiales como de las de información). Y generalmente, existe un flujo de valor por cada familia de productos o servicios que entregue la empresa (según el concepto de familia de productos de Mike Rother y John Shook). Para evitar confusiones, a la hora de definir el flujo de valor, es importante dejar claro dónde empieza y dónde acaba este.

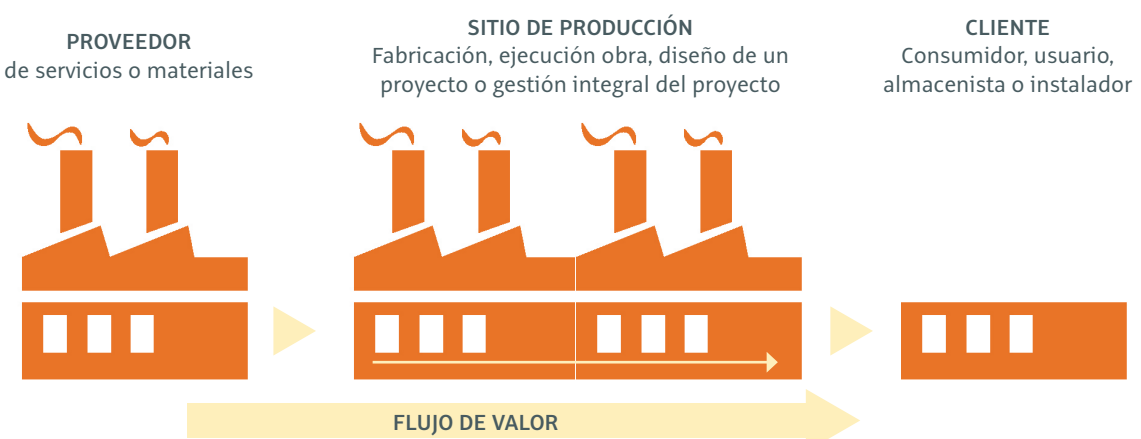


Figura 6. *Representación de la cadena o flujo de valor según la filosofía Lean*

Las empresas *Lea*n se focalizan en los flujos de valor porque es donde se genera el dinero y donde resulta más fácil identificar el desperdicio y desarrollar un plan de acción para eliminarlo. Sin embargo, la empresa tradicional está gestionada por departamentos y, normalmente, focalizada en la mejora de tareas individuales en lugar de la mejora de todo el flujo de valor, por lo tanto, resulta más difícil identificar los desperdicios y la improductividad.

- **3º Flujo**

Una vez se ha identificado el valor para el cliente, hemos grafiado la cadena de valor y se han eliminado las operaciones cuyo desperdicio es evidente, el siguiente paso es hacer que fluyan las operaciones creadoras de valor que quedan.

En la mayoría de flujos de valor, las actividades que realmente añaden valor tal y como lo percibe el cliente representan una fracción mínima del total. *Lean* trabaja en la identificación y eliminación del mayor número posible de actividades que no añaden valor para mejorar la productividad y entregar más valor al cliente. Eliminar desperdicio es también una forma de crear flujo continuo en toda la cadena de valor.

- **4º Sistema *Pull***

Es un sistema de control de la producción en el que las actividades aguas abajo (tanto las que están en las mismas instalaciones como en instalaciones separadas) dan la señal de sus necesidades a las actividades aguas arriba de la cadena de valor, a menudo mediante **tarjetas Kanban**, sobre qué elemento o material necesitan, en qué cantidad, cuándo y dónde lo necesitan. Es decir, que el proceso del proveedor aguas arriba no produce nada hasta que el proceso del cliente aguas abajo lo señala. Es el cliente (interno o externo) quien tira de la demanda y no el fabricante o productor quién empuja los productos hacia el cliente.

El sistema *Pull* es un componente fundamental del *Just-in-Time* y se esfuerza por eliminar el exceso de inventario y la sobreproducción. Este sistema es el opuesto al sistema de producción tradicional o *Push*, que está basado en el sistema de grandes lotes de artículos producidos a gran escala y a la máxima velocidad, según la demanda prevista, moviéndolos o empujándolos hacia el siguiente proceso aguas abajo o bien hacia el almacén de productos terminados, sin tener en cuenta el ritmo actual de trabajo del siguiente proceso o la demanda real del cliente.

- **5º Perfección**

Lean Lexicon define perfección como un proceso que proporciona puro valor, tal y como ha sido definido por el cliente, sin ninguna *muda* o desperdicio de ninguna clase. Para lograr esto son fundamentales 3 herramientas de la cultura *Lean*: el *Kaizen* o mejora continua, la **estandarización de procesos** y un plan de acción o *PDCA*.

A medida que las organizaciones empiezan a especificar el valor de modo preciso, identifican toda la cadena de valor, hacen que las etapas creadoras de valor para los productos específicos fluyan constantemente y dejan que sean los clientes quienes atraigan hacia sí (*Pull*) valor desde la empresa, las personas involucradas caen en la cuenta de que no hay límite para la mejora continua, mientras ofrecen un producto o servicio cada vez más cerca de lo que el cliente verdaderamente desea.

- **6º Transparencia**

La transparencia es un estímulo muy importante para todos (subcontratistas, proveedores de primer nivel, ensambladores, distribuidores, consumidores y empleados) ya que al tener acceso a más información resulta más fácil descubrir mejores metodologías para la creación de valor. Además se produce un ***feedback*** casi instantáneo y altamente positivo para los empleados que hacen mejoras, un rasgo clave del trabajo Lean y un estímulo poderoso para seguir haciendo esfuerzos por mejorar. La descentralización en la toma de decisiones a través de la transparencia y la potenciación de habilidades, significa proporcionar a los participantes del proyecto información sobre el estado de los sistemas de producción, dándoles el poder de tomar acción.

- **7º Capacitación**

Lean exige por parte de todos los empleados de la cadena o flujo de valor que haya una atención continua para mantener el flujo y eliminar el desperdicio. Para lograr este objetivo debemos entregar a los empleados la información correcta de manera puntual y darles la autoridad para solucionar los problemas y trabajar en la mejora continua. Esta búsqueda de la perfección no puede lograrse solo a través del trabajo de los gerentes; todos los empleados deben estar comprometidos y capacitados para atender las demandas de los clientes, crear más valor, eliminar desperdicio e incrementar la rentabilidad del negocio. Hay un nuevo y poderoso potencial para una mejora radical cuando estos trabajadores capacitados trabajan de manera colaborativa con sus compañeros a través de toda la cadena de valor.

3.6 La construcción según el enfoque *Lean*

En la siguiente figura se explican las principales diferencias de enfoque y planteamiento entre un sistema tradicional de gestión de proyectos (izquierda del gráfico), donde el desperdicio o improductividad no ha sido considerado desde un punto de vista económico, y el sistema según un enfoque *Lean* (derecha de gráfico) en el que, desde el inicio del proyecto, todos los agentes y actores involucrados en el mismo trabajan para maximizar el valor del cliente y minimizar todas aquellas actividades, gestiones y transacciones inútiles que no añaden valor, teniendo en cuenta los intereses generales de todos y no los particulares de cada parte.

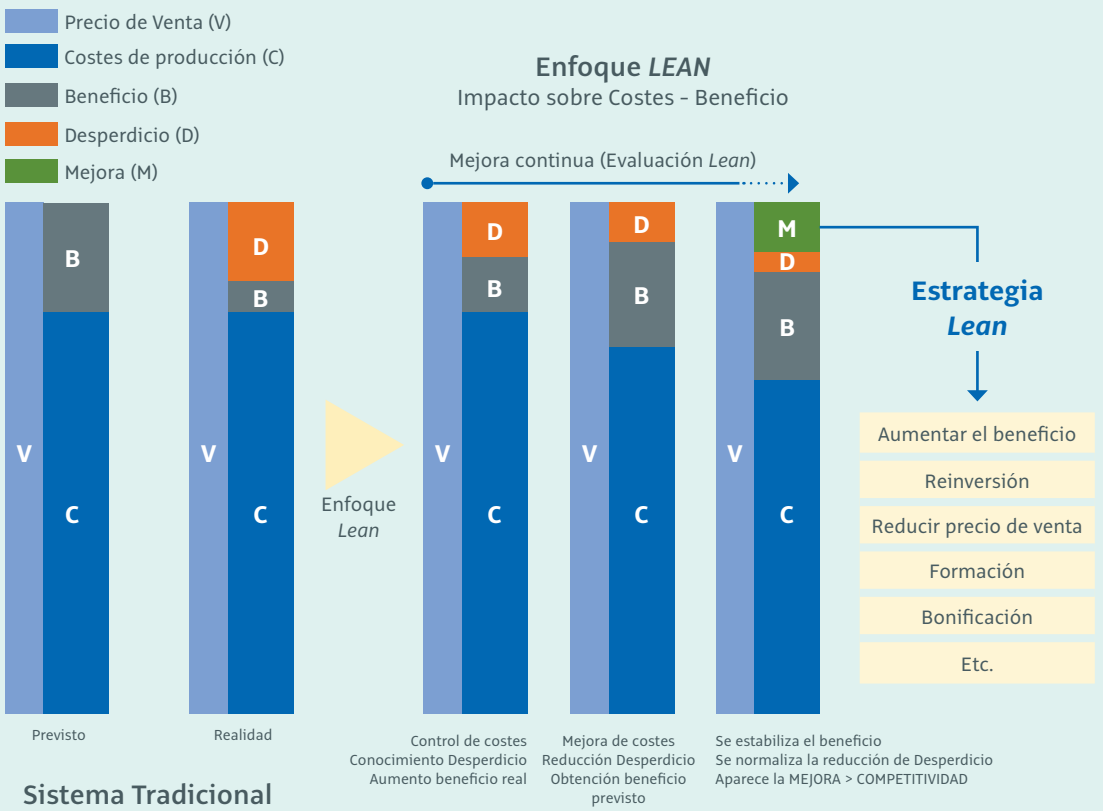


Figura 7. *Enfoque tradicional vs. Enfoque Lean*

a. Enfoque tradicional

Según el sistema tradicional, primero, el promotor encarga un pre-diseño para la pre-comercialización; en segundo lugar, una empresa constructora, en base a su experiencia, calcula el coste de construcción según ese pre-diseño, todavía no definido completamente; por último, se suman los gastos generales y los costes indirectos. La suma total nos proporciona un coste estimado de producción (C) al cual se le añade un beneficio (B). La suma del coste de producción más el beneficio nos da un precio de venta al público (Z).

Principio de costes:
Precio de venta al público (Z) = coste estimado de producción (C) + beneficio (B)

Cuando aplicamos el principio de costes, según el cual (Z) = (C) + (B) y se produce un incremento inesperado de los costes de producción, pueden plantearse dos escenarios: 1) si decidimos aumentar el precio de venta, estamos haciendo responsable al cliente de nuestros costes improductivos (D) que surgen durante la fase de ejecución; 2) si mantenemos el precio, entonces baja el margen de beneficio y hacemos peligrar la estabilidad del negocio.

b. Enfoque según *Lean Construction*

En primer lugar, se crea un equipo de gestores *Lean* formado por representantes de los tres principales agentes o actores implicados – diseñadores / proyectistas, empresa constructora o contratista principal y promotores del proyecto – pudiendo adherirse consultores externos y otras partes interesadas.

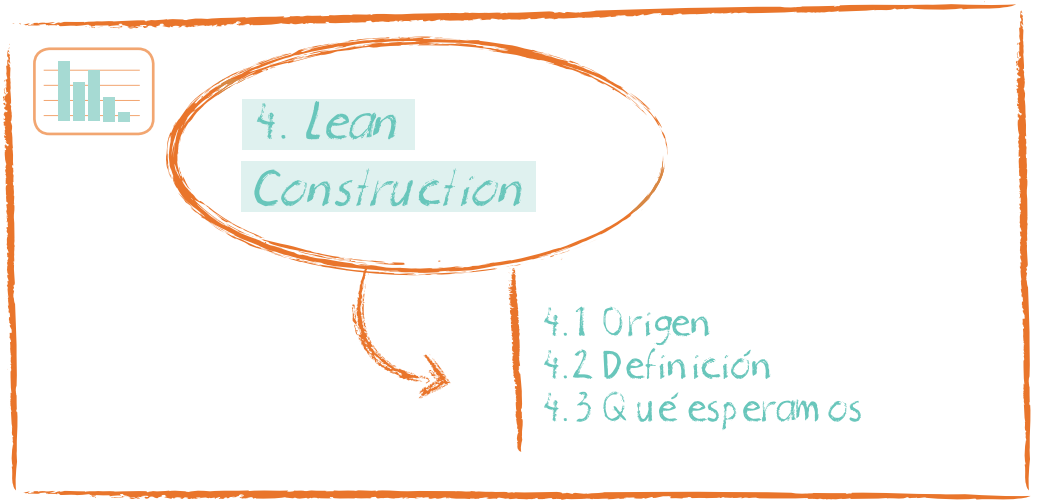
Según un enfoque *Lean*, primero calculamos (Z) en función de las características que aportan valor para el cliente hoy, definidas por este y ajustadas al precio que puede o está dispuesto a pagar según las condiciones actuales. Así pues, el estudio empieza con el cliente y con el conocimiento de su escala de valores. A continuación, el equipo de proyecto calcula el coste de construir ese edificio o instalación según las especificaciones definidas por el cliente, pero esta vez, asumiendo desde el comienzo que un porcentaje de las actividades y transacciones que vamos a realizar son improductivas y no añaden valor al cliente tal y como él lo percibe.

Tal y como vemos en la figura anterior podemos abordar la mejora continua en tres fases:

1. Existe conocimiento pleno de que una parte de nuestras actividades van a ser improductivas y no van a aportar valor desde la perspectiva del cliente. A partir de ahí, llevamos a cabo un control de costes *Lean* puesto que ahora disponemos de conocimiento y herramientas de gestión para empezar a identificar, calcular y controlar el desperdicio. Mejoramos el beneficio real y disminuimos el desperdicio actual mediante la mejora de diseño y de procesos de ejecución, de manera que nos permita reducir el coste de producción sin disminuir la calidad y las prestaciones de la edificación.
2. Continuamos con la mejora continua y el control de costes mejorando el diseño y los procesos. Reducimos aún más el desperdicio y alcanzamos el beneficio esperado.
3. Estabilizamos el margen de beneficio. Transformamos desperdicio y costes de producción en mejora real sobre el coste inicial previsto. Seguimos realizando ciclos de mejora continua, diseñando nuevos estándares a medida que superamos los anteriores.

Siguiendo una estrategia *Lean* podemos invertir la mejora obtenida en la última fase en beneficio, inversión, innovación, formación, reducción del precio de venta, bonificación para las partes interesadas, o una combinación de las anteriores.

Todo este proceso es muy similar al concepto de *Target Costing* o coste objetivo que veremos más adelante.



4.1 Origen de *Lean Construction*

Durante su estancia en la Universidad de Stanford, California, USA, en 1992, el finlandés Lauri Koskela escribió el documento *Aplicación de la nueva filosofía de la producción a la construcción*, en el que estableció los fundamentos teóricos del nuevo sistema de producción aplicado a la construcción. El trabajo pionero de Koskela fue un hito clave en el desarrollo de una corriente de investigación sobre la aplicación del sistema de producción Toyota y la filosofía *Lean* a la industria de la construcción. El término *Lean Construction* fue acuñado por los fundadores del Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC) en 1993.

4.2 Definición de *Lean Construction*

La aplicación de los principios y herramientas del sistema *Lean* a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción se conoce como *Lean Construction* o construcción sin pérdidas.

Lean Construction abarca la aplicación de los principios y herramientas *Lean* al proceso completo de un proyecto desde su concepción hasta su ejecución y puesta en servicio. Entendemos *Lean* como una filosofía de trabajo que busca la excelencia de la empresa, por lo tanto, sus principios pueden aplicarse en todas las fases de un proyecto: diseño, ingeniería, pre-comercialización, marketing y ventas, ejecución, servicio de postventa, atención al cliente, puesta en marcha y mantenimiento del edificio, administración de la empresa, logística y relación con la cadena de suministro.

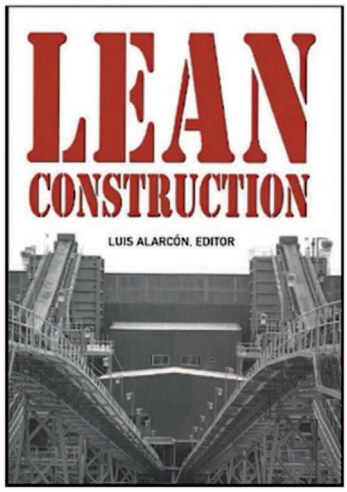


Figura 8. *Lean Construction. Luis Alarcón, Editor*

Lean Construction persigue la excelencia a través de un proceso de mejora continua en la empresa, que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, a través de la optimización de recursos y la maximización de la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno.

Lean Construction trata de alcanzar estos objetivos en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto de edificación, contando con todos los agentes sociales que intervienen en el proceso de diseño y construcción y con todas las personas y empresas que participan en la cadena entera de suministro y en cada flujo de valor, sin dejar a nadie fuera e integrando a todos bajo una meta común según los principios del sistema *Lean*.

El Lean Construction Institute (LCI) define así en su página web el término *Lean Construction*:

"*Lean Construction* es un enfoque basado en la gestión de la producción para la entrega de un proyecto - una nueva manera de diseñar y construir edificios e infraestructuras. La gestión de la producción *Lean* ha provocado una revolución en el diseño, suministro y montaje del sector industrial. Aplicado a la gestión integral de proyectos, desde su diseño hasta su entrega, *Lean* cambia la forma en que se realiza el trabajo a través de todo el proceso de entrega. *Lean* Construction se extiende desde los objetivos de un sistema de producción ajustada - maximizar el valor y minimizar los desperdicios - hasta las técnicas específicas, y las aplica en un nuevo proceso de entrega y ejecución del proyecto. Como resultado:

- La edificación o infraestructura y su entrega son diseñados juntos para mostrar y apoyar mejor los propósitos de los clientes.
- El trabajo se estructura en todo el proceso para maximizar el valor y reducir los desperdicios a nivel de ejecución de los proyectos.

- Los esfuerzos para gestionar y mejorar el rendimiento están destinados a mejorar el rendimiento total del proyecto, ya que esto es más importante que la reducción de los costes o el aumento de la velocidad de ninguna actividad aislada.
- El **Control** se redefine como pasar de "monitorizar los resultados" a "hacer que las cosas sucedan". Los rendimiento de los sistemas de planificación y control se miden y se mejoran.
- La notificación fiable del trabajo entre especialistas en diseño, suministro y montaje o ejecución asegura que se entregue valor al cliente y se reduzcan los desperdicios. *Lean Construction* es especialmente útil en proyectos complejos, inciertos y de alta velocidad. Se cuestiona la creencia de que siempre debe haber una relación entre el tiempo, el coste y la calidad (mayor calidad y mayor velocidad no tiene porqué implicar mayor coste)".

4.3 ¿Qué esperamos al implantar *Lean Construction*?

Esta es una pregunta que nos han planteado muchos agentes que intervienen en alguna de las fases del proceso constructivo y que hoy podemos responder a través de los resultados presentados por diversos estudios sobre implementación *Lean* que se han realizado hasta ahora. Los estudios analizados contemplan los retos y las dificultades, la resistencia al cambio, los beneficios que nos aporta, los recursos o medios que necesitamos y los cambios que tendremos que realizar para convertir nuestra empresa en una organización *Lean*.

a. ¿Es la construcción una industria diferente?

La construcción se ha visto a menudo como una clase propia, diferente de la fabricación, y tradicionalmente se han rechazado muchas de las ideas del sector industrial de la fabricación o se han incorporado tarde debido a la creencia de que la construcción era un sector diferente. Estas ideas han estado presentes desde el origen de *Lean Construction* y todavía permanece en el pensamiento de gran parte de empresarios y profesionales de la construcción. El profesor finlandés Lauri Koskela (2000) clasificó y definió las tres principales peculiaridades que presenta la construcción con respecto al sector de la fabricación:

1. Un proyecto de edificación tiene naturaleza única o prototípica.
2. Es algo único que cada vez se ejecuta en un lugar diferente.
3. Se llevará a cabo por una multi-organización de carácter temporal, que en cada lugar necesitará medios y recursos diferentes y propios de cada zona.

Estas peculiaridades han sido utilizadas por gerentes y profesionales de empresas de la industria de la construcción como motivos o razones cuando no han sido capaces de alcanzar los mismos niveles de productividad, calidad, seguridad y plazos de entrega que en el sector industrial de la fabricación. Sin embargo, estas excusas fueron discutidas por el propio Koskela (2000) y han ido perdiendo fuerza a medida que los beneficios de *Lean Construction* se hacían evidentes. Hoy, la tecnología y el *software* por un lado y la industrialización y pre-fabricación de la construcción por otro, nos ayudan a comprender mejor la construcción de un edificio o infraestructura como la suma de diferentes flujos de valor que pueden repetirse en diferentes obras y proyectos, y por tanto, resulta más fácil identificar los desperdicios y aplicar ciclos encadenados de mejora continua y estandarización de procesos para eliminar la improductividad.

Las diferencias entre la industria de la construcción y el sector de la fabricación existen y son admitidas, pero no como una razón que justifique la dificultad para implantar el sistema *Lean*, sino como un desafío que debe abordar de manera definitiva la industria de la construcción.

b. Implementar *Lean Construction* requiere romper paradigmas

La reacción inicial a la implantación de *Lean* en la industria de la construcción causó resistencia y exclusión. Inicialmente, *Lean Construction* fue mal interpretado y su aplicación a las diferentes fases de un proyecto así como el papel que debía asumir cada actor o agente social interviniente en el proceso constructivo no fue bien entendido. La tendencia empezó a cambiar, al igual que ocurriera con *Lean Manufacturing*, según se iban demostrando las ventajas competitivas que suponía para las empresas pioneras que comenzaron su implementación y conforme surgían nuevos documentos técnicos y casos de estudio que facilitaban su comprensión.

El cambio de modelo productivo o de sistema de trabajo en una empresa siempre requiere de un gran esfuerzo por parte de todos al principio, aunque las ventajas competitivas que se obtienen con el cambio merecen el esfuerzo. El cambio puede costar más en organizaciones que llevan muchos años operando con el mismo sistema, ya que ello requiere romper paradigmas. El concepto paradigma aquí se refiere a las ideas, pensamientos y creencias incorporadas generalmente durante una etapa de nuestra vida laboral, que se aceptaron durante años, como verdaderas o falsas, sin ponerlas a prueba de un nuevo análisis. Dicho de otro modo, llevamos tanto tiempo haciendo las cosas de la misma manera, que asumimos como buenas, maneras de trabajar que están lejos de ser eficientes según los estándares actuales de competitividad de clase mundial.

Algunas frases típicas que se escuchan como excusas para no implantar *Lean* son:

- "Aquí siempre hemos trabajado así".
- "Esa no es mi responsabilidad".
- "*A mí no me ha dicho nadie nada*".
- "No tengo tiempo para eso".
- "De todas formas no cambiaría nada".
- "Otro artilugio que no durará".
- "Hay problemas más importantes".
- "Eso no es posible hacerlo aquí".
- "*Ya tenemos bastante trabajo*".
- "Y yo, ¿qué saco con esto?".
- "Ya lo probamos una vez y no funcionó".

En el contexto global y extremadamente competitivo en el que nos encontramos hoy quedarse parado es retroceder. El trabajo desarrollado hasta ahora y la experiencia adquirida es un activo fundamental, pero existe el peligro real de permanecer presos de esas ideas, conceptos y métodos que han funcionado bien en el pasado. Es fundamental interiorizar que el éxito en el pasado no garantiza el éxito en el futuro y es responsabilidad de cada empresa iniciar el cambio.

c. Beneficios que aporta la implantación de *Lean Construction*

Un informe sobre el estado de *Lean en la Construcción* en EE. UU. (2012) y otro informe más reciente de McGraw Hill Construction (2013) sobre la aplicación de *Lean Construction* en proyectos de edificación revelan que en aquellas empresas que ya han utilizado prácticas Lean entre el 70% y el 85% han alcanzado un nivel alto o medio sobre una amplia variedad de beneficios, entre los que se incluyen como resumen los indicados en la siguiente tabla:

Informe sobre el estado de *Lean* en la Construcción en EE. UU. (2012)	Informe de McGraw Hill Construction sobre la aplicación de *Lean Construction* (2013)
Mejor cumplimiento del presupuesto	Mayor calidad en la construcción.
Menor número de cambio de órdenes y pedidos	Mayor satisfacción del cliente.
Rendimiento más alto de entregas a tiempo	Mayor productividad.
Menor número de accidentes	Mejora de la seguridad.
Menor número de demandas y reclamaciones	Reducción de plazos de entrega.
Mayor entrega de valor al cliente	Mayor beneficio y reducción de costes.
Mayor grado de colaboración	Mejor gestión del riesgo.

Figura 9. *Beneficios de Lean Construction*

Según el informe de McGraw Hill Construction, algunos casos de estudio también revelan beneficios específicos de la implantación de *Lean Construction*:

- Un estudio del flujo de valor de la empresa Rosendin Electric, costó 2.000 $ pero ahorró a la empresa 50.000 $ en coste de personal.
- Una coordinación activa de la empresa Boldt Construction en la instalación de paredes cabeceras prefabricadas en un Hospital redujo el número de horas/hombre por elemento instalado en más de dos tercios, de 24 a 7.

En España todavía no disponemos de estudios específicos sobre el estado de implantación de *Lean Construction*, no obstante, en 2013 la Fundación Escuela de Organización Industrial (EOI) realizó un estudio sobre la situación de *Lean Manufacturing* en España. Para dicho estudio se hicieron encuestas a profesionales y directivos de empresas pertenecientes a 17 sectores, incluidos la construcción, siendo los más representativos, el sector del automóvil, el de la alimentación y bebidas, el metal-mecánico y el farmacéutico.

El estudio de la Fundación EOI confirma el hecho de que la implantación del sistema *Lean* proporciona numerosas mejoras y beneficios en un amplio número de aspectos de la empresa y al mismo tiempo pone de manifiesto la utilidad de *Lean* como apuesta clave para la competitividad de las empresas. Según este estudio, alrededor del 90% de las empresas consultadas valoraron como mucho o bastante las mejoras obtenidas relativas a reducción de costes, mayor flexibilidad, participación del personal, aprovechamiento de los recursos y aumento de la productividad, como principales beneficios de la implantación *Lean*.

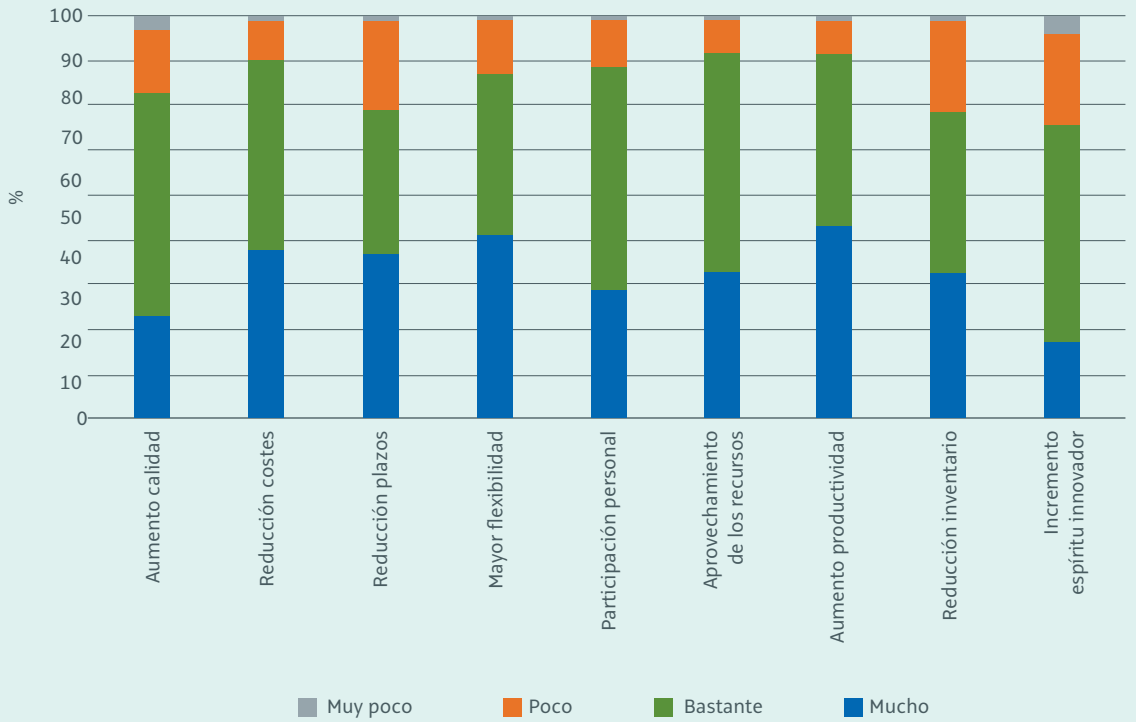


Figura 10. *Beneficios obtenidos con la implantación Lean en España. Fundación EOI (2013)*

Por otro lado, entre aquellas empresas que todavía no han implantado *Lean*, el porcentaje que afirma que estas técnicas no se implantarán es muy reducido. Además, es significativo que casi el 80% de los encuestados que no están usando las técnicas *Lean* afirman que algún día se incorporarán a la empresa en la que trabajan o que incluso ya están evaluando su implantación.

d. Desafíos y factores de éxito en la aplicación *Lean*

La siguiente tabla muestra los desafíos y las barreras para la implementación de *Lean Construction*, según sendos estudios de Sayer y Anderson, 2012 (columna de la izquierda) y McGraw Hill Construction, 2013 (columnas del centro y de la derecha).

Barreras para la implementación de *Lean*	Desafíos que afectan a quienes practican *Lean*	Desafíos que afectan a quienes no practican *Lean*
Falta de conocimiento del significado de *Lean* y sus beneficios.	Falta de conocimiento (47%).	Falta de apoyo de la Industria/ Comprensión de *Lean* (39%).
Falta de formación.	Falta de apoyo suficiente a través del equipo de proyecto (43%).	Percepción de que *Lean* absorberá demasiado tiempo (33%).
Falta de compromiso por parte de propietarios y gerentes.	Percepción de que *Lean* es demasiado complejo (40%).	Falta de conocimiento (32%).
Creencia de que *Lean* absorberá demasiado tiempo.	Resistencia al cambio de los empleados (40%).	Preocupación por la rentabilidad a través de la transición hacia *Lean* (28%).
Pobre comunicación y falta de colaboración entre promotores, constructores, clientes y consultores externos.	Falta de apoyo de la Industria/Comprensión de *Lean* (39%).	Percepción de que *Lean* es demasiado complejo (26%).
Dificultad para alinear los intereses de las diferentes partes.	Percepción de que *Lean* absorberá demasiado tiempo (31%).	Falta de apoyo suficiente a través del equipo de proyecto (25%).
Los contratos relacionales se ven como algo no probado aún en los tribunales de justicia.	Falta de normas o estándares (19%).	Falta de normas o estándares (18%).
Lean requiere de cambios de pensamiento y de comportamiento que no todos aceptan.	Preocupación por la rentabilidad a través de la transición hacia *Lean* (9%).	Resistencia al cambio de los empleados (18%).
Falta de compromiso de los miembros del equipo o rechazo a cambios de actitud.	Reticencias sindicales (5%).	Reticencias sindicales (16%).

Figura 11. *Desafíos y barreras para la implementación de Lean Construction*

En cuanto a los factores de éxito en la implantación *Lean* y siguiendo con el estudio de la EOI, más del 90% de los encuestados valoran como muy importante o bastante importante, el compromiso de la dirección, la motivación del personal, la disposición de un líder adecuado para el proyecto y el plan de formación y motivación de los empleados. Por otro lado, la disponibilidad de recursos económicos no es un tema importante para el 50% de los encuestados, lo que puede entenderse desde la perspectiva de que muchas de las técnicas *Lean* no necesitan elevadas inversiones, sino la disponibilidad de recursos humanos suficientes.

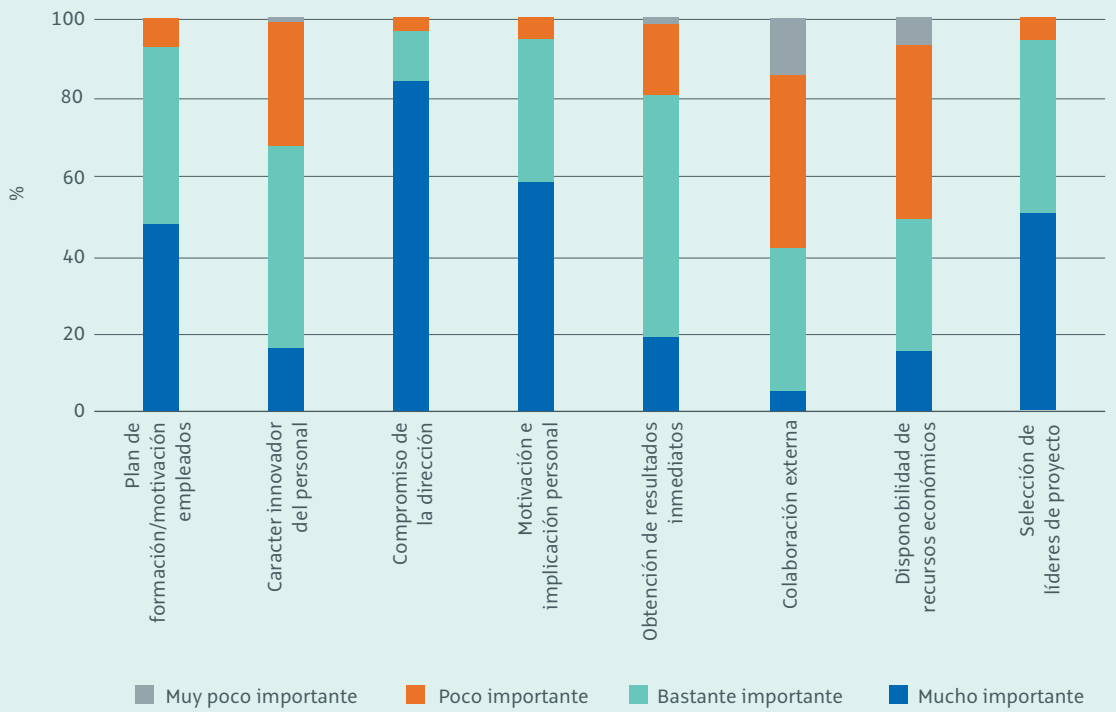


Figura 12. *Factores de éxito en la implantación de Lean en España. Fundación EOI (2013)*

Otro aspecto a destacar es que el 53% de las empresas han utilizado servicios de consultoría externa, siendo el grado de utilidad obtenido alto, ya que el 83% de las mismas volvería a utilizarlos. Este dato contrasta con la falta de cultura en la utilización de servicios de consultoría externa en la construcción, mucho más habitual en el sector industrial, aun cuando vemos, que la contratación de consultoría externa y formación aportan beneficios a la empresa.

Respecto a los elementos negativos que pueden convertirse en obstáculos para obtener los resultados adecuados en una implantación *Lean*, estos están relacionados fundamentalmente con la resistencia al cambio, la falta de liderazgo y la falta de colaboración entre departamentos. Por otro lado se aprecia claramente que las técnicas Lean no presentan ninguna dificultad conceptual

o de aplicación, resultando ser técnicas sencillas que necesitan sobre todo la colaboración de los empleados.

Y por último, en cuanto a las razones que se han puesto de manifiesto por las cuales no se han aplicado las técnicas *Lean*, en mayor medida destacan la falta de conocimiento, la falta de apoyo de la dirección y la falta de tiempo para abordar los estudios para su implantación.

e. Aspectos de la implantación relativos al personal

Respecto a la forma de adquirir el conocimiento de los empleados, el estudio de la Fundación EOI revela que, mayoritariamente los encuestados manifestaron haberla adquirido mediante su experiencia personal en implantaciones. El estudio también muestra que la implantación de herramientas *Lean* ha impactado positivamente en el personal, aumentando significativamente los niveles de formación, motivación, polivalencia en los puestos, autonomía y responsabilidad de los empleados.

Y respecto a los diferentes sistemas de participación del personal que se han empleado para involucrar a los empleados, los grupos de mejora y los grupos de decisión son los que mejor han funcionado, mientras que el sistema de sugerencias y el sistema de incentivos han sido los peor valorados.

f. ¿Qué cambios necesitamos hacer para implantar *Lean Construction*?

Muchos empresarios de la industria de la construcción han manifestado su preocupación y también desconocimiento sobre la dificultad y el coste de implantar *Lean Construction*. *Lean* no está basado en inversiones caras de tecnología ni *software*. Las primeras etapas de implantación de *Lean Construction* se pueden llevar a cabo con los recursos propios que dispone actualmente la empresa, ya que las oportunidades de mejora al comienzo de la implantación son por regla general muy altas. No obstante, Lean abraza también la tecnología, pero la inversión debe venir acompañada de los resultados y beneficios obtenidos durante las primeras fases de implantación, y una vez se tome la decisión de adoptar una nueva tecnología, debemos asegurarnos de que sea fiable, que esté absolutamente probada y que dé servicio a los empleados y a sus procesos.

Por otra parte, el sector de la construcción necesita también un cambio de actitud, sobre todo a nivel de cultura, en cuanto a la gestión de la empresa y el negocio, ya que históricamente ha sido un sector muy tradicional. Invertir una parte de los beneficios en formación, innovación y servicios externos de consultoría también es una asignatura pendiente cuando hablamos de construcción. Saber adaptarse a los cambios rápidamente y ser flexible es uno de los aspectos que marcan la diferencia entre aquellas empresas que sobreviven y crecen, incluso durante las épocas de crisis, y aquellas que desaparecen. Si la empresa no dispone de muchos recursos, se puede empezar con un proyecto piloto en un área determinada para asegurar el éxito inicial y, a partir de ahí, replicar el sistema en las demás áreas y proyectos y más adelante extenderlo al resto de la cadena de suministro.

Una vez tomada la decisión de implantar *Lean Construction*, los cambios van a afectar a todos; a los diseñadores o proyectistas porque van a tener que adaptarse a las nuevas tecnologías, sobre todo aquellas que tengan que ver con el sistema *BIM* y las TIC o tecnologías de la información y

la comunicación; a los promotores porque a su papel ya, de por sí, relevante como impulsor y patrocinador del proyecto se le puede exigir un rol más participativo a la hora de concretar las necesidades reales del cliente y transmitirlas a través de toda la cadena de valor, comprender mejor las dificultades del proyecto y participar más activamente en la mejora continua y la toma de decisiones; y a los constructores y sus proveedores porque su intervención va a comenzar en una etapa más temprana del proyecto y estos podrán participar en la toma de decisiones y la resolución de problemas de una manera más activa.

El uso de herramientas que tengan que ver con el uso de redes colaborativas a nivel global o de intercambio de datos e información entre socios y proveedores, entre diseñadores y constructores, o entre constructores y promotores, afectará también a todos.

El estudio antes citado de McGraw Hill Construction (2013) propone las siguientes recomendaciones generales y específicas para los constructores, para la implantación de *Lean Construction.*

Recomendaciones generales	Recomendaciones para el constructor
Proporcionar educación sobre la necesidad de una mayor eficiencia. Las asociaciones del sector tienen que ofrecer más información sobre *Lean Construction*, patrocinar la investigación y promocionar la filosofía de la mejora continua.	**Adoptar un enfoque de colaboración hacia *Lean* para maximizar las ganancias**. Las empresas deben aprender a trabajar de manera colaborativa para sacarle el mayor beneficio posible a la aplicación de la filosofía y las técnicas *Lean*.
Crear un *software* que apoya la necesidad de la colaboración interna y externa. Las empresas de *software* tienen la oportunidad de crear mejores herramientas para apoyar la tendencia de *Lean* hacia una forma de trabajar más colaborativa.	**Promover y planificar el cambio cultural necesario para una adopción plena de *Lean***. Las empresas que quieran implantar *Lean Construction* necesitan tener en cuenta cómo atraer el interés de sus empleados, como parte de su estrategia.
	Seguir y compartir datos hasta el nivel más bajo posible de la organización. Las empresas que quieran mejorar la eficiencia se beneficiarán más si comprenden y analizan los procesos a nivel de operario, siguiendo cada paso del proceso para ver dónde pueden hacerse las mejoras.

Figura 13. *Recomendaciones para la implantación de Lean Construction*

Lean Construction es necesario para poder competir en el mercado de hoy, que es global y altamente competitivo. Con respecto a la velocidad del cambio, se plantean dos escenarios y dos velocidades:

- Inicialmente es necesario establecer una base de conocimiento y capacitación a través de formación y un poco de ayuda externa para arrancar la implementación. Se requiere la voluntad y el compromiso por parte de todos, pero especialmente de los gerentes de la empresa. Y una vez superada esta primera fase, debe ser la propia empresa la que impulse la mejora continua con su propia gente.
- Pero si realmente pretendemos un cambio acelerado y de alta velocidad que vaya más allá de mejorar unas cuantas empresas hace falta también la implicación política, de las diferentes organizaciones dentro de la industria de la construcción y de la universidad.

5. Implantar Lean Construction

5.1 LPDS
5.2 Diferentes fases
5.3 Target Costing
5.4 Integrated Project Delivery
5.5 Actores según el IPD
5.6 Integración del BIM
5.7 Last Planner System
5.8 Resumen

Algunas de las preguntas que se hacen muchos empresarios y profesionales de la construcción respecto a la implementación de *Lean Construction* son: ¿cómo se pone en práctica?, ¿por dónde empiezo?, ¿de qué herramientas dispongo? o ¿cuánto me costará?

Lo primero que debemos decir es que no hay un orden o un conjunto de reglas fijas para implementar *Lean Construction* y su aplicación se puede adaptar según las necesidades y objetivos de cada empresa y cada proyecto.

En el capítulo anterior hemos analizado algunos estudios que demuestran que el tema económico no se considera un problema o impedimento para implantar la filosofía *Lean*, hemos analizado los desafíos y factores de éxito en la aplicación de *Lean* y también los cambios que necesitamos hacer a nivel organizacional.

En este capítulo analizaremos un conjunto de herramientas y técnicas que ya han sido desarrolladas e implantadas con éxito y que están consolidadas dentro del marco de *Lean Construction*. Al final del capítulo incluiremos un cuadro resumen de las diferencias entre la gestión de un proyecto tradicional y un proyecto *Lean*.

5.1 *Lean Project Delivery System* (*LPDS*)

Hoy podemos entender mejor la implementación de *Lean Construction* gracias al *Lean Project Delivery System* (*LPDS*) o *Integrated Project Delivery* (*IPD*) ya que son herramientas integradoras que nos ofrecen una visión de conjunto de todas las fases del proyecto, desde un punto de vista *Lean*. La primera versión a nivel teórico del *LPDS* fue desarrollada por Glenn Ballard y publicada por el *LCI* en el año 2000, aunque una versión más completa y actualizada a la que nos vamos a referir en esta guía fue publicada en 2008. *LPDS* e *IPD* son dos términos diferentes que dentro del marco de *Lean Construction* se han utilizado indistintamente para definir el mismo sistema.

LPDS se define como un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto, a lo largo de todo el ciclo de vida de este. Se emplea un equipo en todo el proceso para alinear fines, recursos y restricciones. Se trata de un enfoque por etapas que comprende la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución y el uso y mantenimiento posterior del edificio, instalaciones o infraestructura. El control de la producción, la **estructuración del trabajo** y el aprendizaje es algo que ocurre continuamente a lo largo de todo proyecto y cada fase contiene actividades e hitos que deben cumplirse a medida que este avanza. El propietario o cliente determina el coste permitido del proyecto, que es la cantidad máxima que el modelo de negocio puede soportar. La misión del equipo es entender y ofrecer el mejor valor para el cliente y eliminar todas las actividades que no añaden valor.

Para ello, el propietario utiliza acuerdos de gestión y ejecución de proyectos integrados, con el equipo de diseño y con el constructor o contratista principal. También se pueden incluir otros agentes o colaboradores importantes del proyecto. Estos acuerdos permiten la flexibilidad entre los miembros del equipo para ofrecer mayor valor al cliente y crear un interés/riesgo compartido en el resultado del proyecto. El Instituto Americano de Arquitectos (AIA) dispone de una guía y las plantillas necesarias en su página web para este tipo de acuerdos.

Según podemos ver en la figura siguiente, la gestión de la producción a través del ciclo de vida del proyecto se indica mediante las barras horizontales etiquetadas como **Control de la producción y estructuración del trabajo**. El uso sistemático de los bucles de retroalimentación entre los procesos del proveedor y el cliente se simboliza mediante las evaluaciones de post-ocupación, entre proyectos.

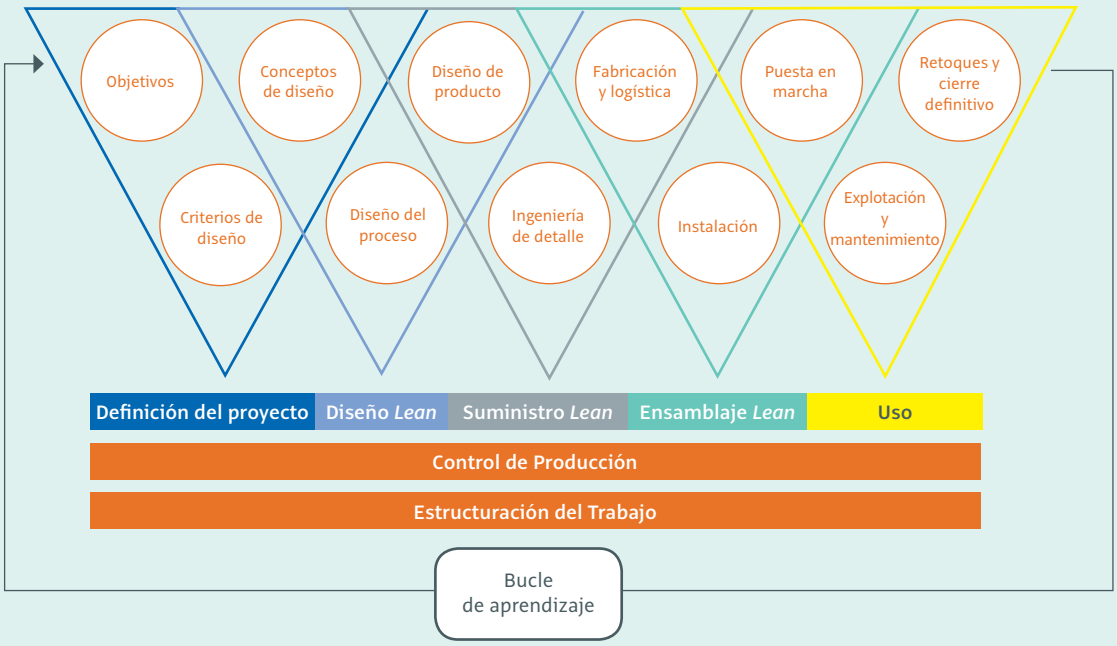


Figura 14. *Lean Project Delivery System (Ballard 2008)*

5.2 Las diferentes fases de un proyecto *Lean* según el *LPDS*

Tradicionalmente, los proyectos han sido entendidos en términos de fases, por ejemplo: pre-diseño, diseño, contratación y ejecución. Algunas de las principales diferencias entre la ejecución de un proyecto tradicional y uno según el *Lean Project Delivery System* se refieren a la definición de las fases, la relación entre fases y los participantes en cada una de ellas:

a. Fase de definición del proyecto

Al comienzo de la fase de definición del proyecto, los colaboradores clave se alojan juntos en una ***Obeya Room*** o habitación grande. El equipo de diseño, compuesto por arquitectos, ingenieros y constructores, trabaja con los propietarios o promotores para definir el propósito y traducir ese propósito en requisitos específicos. Durante esta fase, el propietario determina el coste permitido para el proyecto, es decir, la cantidad máxima para el proyecto que puede soportar el modelo de negocio. El equipo se compromete en sus costes teóricos, que son menores que los costes autorizados, para estimular la innovación. El coste esperado es la cantidad que se espera que el proyecto cueste, y es por lo general más alto que el coste objetivo:

Coste permitido ≥ *Coste esperado* ≥ *Coste objetivo* (definimos coste objetivo en el siguiente punto).

Para alcanzar el coste objetivo se utilizan objetivos adicionales como la factibilidad de la construcción, el montaje, la flexibilidad, la sostenibilidad, la durabilidad y así sucesivamente. En cada hito, el propietario decide si el proyecto avanza y al final de la fase de definición del proyecto, el plan de negocios se completa y valida.

La fase de definición del proyecto incluye las propuestas y valores del cliente y las partes interesadas. Cada uno de los elementos de esta fase puede influir sobre el otro, por lo que se hace necesario un encuentro o reunión entre los diferentes actores para alcanzar una mejor comprensión de los objetivos y valores que motivan a cada uno. Representantes de todas las etapas del ciclo de vida del proyecto tienen que estar involucrados en esta fase inicial, incluidos los miembros del equipo de producción, que son los diseñadores o proyectistas y los constructores.

La puerta entre la definición del proyecto y la fase de diseño es la alineación de valores, conceptos y criterios.

b. Fase de diseño *Lean*

En la fase de diseño, el equipo crea múltiples alternativas, basadas en los requisitos de diseño, las limitaciones del proyecto y el coste objetivo. El objetivo es encontrar la alternativa de diseño que mejor cumpla los propósitos del propietario y entregar el máximo valor al cliente. Cuando los equipos pueden colaborar en esta fase, muchos de los costes de contingencias movidas por el diseño pueden ser eliminados o minimizados; esos ahorros pueden ir directamente a un mayor beneficio o a satisfacer más necesidades del cliente. Durante todo el proyecto, el cálculo rápido y sincronizado de alternativas es importante para permitir la toma de decisiones que más beneficie al negocio y al proyecto.

Asimismo, durante la fase de diseño se completa el desarrollo del Programa Maestro y el Diseño de Procesos. Mientras se examinan los diseños, los usuarios finales/clientes pueden revisar los modelos físicos o virtuales para alinear el uso real con el diseño, lo que permite seguir los requisitos funcionales.

Por ejemplo, en un hospital nuevo el equipo desea estandarizar las habitaciones de los pacientes para reducir el riesgo y promover el flujo de los servicios que provee. Mediante el uso de mapas de flujo de valor, las enfermeras y los médicos trabajan juntos con el equipo de diseñadores y constructores para desarrollar el mejor diseño desde la perspectiva del paciente y de los cuidadores. Estudian la normalización de la pared cabecera, las rutas para los baños, el flujo de tráfico dentro de la habitación, las configuraciones del gabinete de suministros y así sucesivamente. Ellos son capaces de normalizar hacia un diseño que no solo facilite el proceso de construcción, sino que también, una vez construido, facilite su capacidad de entrega, de alta calidad, y una atención segura y rápida a los pacientes.

El diseño *Lean* también se desarrolla a través de la comunicación, esta vez dedicada a desarrollar y alinear el diseño del producto y el diseño del proceso a nivel de sistemas funcionales.

El proyecto podría volver a la fase anterior de definición, si la constante búsqueda de valor pone de manifiesto oportunidades que sean coherentes con las limitaciones de los clientes y partes interesadas.

El diseño *Lean* difiere de la práctica tradicional en aplazar de forma sistemática las decisiones hasta el último momento responsable con el fin de dar más tiempo para desarrollar y explorar mejores alternativas.

La práctica tradicional de la selección de opciones y la ejecución de las tareas de diseño tan pronto como sea posible provoca la repetición del trabajo y trastornos cuando una decisión de diseño tomada por un especialista entra en conflicto con las decisiones de otro. La estrategia basada en una visión de conjunto empleada en el diseño *Lean* permite a los diferentes especialistas interdependientes avanzar de manera más segura dentro de los límites del conjunto de alternativas actuales bajo consideración.

c. Fase de suministro *Lean*

El suministro *Lean* consiste en ingeniería de detalle, fabricación y entrega, lo que requiere como prerrequisito indispensable el diseño del producto y del proceso para que el sistema conozca con detalle lo que debe producir y cuándo entregar esos componentes. Los planes de la cadena de suministro están diseñados para facilitar la entrega *Just-in-Time* de materiales a la obra. La filosofía detrás de estos acuerdos es suministrar sólo lo necesario, puntualmente en el tiempo requerido, solo en la cantidad necesaria.

Por ejemplo, se pueden suministrar paneles de yeso a diario solo en las cantidades necesarias para el trabajo de ese día. El yeso se puede entregar directamente en el lugar necesario en vez de almacenarse en un almacén intermedio dentro de la obra, ya que el exceso de inventario conduce a más transporte, más movimientos, más gestión y exposiciones del material a posibles daños, robos y obsolescencias.

El plan logístico incluye un suministro de materiales según una planificación *Pull* y las decisiones deben adoptarse dentro de los plazos de entrega para poder llevar a cabo alternativas, de ahí la importancia en *Lean Construction* de rediseñar las redes de suministro para reducir su plazo de entrega.

El sistema del último planificador (*LPS*) ha demostrado ser una herramienta que contribuye al suministro *Just-in-Time* durante el transcurso de la obra, eleva el nivel de estabilidad y por lo tanto reduce la variabilidad respecto a las condiciones iniciales a lo largo de toda la ejecución del proyecto. Por otra parte, los flujos de trabajo estables permiten eliminar muchos tipos de desperdicio.

d. Fase de montaje o ejecución *Lean*

El ensamblaje o ejecución de obra *Lean* se inicia con la entrega de información, materiales, mano de obra, herramientas, o componentes necesarios para la ejecución en la obra o instalación y termina con la finalización de las instalaciones y puesta en marcha del edificio o infraestructura.

Durante la fase de montaje o ejecución, el sistema del último planificador se utiliza para controlar la producción y mantener el flujo continuo de materiales e información a lo largo de toda la obra a medida que esta avanza según un sistema *Pull* que tira a través de la planificación o programación.

Hoy en día, diseñar y ejecutar un proyecto de edificación o infraestructura es algo mucho más complejo que hace 25 años, la cantidad de normativas, instalaciones, materiales, tecnología o *software*, por citar algunos ejemplos, es mucho más variada y compleja; sin embargo, las prácticas de gestión y dirección de proyectos no han cambiado mucho. En la fase de ejecución *Lean* los supervisores de primera línea (jefes de obra, encargados, capataces, etc.), deben tener una capacitación de acuerdo con la nueva filosofía de producción, esto es, ejercer un papel de líderes más que de jefes (en *Lean Manufacturing*, algunos de estos nombres, más propios de otra época, se están cambiando por otros términos como líderes de equipo). Además de conocer y saber usar las técnicas y herramientas del nuevo modelo productivo, los nuevos líderes deben poseer las habilidades para enseñar a otros, fomentar el trabajo el equipo, participar de manera proactiva en la mejora continua mediante métodos como el *PDCA* o ciclo de Deming y la **estandarización** de trabajos, y poseer la capacidad de resolución de problemas mediante el uso de técnicas como el **Informe A3 de Toyota** o similares.

e. Fase de uso y mantenimiento

El ensamblaje concluye cuando el cliente tiene un uso beneficioso de la instalación o edificio, que por regla general se produce después de la entrega y puesta en marcha del edificio, instalación o infraestructura. Esta fase termina con el cierre de la obra, los retoques definitivos, y la explotación y mantenimiento del edificio o instalaciones.

5.3 *Target Costing* o coste objetivo

Mientras que una empresa con un modelo de gestión tradicional tiende a dirigir su negocio basándose principalmente en costes y beneficios, las empresas *Lean* ponen su punto de atención en el valor que pueden crear para el cliente y el beneficio de toda la cadena de valor. *Target Costing* permite a las empresas *Lean* dirigir su negocio desde el valor del cliente. Así pues, *Target Costing* empieza trabajando estrechamente con los clientes, tratando de comprender sus necesidades y cómo la empresa puede crear más valor para el cliente. Desde esta comprensión de cómo se crea valor para el cliente, los líderes de la empresa *Lean* dirigen las actividades de mejora hacia los flujos de valor para crear más valor, eliminar desperdicio e incrementar la productividad.

Target Costing fue originalmente desarrollado (primero por Toyota) con el fin de proporcionar un método para el personal de marketing y diseño dentro de la empresa, para obtener una comprensión verdadera de las necesidades y requerimientos del cliente. Esto permite al equipo de diseño crear un producto que tenga el valor máximo para el cliente, y además, tener conciencia plena del impacto que tiene el diseño del producto en los diferentes flujos de toda la cadena de valor.

Target Costing puede aplicarse tanto al desarrollo de nuevos productos, como a productos y procesos existentes con flujos de valor actuales. Dicho esto, el punto ideal de comienzo del *Target Costing* es cuando estamos diseñando un nuevo producto, de ahí que se haya convertido en una herramienta clave de *Lean Construction* y del *LPDS* en la fase de "Definición del Proyecto".

PRINCIPOS DEL *TARGET COSTING*	
Coste dirigido por el precio	Se refiere a cómo el cliente valora los productos, servicios y otros atributos de la empresa.
Focalización en los clientes y mercados	Integración entre el personal de marketing, ventas y procesos, incluso cuando estos procesos no están organizacionalmente alineados al flujo de valor.
Focalizado en el diseño	Integración con el diseño del producto. La mejor manera de llevar productos de alto valor y bajo coste al mercado es diseñarlos de esta manera. Esto requiere una profunda integración entre ventas/marketing, operaciones, y diseño/desarrollo de producto.
Metodología de mejora multifuncional	Amplia integración de la empresa para incrementar el valor al cliente. Incluye: operaciones, marketing, diseño de producto, servicio al cliente, proveedores y otros.
La mejora viene a través del flujo de valor	Las organizaciones *Lean* lo focalizan casi todo en torno a los flujos de valor. Lo que conduce a una mejora substancial e integrada es la comprensión del proceso entero de creación de valor para el cliente.
Contrastar costes con valor del cliente	*Target Costing* nos permite comprender dónde y cómo creamos valor para el cliente, entonces lo contrasta con el dónde y cómo reducimos costes. Esto conduce a focalizar los cambios para incrementar valor y reducir coste.

Figura 15. *Principios del Target Costing. Adaptado de B. Maskell (2012)*

¿Cómo funciona *Target Costing*?

Target Costing empieza con las necesidades del cliente. Primero necesitamos comprender qué crea valor para el cliente. Este valor se crea no solo por el producto en sí mismo sino por el conjunto de servicios y otros aspectos del negocio que añaden valor al cliente. Una vez conocemos el valor que estamos creando para el cliente, podemos fijar un precio que refleje ese valor.

En segundo lugar, necesitamos calcular el coste permitido, que es el precio de venta menos el margen de beneficio requerido para el producto o servicio. El porcentaje de beneficio requerido se asigna como parte del plan de negocio general o estratégico de la empresa. Para tener éxito tenemos que vender el producto a un precio que se ajuste por un lado a las necesidades de valor del cliente y por otro, a los márgenes de beneficio que necesita la empresa.

Una vez se establece el coste permitido, entonces comparamos este coste con el actual promedio del coste de la cadena o flujo de valor y calculamos la diferencia. Si el coste de producción es superior al coste permitido, entonces necesitaremos establecer mejoras para llevar los costes reales en línea con los costes autorizados o permitidos, y así lograr el precio de venta de acuerdo con el valor que estamos generando para los clientes.

El resultado del proceso de *Target Costing* es un plan de acción práctico. El plan de acción a menudo incluye cambios en la manera en que comercializamos y vendemos el producto o servicio, en el coste de material de los productos, en el diseño del producto y en las operaciones y la logística que usamos para llevar el producto al mercado. El impacto práctico del *Target Costing* se extiende a través de toda la cadena de valor.

SISTEMA TRADICIONAL	*TARGET COSTING*
Una empresa tradicional calcula los costes desde la parte inferior hacia arriba.	En un proyecto *Lean* se calculan los costes desde arriba hacia abajo, es decir, partimos del valor, según las características definidas por cliente y el precio que está dispuesto a pagar.
En base a un diseño inicial, se calculan los costes de materiales, mano de obra, maquinaria, etc.	Determinamos el máximo coste para el producto dentro su flujo de valor, basado en el valor creado para el cliente y las expectativas que tiene la empresa sobre el margen de beneficio necesario para que el proyecto sea viable.
Después aplica un engañoso porcentaje de gastos generales.	Realizamos la siguiente operación: Coste permitido = Valor – beneficio.
La suma de todo esto proporciona el coste del producto.	El resultado de restar el valor menos el beneficio es el coste permitido por el negocio. La siguiente cuestión es preguntarse si podemos fabricar o construir a ese precio.
Se añade el margen de beneficio y se obtiene el precio de venta que se empuja (*Push*) hacia el cliente.	Si podemos hacerlo, el coste permitido coincide con el coste objetivo o *Target Costing*. Si el coste de producción es mayor, creamos un plan de acción para eliminar desperdicio, incrementar el valor y lograr el beneficio requerido.

Figura 16. *Cálculo del coste objetivo de una empresa tradicional versus empresa Lean*

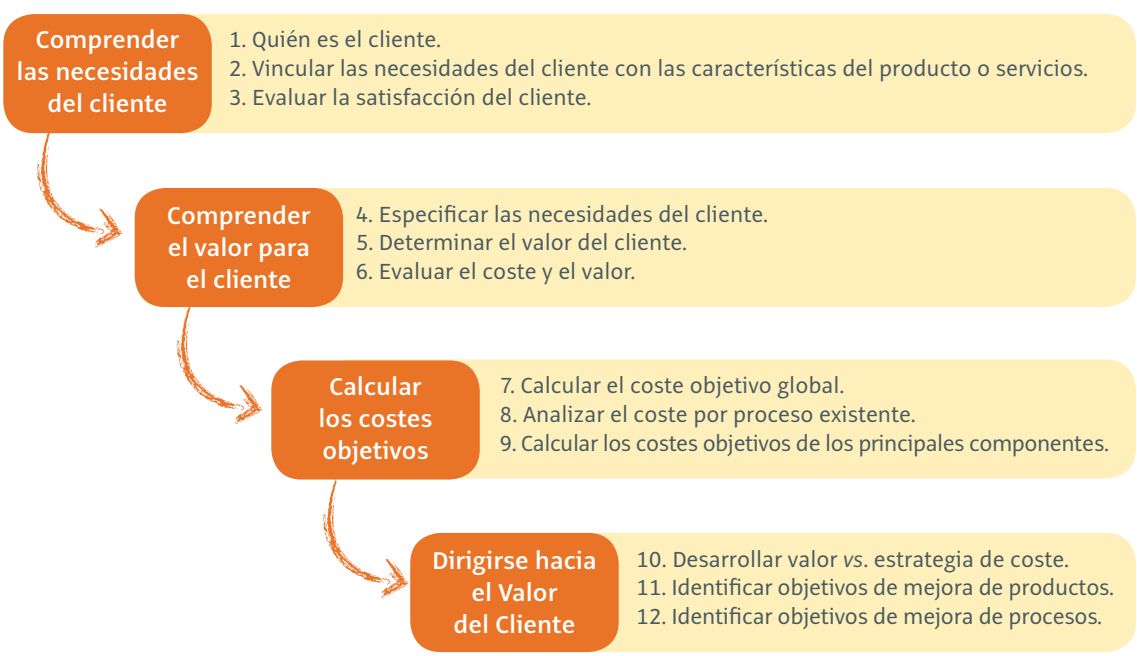


Figura 17. *Los 12 pasos del Target Costing. Adaptado de Maskell (2009)*

5.4 *Integrated Project Delivery* (*IPD*)

IPD es una evolución del *LPDS* que además incorpora los diferentes niveles de colaboración y modelos de contrato entre múltiples partes. La gestión y ejecución integrada del proyecto o *IPD* es un enfoque de la ejecución de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras y prácticas empresariales en un proceso que aprovecha colaborativamente el talento y los puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el cliente, reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en todas las fases de diseño, fabricación y construcción.

Figura 18. *Actores o agentes sociales que integra el IPD*

Los principios del *IPD* se pueden aplicar a una amplia variedad de acuerdos contractuales y los equipos del *IPD* pueden incluir miembros que van más allá de la tríada básica: propietario, proyectista y constructor. En todos los casos, los proyectos integrados se distinguen de forma única por la colaboración altamente eficaz entre el propietario o promotor, el equipo de diseñadores y el contratista principal, que comienzan a colaborar al principio del diseño y continúan a través de toda la entrega del proyecto.

Integrated Project Delivery se basa en la colaboración, que a su vez se basa en la confianza. Efectivamente estructurada, la colaboración basada en la confianza insta a las partes a centrarse en los resultados del proyecto en lugar de sus metas individuales. Sin la colaboración basada en la confianza, *IPD* se tambalearía y los participantes se mantendrían en las relaciones adversas y antagónicas que plagan la industria de la construcción hoy en día. *IPD* promete mejores resultados,

pero los resultados no van a cambiar a menos que las personas responsables de la entrega de los resultados cambien también. Por lo tanto, la consecución de los beneficios del *IPD* requiere que todos los participantes en el proyecto abracen los principios del *IPD*.

1. El respeto mutuo y la confianza

En un proyecto integrado, el promotor, el equipo de diseñadores o proyectistas, los consultores independientes, el constructor principal, los subcontratistas y los proveedores entienden el valor de la colaboración y se comprometen a trabajar en equipo en beneficio del proyecto.

2. Beneficio mutuo y recompensa

Todos los participantes o miembros del equipo se benefician del *IPD*. Debido a que el proceso integrado requiere la participación temprana de más partes interesadas, las estructuras de compensación del *IPD* reconocen y premian la participación temprana. La compensación se basa en el valor añadido para la organización y premia las formas de pensar basadas en "lo que es mejor para el proyecto", como por ejemplo a través de incentivos vinculados a la consecución de los objetivos del proyecto. Los proyectos integrados utilizan modelos de negocio innovadores para apoyar la colaboración y la eficiencia.

3. Innovación colaborativa y toma de decisiones

La innovación es estimulada cuando las ideas se intercambian libremente entre todos los participantes. En un proyecto integrado, las ideas son juzgadas por sus méritos, y no en función del rol o estatus de su autor. Las decisiones clave son evaluadas por el equipo del proyecto y, en la mayor medida de lo posible se adoptan por unanimidad.

4. La participación temprana de los participantes clave

En un proyecto integrado, los principales participantes están involucrados desde el momento más temprano y práctico posible. La toma de decisiones mejora mediante la afluencia de conocimientos y experiencia de todos los participantes clave. Su conocimiento y experiencia combinado es más potente durante las primeras etapas del proyecto, donde las decisiones informadas tienen el mayor impacto.

5. Definición temprana de los objetivos

Los objetivos del proyecto se han desarrollado en una fase temprana y han sido acordados y respetados por todos los participantes. La perspicacia de cada participante se valora en una cultura que promueve e impulsa la innovación y el rendimiento excepcional, manteniendo los resultados del proyecto en el centro por encima de los objetivos y valores individuales de los participantes.

Figura 19. *Los principios del IPD. Adaptado de Integrated Project Delivery: A Guide (2007). The American Institute of Architects (AIA)*

6. Planificación intensificada

El enfoque *IPD* reconoce que un mayor esfuerzo en la planificación da como resultado una mayor eficiencia y ahorro durante la ejecución del proyecto. Así, la idea clave del enfoque integrado no es reducir el esfuerzo de diseño, sino más bien mejorar en gran medida los resultados del diseño, racionalizando y reduciendo el esfuerzo de construcción, que es mucho más caro.

7. Comunicación abierta

El enfoque del *IPD* en el rendimiento del equipo se basa en la comunicación abierta, directa y honesta entre todos los participantes. Las responsabilidades están claramente definidas en una cultura de "no identificar culpables" que lleva a la identificación y solución de los problemas más que a la determinación de los responsables. Los litigios se reconocen cuando ocurren y se resuelven rápidamente.

8. Tecnología apropiada

Los proyectos integrados a menudo confían en las tecnologías de vanguardia. Las tecnologías se especifican al inicio del proyecto para maximizar la funcionalidad, la generalidad y la interoperabilidad. El intercambio de datos de manera abierta e interoperable basado en estructuras de datos disciplinadas y transparentes es esencial para apoyar el *IPD*. Debido a que los estándares abiertos permiten mejores comunicaciones entre todos los participantes, la tecnología que cumple estos estándares se utiliza siempre que sea posible.

9. Organización y liderazgo

El equipo del proyecto es una organización en sí misma y todos sus miembros están comprometidos con los objetivos y valores del equipo del proyecto. El liderazgo se adopta por el miembro del equipo que está más capacitado en materia de obras y servicios específicos. A menudo, los profesionales de la arquitectura y los contratistas ejercen la dirección en las áreas de su competencia tradicional con el apoyo de todo el equipo, sin embargo, los roles específicos se determinan necesariamente sobre una base de proyecto por proyecto. Los roles están claramente definidos, sin crear barreras artificiales que enfríen la comunicación abierta y la adopción de riesgos.

Figura 19 (cont). *Los principios del IPD. Adaptado de Integrated Project Delivery: A Guide (2007). The American Institute of Architects (AIA)*

a. Las fases de un proyecto integrado

En un proyecto integrado el flujo del proyecto desde la conceptualización hasta su ejecución y cierre difiere significativamente de un proyecto tradicional. Estas fases son las mismas que hemos descrito antes para el *LPDS*. En este punto nos focalizaremos más en el momento de la toma de decisiones y el rol que adoptan los principales agentes que intervienen en el proyecto.

En un proyecto integrado movemos las decisiones de diseño aguas arriba tanto como sea posible, donde estas decisiones son más efectivas y menos costosas, lo que supone replantear las fases típicas de un proyecto tradicional. La curva de *Mac Leamy* ilustra el concepto de toma de decisiones sobre el diseño en una fase temprana del proyecto, cuando la oportunidad de influir positivamente en los resultados se maximiza y los costes de los cambios se minimizan.

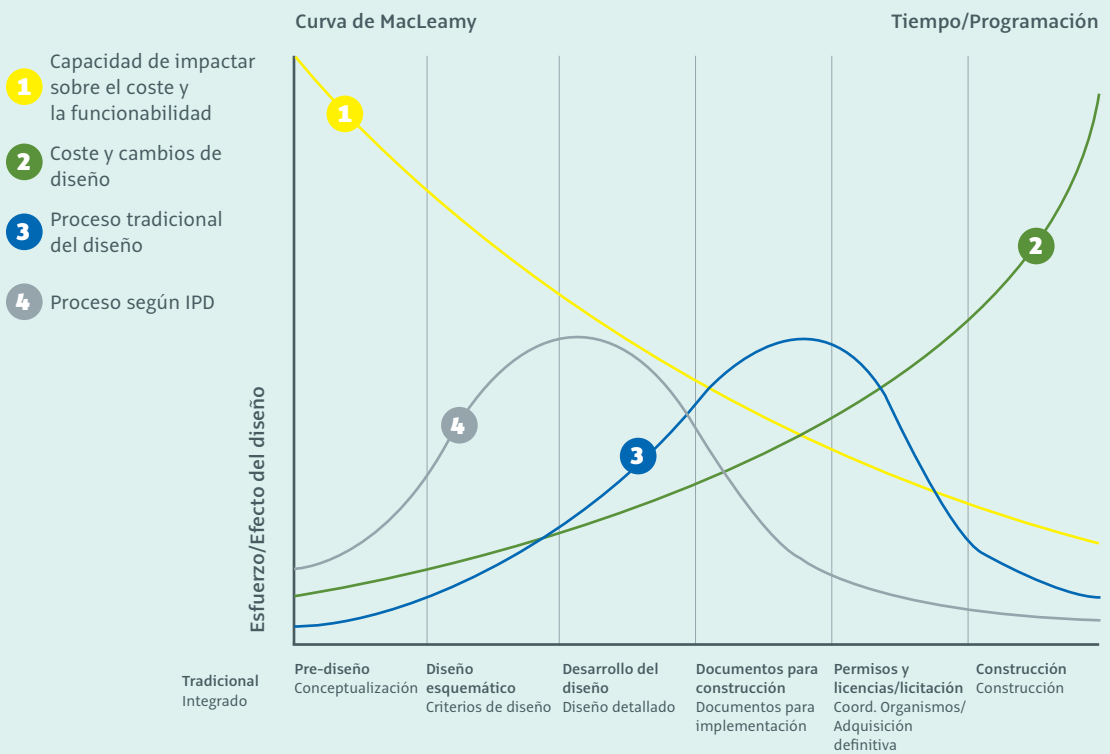


Figura 20. *Curva de MacLeamy. Adaptado de "Integrated Project Delivery: A Guide" (2007). The American Institute of Architects (AIA)*

5.5 El papel que juegan los principales actores según el *IPD*

a. La formación de un equipo integrado

La clave del éxito del *IPD* es la creación de un equipo que esté comprometido con los procesos de colaboración y cuyos miembros sean capaces de trabajar juntos de manera efectiva. Las funciones que deben desempeñar los miembros del equipo IPD para lograr el éxito del proyecto son las siguientes:

- Identificar en el momento más temprano posible los roles de los participantes que son más importantes para el proyecto.
- Precalificar a los miembros (individuos y empresas) del equipo.
- Tener en cuenta los intereses comunes y buscar la participación de partes adicionales seleccionadas, como funcionarios de la administración, empresas locales de servicios públicos, compañías de seguros y otras partes interesadas.
- Definir de manera mutua y comprensible los valores, intereses, metas y objetivos de los actores participantes.
- Identificar la estructura organizativa y de negocio que mejor se adapte al *IPD* de manera que sea coherente con las necesidades y limitaciones de los participantes. La elección no debe estar sujeta estrictamente a los métodos tradicionales de entrega de proyectos, sino que debe adaptarse de forma flexible al proyecto.
- Desarrollar acuerdos del proyecto para definir las funciones y responsabilidades de los participantes. Los acuerdos del proyecto deben estar sincronizados para asegurar que las funciones y responsabilidades de las partes se definan de forma idéntica en todos los acuerdos y sean compatibles con los modelos organizativos y de negocio acordados. Las principales disposiciones relativas a la indemnización, la obligación y la asignación de riesgos deben estar claramente definidas y deben alentar la comunicación y la colaboración.

1. El promotor

En *IPD*, el promotor asume un papel mucho más activo en la evaluación e influencia de las opciones de diseño. Además, se requiere que el promotor participe en el establecimiento de métricas del proyecto en una etapa más temprana que lo habitual en un proyecto tradicional. A la luz de la fluidez en las operaciones que requiere *IPD*, al promotor se le requiere más a menudo para ayudar a resolver los problemas que se plantean en el proyecto. Como miembro del órgano de decisión, el promotor estará involucrado en más detalles relacionados con el proyecto y la obligación de actuar con rapidez en este sentido para que el proyecto continúe de manera eficiente.

Figura 21. *El papel que juegan los principales actores en un proyecto integrado*

2. Diseñadores / Proyectistas

IPD se basa principalmente en un proceso de diseño exhaustivo y minucioso que incorpora la entrada y la participación de otros miembros del equipo, incluyendo constructores, durante la fase de diseño. Por lo tanto, el proceso de diseño adquiere una mayor importancia, ya que los demás miembros del equipo llegan a entender cómo funciona el proyecto integrado y cómo va a ser completado. Como miembro del equipo, el diseñador o proyectista está necesariamente implicado en la definición de los procesos de diseño que se aplicarán al proyecto.

Los proyectos integrados permiten esfuerzos previos a la construcción más amplios, relacionados con la identificación y solución de conflictos potenciales de diseño que tradicionalmente no se descubren hasta la fase de ejecución. Como resultado, se requiere que los diseñadores lleven a cabo en una etapa anterior, determinados servicios que tradicionalmente se llevan a cabo más adelante en el proyecto. El avance resultante de los servicios de más partes interesadas aumenta potencialmente el volumen de los servicios prestados en la fase de diseño.

Interacciones frecuentes con otros miembros del equipo durante la fase de diseño requieren que los diseñadores ofrezcan numerosas iteraciones de sus documentos de diseño a otros miembros del equipo para su entrada y evaluación. Estas interacciones derivan en una responsabilidad adicional en relación tanto a los documentos entregados a otros miembros del equipo como a los recibidos.

3. El constructor

La naturaleza del alcance de los servicios del constructor se ve afectada principalmente en el *IPD* por su pronta participación en el proyecto y su participación en el equipo integrado. En concreto, aumenta el papel del constructor de una manera significativa durante las primeras etapas de diseño, en el que los constructores ahora prestan servicios estratégicos tales como programación de la producción, estimación del coste, ajuste de las fases, evaluación de los sistemas, revisiones de constructibilidad, y programas tempranos de compras y adquisiciones.

Los constructores se introducen en las fases iniciales del proyecto para aportar su experiencia y participar plenamente en el diseño del proyecto. El resultado es un mayor papel a la hora de comentar e influir en la innovación del diseño. Este aumento de su función durante la fase de diseño requiere que el constructor proporcione de manera continua estimaciones del coste objetivo del valor del diseño (*Target Value Design*) durante la fase de diseño.

Figura 21. *El papel que juegan los principales actores en un proyecto integrado*

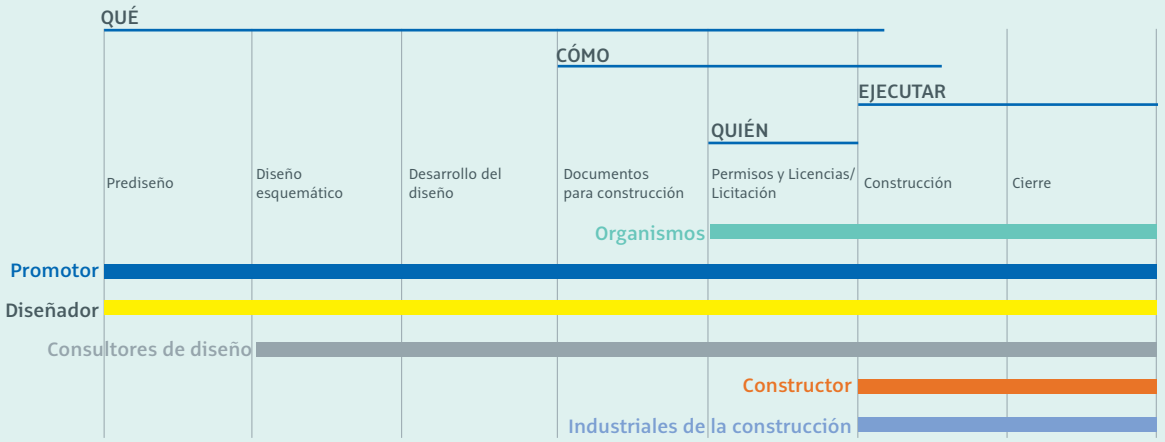


Figura 22. *Proceso Tradicional del Diseño. Adaptado de Integrated Project Delivery: A Guide (2007)*

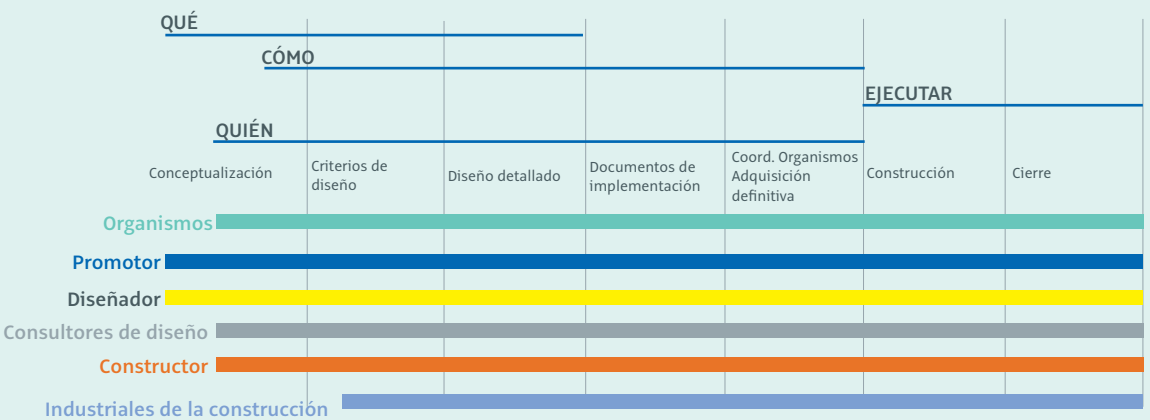


Figura 23. *Proceso Integrado del Diseño. Adaptado de "Integrated Project Delivery: A Guide" (2007)*

5.6 Integración del *BIM* dentro del *IPD*

Los sistemas *BIM* (*Building Information Modeling*) o modelado de información del edificio tienen cada vez mayor peso en la gestión integral del proyecto. La gestión de objetos con elevada carga de información, desde la idea matriz hasta el uso y mantenimiento del elemento constructivo, está cambiando las relaciones entre los diferentes actores y agentes sociales que intervienen en el proceso constructivo. *BIM* sirve como fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre un edificio o instalación, que forma una base fiable para tomar decisiones durante su ciclo de vida desde el inicio en adelante. Una premisa básica de *BIM* es una colaboración de las diferentes partes interesadas en las diferentes fases del ciclo de vida del edificio o instalación para insertar, extraer, actualizar o modificar la información contenida en el *BI*M para apoyar y reflejar el papel de las partes interesadas. *BIM* es una representación digital compartida basada en estándares abiertos para la interoperabilidad.

Figura 24. *Elementos del BIM*

a. *BIM* como catalizador y sistema integrado en el *IPD*

Gracias a las nuevas tecnologías, *BIM* soporta la entrega de proyectos de una manera más colaborativa e integradora. Los equipos que trabajan de esta manera utilizan los modelos de información de edificios de manera colaborativa y computable para lograr una mejor toma de decisiones. Las estrategias de toma de decisiones de manera colaborativa son fundamentales para

el proceso de *IPD*. Incluso si, hipotéticamente, un proyecto llevado a cabo según *IPD* se entrega y ejecuta sin usar *BIM* y viceversa, los mayores beneficios se alcanzan cuando las metodologías *BIM* se aplican junto con los procesos de *IPD*.

La consistencia de la "I" de Información, es el valor real que *BIM* puede proporcionar a un proceso de *IPD*: la integración de la información, la fiabilidad y la interoperabilidad están en el corazón de *BIM*. Esto solo puede lograrse cuando la información del modelo se comparte de manera transparente y se convierte en una parte integral del proceso de toma de decisiones a través del diseño, la construcción y la gestión del edificio.

BIM puede ser de gran valor para todos los promotores, tanto públicos como privados. En el ámbito público, la mayoría de los promotores son también responsables de sus edificios, y es aquí donde *BIM* añade gran valor. La mayoría de promotores o propietarios han experimentado alguna vez, una pérdida importante de información sobre el proyecto entre el final de la construcción y el inicio de la fase de gestión; como resultado, la mayoría de los propietarios entienden lo difícil que es reunir, organizar, gestionar y almacenar los muchos tipos de información diferentes requeridos para la gestión a largo plazo de los edificios o instalaciones. *BIM* puede ayudar al promotor en esta importante tarea: puede ser visto como un almacén de grandes conjuntos de información o estar vinculado a otra información tal vez no almacenada dentro del modelo. El uso de *BIM* para la gestión del edificio o las instalaciones, una vez entregados al cliente, es el siguiente gran paso para un uso verdaderamente efectivo de esta tecnología. Este es un paso natural en el ciclo de vida del edificio para capturar la información al final de la construcción y puesta en marcha de las operaciones.

Debido a que *BIM* puede combinar, entre otras cosas, el diseño, la información de fabricación, instrucciones de montaje y logística de gestión de proyectos en una base de datos, proporciona una plataforma para la colaboración en el diseño y la construcción del proyecto. Además, debido a que el modelo y la base de datos pueden existir durante la vida de un edificio, el propietario puede utilizar *BIM* para gestionar la instalación mucho más allá de la finalización de la construcción para fines tales como la planificación del espacio, el mobiliario, la supervisión del rendimiento de la energía a largo plazo, el mantenimiento y la remodelación.

5.7 *Last Planner System* (*LPS*) o sistema del último planificador

a. Introducción

La gestión tradicional de proyectos centrada en el método del camino crítico está focalizada en las actividades individuales. Este sistema, junto con los contratos transaccionales, se apoya sobre la base de un enfoque jerárquico de mando y control para la planificación de proyectos. Este enfoque aparentemente coherente descansa en el supuesto tácito de que el proyecto se optimizará al minimizar el tiempo y el coste necesario para completar cada tarea de manera aislada. Por desgracia, las medidas adoptadas por los contratistas para mejorar su productividad casi siempre hacen impredecible el flujo continuo de trabajo: los costes se incrementan, la duración se extiende, la seguridad y la calidad disminuyen y el riesgo aumenta.

b. Definición

El *Last Planner* o **último planificador**, normalmente el capataz, encargado o jefe de obra, se define como la última persona capaz de asegurar un flujo de trabajo predecible aguas abajo. *LPS* faculta al último planificador –la persona que asigna las tareas de trabajo directamente a los trabajadores– para conseguir compromisos de entrega en base a la situación real de un puesto de trabajo, en lugar de hacerlo en base a los planes teóricos. Se trata de un sistema *Pull* en lugar de un sistema *Push* porque es la actividad aguas abajo en la cadena o flujo de valor la que marca el ritmo y tira de la demanda y no a la inversa como ocurre en el sistema tradicional, en el que las actividades aguas arriba empujan la producción hacia las actividades aguas abajo, generando cuellos de botella, exceso de inventario y esperas, entre otros desperdicios. El plan de trabajo normalmente se realiza y mantiene en una *Obeya Room* o habitación grande, que suele ser una habitación, espacio o caseta habilitada para ello, instalada lo más cerca posible de la obra o lugar de trabajo, donde se ubica el equipo de trabajo.

Cuando el flujo de trabajo se hace más previsible, las obras se organizan mejor, las reuniones son más cortas, las disputas son menores y los cuellos de botella y las interrupciones en el flujo de trabajo se hacen más evidentes. Las decisiones se toman por consenso y los miembros del equipo deben ponerse de acuerdo en la relación existente entre las actividades, su secuencia y el tiempo de ejecución. Además, los miembros del equipo han de asegurarse de que tienen los recursos y el tiempo suficiente para completar los trabajos.

c. Origen de *Last Planner System*

El primer documento técnico sobre *Last Planner System* fue publicado en 1994 y posteriormente desarrollado por su mismo autor, Glenn Ballard, en su tesis doctoral del año 2000. Según Ballard, en un sistema tradicional, el rendimiento del último planificador a veces es evaluado como si no pudiera haber ninguna diferencia posible entre "lo que debería hacerse" y "lo que se puede hacer". Ante la pregunta "¿qué vamos a hacer la semana próxima?", la respuesta más probable es "lo que está en el programa", o "lo que está generando más urgencia". Los supervisores consideran que su trabajo es mantener la presión sobre los subordinados para seguir produciendo a pesar de los obstáculos. La entrega irregular de recursos y la terminación impredecible de los trabajos previamente necesarios, invalidan la presunta ecuación de "lo que se hará" con "lo que debería hacerse" y rápidamente da lugar al abandono de la planificación que dirige la producción real.

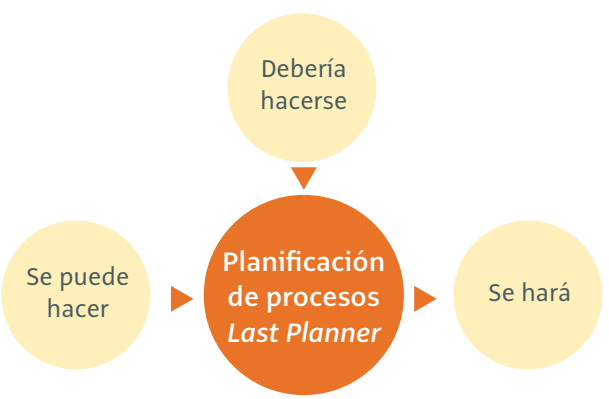


Figura 25. *La formación de las tareas en el proceso de Last Planner System (Ballard 2000)*

Last Planner System (LPS) o sistema del último planificador añade un componente de control de la producción al sistema tradicional de gestión de proyectos. El *LPS* puede entenderse como un mecanismo para la transformación de "lo que debería hacerse" en "lo que se puede hacer", formando así un inventario de trabajo realizable, que puede ser incluido en los planes de trabajo semanal. La inclusión de asignaciones en los planes de trabajos semanal es un compromiso de los últimos planificadores (supervisores, jefes de obra, etc.) de "lo que en realidad se hará".

Así pues, *LPS* puede definirse como un método de control de producción diseñado para integrar "lo que debería hacerse" – "lo que se puede hacer" – "lo que se hará" – "lo que se hizo realmente" de la planificación y asignación de tareas de un proyecto. Su objetivo es entregar flujo de trabajo fiable y aprendizaje rápido.

LPS es un sistema colaborativo y está basado en el compromiso. Al contar con un enfoque sobre el conjunto general de todo el proyecto, *LPS* crea un sistema que garantiza que cada semana la gente está cumpliendo sus compromisos del plan semanal; esta consistencia permite la eliminación del programa de relleno, planes de contingencia, exceso de inventarios y otras actividades que no añaden valor.

Cuando los flujos de trabajo son más predecibles, los subcontratistas pueden tomar ventaja del montaje fuera de la obra, donde los subconjuntos se pueden producir y ensamblar en un entorno controlado. Esto, generalmente lleva a conjuntos de mayor calidad, menor coste y menor tiempo de instalación en el lugar de trabajo. Otro de los beneficios de la estabilidad es que los proyectos terminen a tiempo; al no extenderse, se pueden ahorrar miles de euros a la semana en el coste de equipos, maquinaria, alquileres, mano de obra y otros recursos para mantener el sitio de trabajo activo.

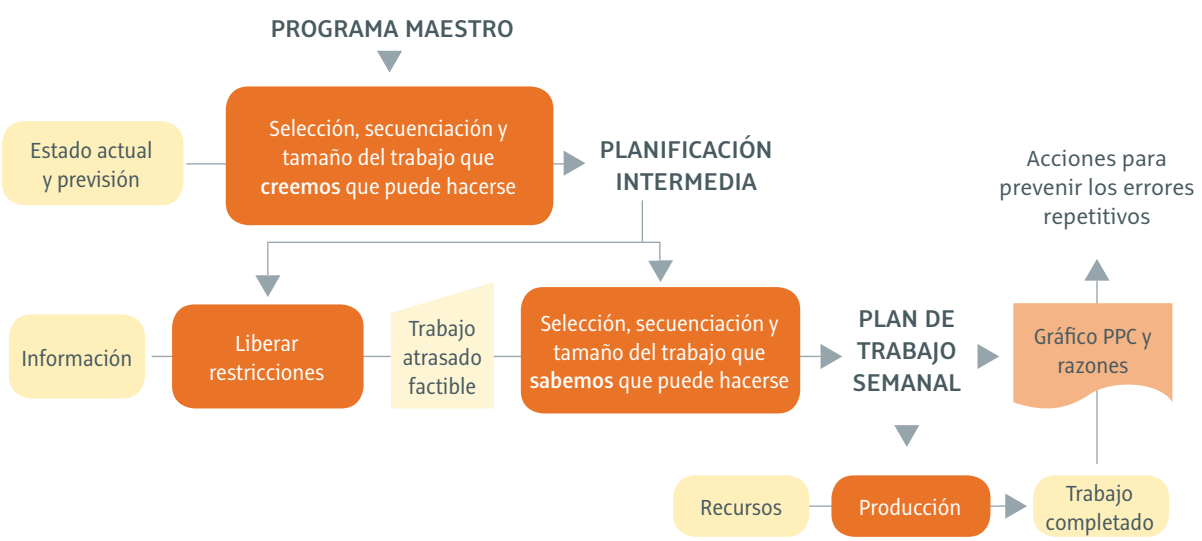


Figura 26. *Modelo general de Planificación del Proyecto usando LPS (Ballard 2000)*

d. Componentes de *Last Planner System*

El sistema de control de producción del último planificador tiene tres componentes:

- Planificación anticipada.
- Compromiso con la planificación.
- Aprendizaje.

• Planificación anticipada

La norma que rige el análisis de las restricciones es que no se autorice ninguna actividad a la fecha prevista a menos que los planificadores estén seguros de que las restricciones se pueden eliminar a tiempo. Siguiendo esta regla se asegura el hecho de que los problemas saldrán a la superficie más pronto y aquellos que no puedan resolverse en la planificación no se impondrán en la ejecución del proyecto, ya sea a nivel de diseño, fabricación o construcción.

• Compromiso con la planificación

Los compromisos se miden con el Porcentaje del Plan Completado (PPC), un indicador clave que evalúa si el trabajo se completó según lo prometido o no. El PPC rinde cuentas sobre el rendimiento de la ejecución del proyecto así como la identificación de lecciones de mejora y oportunidades de aprendizaje. Esas lecciones se utilizan para mejorar las prácticas de trabajo, procesos y sistemas. Los proyectos con *LPS* han demostrado una fiabilidad de planificación del 85%, que se compara con los proyectos tradicionales, donde es de alrededor del 50%.

El último planificador considera los criterios de calidad antes de comprometer a los trabajadores a hacer el trabajo con el fin de protegerlos de la incertidumbre. En Toyota se aplica la regla de Taiichi Ohno: "En Toyota, todo trabajador tiene el deber de parar la línea de producción en lugar de lanzar una pieza defectuosa aguas abajo". Decir "No" era (y sigue siendo) un acto radical en la construcción. Uno de los cambios de comportamiento que conlleva *LPS* es la capacidad de decir "no" si el pre-requisito de la tarea o asignación no está completo.

• Aprendizaje

Cada semana, el plan de trabajo de la semana anterior es revisado para determinar qué tareas (compromisos) se completaron. Si el compromiso no se ha mantenido, a continuación se proporciona una razón. Estas razones son analizadas periódicamente hasta la causa raíz y se llevan a cabo acciones para evitar que se repitan. Cualquiera que sea la causa, la monitorización continua de las razones para el fracaso del plan, medirá la efectividad de las acciones correctivas.

e. Fases de Implantación de *Last Planner System*

En el sistema del último planificador se introducen adicionalmente a la planificación tradicional general de la obra o Plan maestro planificaciones intermedias y semanales, el seguimiento de indicadores de productividad como el PPC o Porcentaje del Plan Completado y un plan de acción para eliminar la causa raíz que ha originado el incumplimiento de la programación.

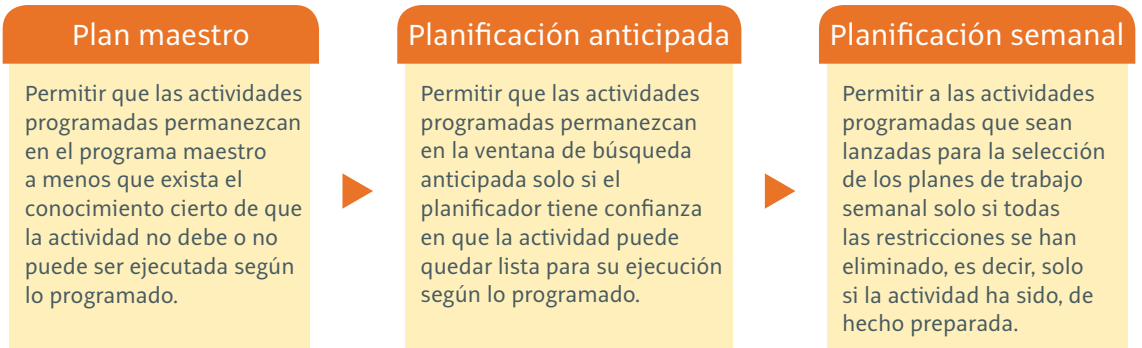


Figura 27. *Reglas para permitir que las actividades programadas permanezcan o entren en cada uno de los tres niveles de jerárquica primaria del sistema de programación*

f. Resumen del *Last Planner System*

El Plan maestro muestra la viabilidad de los plazos y los hitos del proyecto. Una vez que el plan está completo, se deja a un lado y se desarrolla la planificación por fases para cada hito. Las personas que realmente hacen el trabajo, crean un plan colaborativo para entregar cada fase del proyecto, lo que es esencialmente el sistema de producción para entregar el proyecto. El equipo crea la planificación por fases de todo el proyecto. Ese plan conduce a la generación de un *Look Ahead Plan* (*LAP*) o planificación intermedia, que idealmente tiene un alcance de seis semanas.

El *LAP* permite al equipo anticipar y obtener todo lo que necesita para completar y conseguir así el trabajo que está listo para empezar cuando lo requiera la planificación por fases. Además, el equipo genera un plan semanal para identificar lo que se puede hacer en relación con lo que se debe hacer y lo que se hará para la siguiente semana.

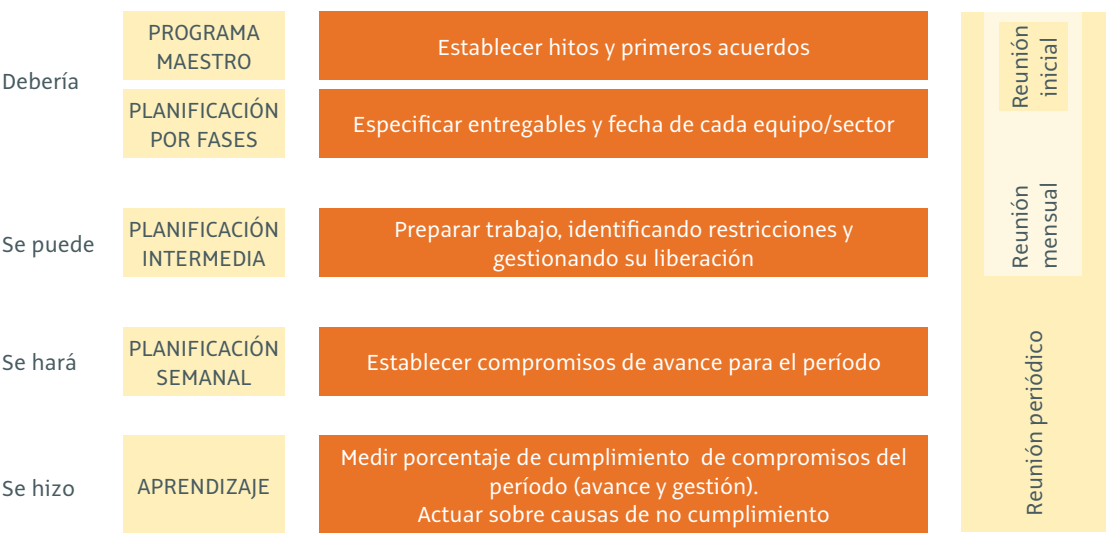


Figura 28. *Cuadro resumen de Last Planner System*

5.8 Resumen: proyecto tradicional *versus* proyecto *Lean*

PROYECTO TRADICIONAL	PROYECTO *LEAN*
Sistema operativo	
Gestión del camino crítico	*Last Planner System*
Sistema *Push*	Sistema *Pull*
Basado en la transformación de procesos e información	Basado en la transformación, flujo de valor y generación de valor
Las actividades se llevan a cabo tan pronto como sea posible	Las actividades se llevan a cabo en el último momento responsable
Los búferes están dimensionados y localizados para la optimización local	Los búferes están dimensionados y localizados para realizar la función de absorber la variabilidad del sistema
Focalizado en las transacciones y contratos	Focalizado en el sistema de producción
Acuerdos y términos comerciales	
Transaccional. Fomenta el esfuerzo unilateral, asigna y transfiere el riesgo, no lo comparte	Anima, fomenta, promueve y apoya el intercambio abierto de información e ideas y la colaboración entre múltiples partes
Riesgo	
De gestión individual. Transferido a otros en la mayor medida posible	Gestionado de forma colectiva, compartido apropiadamente
Aprendizaje y transmisión del conocimiento	
El aprendizaje se produce de forma esporádica. Conocimientos adquiridos: "solo los necesarios"; información acaparada y retenida, silos de conocimiento y habilidades	El aprendizaje se incorpora al proyecto, la empresa y la cadena de suministro Aportación de conocimiento y habilidades al principio; información abiertamente compartida; confianza mutua y respeto entre las partes interesadas
Diseño y procesos	
No todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño	Todas las etapas del ciclo de vida del proyecto se tienen en cuenta en la fase de diseño
Una vez el proyecto está diseñado, entonces empieza el diseño de los procesos	El proyecto y los procesos se diseñan de manera conjunta

Figura 29. *Resumen de diferencias entre un proyecto tradicional y un proyecto Lean*

PROYECTO TRADICIONAL	PROYECTO *LEAN*
Proceso	
Lineal, inequívoco, segregado	Concurrente y multinivel
Relación con proveedores y partes interesadas	
Organizaciones distintas se unen a través del mercado y toman lo que el mercado ofrece	Se hacen esfuerzos de manera sistemática para reducir los plazos de entrega de la cadena de suministro
Los intereses de las partes interesadas no están alineados	Los intereses de las partes interesadas están alineados
Jerarquizado / Mando y control	Colaborativo / Autoridad distribuida
Un especialista toma las decisiones y las lanza para que estas se ejecuten	Las partes interesadas aguas abajo participan de las decisiones que se toman aguas arriba
Equipos fragmentados, montado sobre la base de "justo lo necesario" o "lo mínimo necesario", fuertemente jerarquizados y controlados	Un equipo integrado compuesto por las partes interesadas claves del proyecto, montado al inicio del proceso, abierto y colaborativo
Se persigue el individualismo; el mínimo esfuerzo para el máximo beneficio; por lo general, basado primero en el coste	Éxito del equipo vinculado al éxito del proyecto, basado en la entrega de valor al cliente
Comunicación/Tecnología	
Basada en papel, 2 dimensiones, analógica	Medios digitales, virtuales, *Building Information Modeling* (3, 4 y 5 dimensiones)

Figura 29 (cont.). *Resumen de diferencias entre un proyecto tradicional y un proyecto Lean*

6. Conclusiones

Lean Construction está ganando impulso a nivel global, sobre todo a partir de la crisis de 2008. En cuanto a su difusión, dos organizaciones han sido pioneras y son en la actualidad dos referencias a nivel internacional: el International Group for Lean Construction (IGLC)[6] y el Lean Construction Institute (LCI). Con respecto a la investigación, diversos centros en EE. UU., Chile, Brasil, Reino Unido y los llamados Países Nórdicos en Europa están jugando un papel muy activo . En estos países el interés por *Lean Construction* ha crecido rápidamente en los últimos años, especialmente en el caso de EE. UU., donde ha habido una clara implicación de diversas organizaciones empresariales y profesionales relacionados con la construcción, asociaciones de usuarios y consumidores y la propia administración pública. En España, parte del interés por *Lean Construction* se agrupa en torno al *Spanish Group for Lean Construction*, que como grupo o red social vinculada a la Universidad Politécnica de Valencia ha organizado diversos eventos académicos y divulgativos, e informa en su página web sobre noticias relacionadas con el tema.

En España, a pesar de que la construcción ha representado un alto porcentaje sobre el PIB (históricamente por encima del 10%), no contamos con estudios oficiales sobre índices de productividad en la construcción con respecto a otras industrias o sobre el estado actual de conocimiento o implantación de *Lean Construction*. Sin embargo, en el sector industrial de la fabricación, *Lean Manufacturing* es conocido y la mayoría de sectores cuentan con casos de éxito, si bien el grado de implantación es muy diverso y todavía queda mucho por hacer, según se extrae del estudio realizado por la Fundación Escuela de Organización Industrial.

El sector de la construcción en España está atravesando serias dificultades, pero más allá de problemas derivados de la crisis financiera e inmobiliaria que comenzó en 2008, debemos admitir los problemas crónicos de fondo que arrastramos desde hace décadas, sobre todo los relativos a la calidad, la seguridad, la improductividad y la falta de transparencia. Al mismo tiempo, el sector debe tomar conciencia de los beneficios de la innovación y la formación, la construcción prefabricada o industrializada, el uso del sistema *BIM* ya comentado y el uso de sistemas *ERP* (*Enterprise Resource Planning*) además de otros sistemas basados en la nube para lograr una mejor integración y compartir datos e información a través todos los miembros del equipo y la cadena de suministro.

Hasta ahora, el interés por *Lean Construction* en España ha sido más bien escaso y las pocas experiencias que existen están principalmente focalizadas en aplicaciones puntuales de *BIM*, en su vertiente más tecnológica, como herramienta y no como sistema integral, o la aplicación del *Last Planner System* como herramienta de planificación. La implicación de la universidad y la creación de grupos específicos de investigación que estén en colaboración directa con las empresas es un dato a tener en cuenta, ya que tal y como hemos visto, existe una relación directa entre la investigación y los países con mayores niveles de implantación y casos de éxito.

Los estudios llevados a cabo durante los últimos 20 años, han demostrado que con *Lean Construction* podemos alcanzar mayores índices de productividad, calidad, seguridad, satisfac-

ción del cliente y reducción de plazos de entrega, entre otras muchas ventajas. Hoy, estas mejoras representan la diferencia entre que un proyecto sea viable, o no, para poder continuar adelante con su ejecución y pueden marcar la ventaja competitiva en la licitación o adjudicación de proyectos y reducir el coste para el cliente o aumentar el beneficio del negocio.

Las experiencias previas también han demostrado que es necesario un cambio cultural y que este debe producirse desde la gerencia de las empresas, en este caso constructoras y promotoras, tanto de ámbito privado como público; con el total convencimiento y apoyo por parte de los equipos directivos de las empresas. Además, si queremos un cambio acelerado y de alta velocidad hace falta la implicación política, sobre todo en cuanto a la forma actual de licitar proyectos; los actuales modelos basados en diseñar-licitar-construir no fomentan la integración y la colaboración, y sería positivo incentivar y premiar el uso de procedimientos y técnicas *Lean*. También ha quedado demostrado que *Lean Construction* es algo que concierne a todos y que para abordar el cambio definitivo, cuyas ventajas ya han quedado más que demostradas, se necesita la implicación de todos los agentes sociales: constructores, promotores, administración pública, arquitectos, ingenieros, proveedores y fabricantes, legisladores y la universidad o centros de investigación; y que el factor humano y la capacitación, desde arriba hasta abajo dentro de la jerarquía organizacional de cada empresa, es clave para lograr el éxito.

En esta guía nos hemos referido a la construcción como una industria, porque realmente hoy en día lo es. La construcción de un edificio o infraestructura es hoy algo infinitamente más complejo que hace 25 años y requiere de más aplicaciones informáticas, tecnología, equipos, materiales, normativas, instalaciones, técnicos, etc., que antes. Para hacernos una idea de lo rápido que avanza todo podemos imaginarnos cómo era un día en la construcción de una obra o en un despacho de arquitectura hace 25 años y compararlo con hoy. Hecha la reflexión, los cambios durante los próximos 25 años todavía van a ser mucho más rápidos, así que la flexibilidad y la capacidad de adaptarse de las empresas y los profesionales también van a marcar la diferencia entre unos y otros.

Los conceptos de globalización también afectan a la construcción, y esta no puede permanecer ajena a este fenómeno. Empresas de aquí o de fuera, de la mano de inversores o gestores financieros de carácter global, exigirán el empleo de estas metodologías para obtener rentabilidad a sus negocios e inversiones. Por otra parte, la globalización también nos afecta en temas de escasez y encarecimiento de recursos materiales y energéticos, que hasta ahora, no han representado una prioridad en las obras de construcción o en el diseño de proyectos; pero el aumento del precio del combustible, la escasez o el encarecimiento de la gestión del agua y otros recursos naturales en algunas zonas así como la gestión de residuos, harán que todos estos gastos se tengan más en cuenta cada día.

Con respecto al entorno; la sociedad de hoy también es más exigente que la de hace 25 años, está mejor informada y exige mayor calidad, seguridad y respeto por el entorno y esto debería ser tenido en cuenta por todas las partes interesadas tanto en la fase de diseño como la de ejecución. A través de herramientas como el *Target Costing*, debemos hacer un esfuerzo por comprender bien las necesidades del cliente y determinar aquello que le añade valor, a partir de ahí, podemos calcular los costes objetivos y desarrollar una estrategia de costes dirigida hacia el valor del cliente.

Así mismo, la creación de programas de formación basados en el liderazgo y el trabajo en equipo debería ser una prioridad para ir abandonando de manera progresiva el viejo modelo basado en estructuras fuertemente jerarquizadas de orden y mando. Nos guste o no, estos son cambios que ya están sucediendo.

La industria de la construcción en España no puede permitirse quedarse un año más estancada, si quiere ser competitiva en su entorno, que hoy es a nivel global. El orden lógico para que este arranque se produzca con éxito requiere de tres fases:

1) difundir y enseñar el modelo;
2) formar a los diferentes actores y agentes sociales, con especial énfasis hacia los empresarios, que son quienes han de liderar y facilitar los recursos;
3) comenzar rápidamente la implantación mediante proyectos piloto para tener cuanto antes casos de éxito, que sirvan de referencia a otras empresas u otros proyectos de la misma empresa; teniendo en cuenta la adaptación de este modelo a las circunstancias, cultura y recursos de cada empresa y cada región o país.

7. Glosario de conceptos y herramientas *Lean*

- ***Value Stream Mapping* (*VSM*)**

El *VSM* o mapa del flujo de valor es una técnica para representar gráficamente las operaciones de una empresa. En él se representan los procesos necesarios para la transformación de materias primas o semi-elaboradas en un producto terminado (flujo de materiales) y el modo en que se transmite la información entre estos procesos (flujo de información); y nos muestra la proporción de actividades que añaden valor y las que no. El *VSM* sigue los materiales y la información de cada flujo de valor, y detecta dónde están las oportunidades de mejora. Puede utilizarse como herramienta de planificación y control, como herramienta de diagnóstico y también como herramienta de comunicación.

Los pasos para realizar un *VSM* son: identificar una familia de productos; dibujar el estado actual del proceso; dibujar el estado futuro o deseado y desarrollar un Plan de Acción para lograr el estado futuro.

- **El Informe A3 de Toyota**

A3 debe su nombre al papel cuyas medidas son 297 por 420 milímetros, según la Organización Internacional de Normalización (ISO). Este es el tamaño de papel que se ha convertido en el estándar por el cual se comunican en Toyota los proyectos de mejora continua. El A3 tiene dos funciones básicas: es un método para la formulación de propuestas y un medio de comunicación de las acciones aprobadas.

Los beneficios del A3 son: proporciona un enfoque metódico a la resolución de problemas; proporciona un formato breve para la presentación de informes y hechos a los demás; documenta un camino que otros pueden seguir y utilizar para entender las acciones y los resultados de la resolución del problema; proporciona un lenguaje común y un método dentro de una organización; crea una cultura que tiende a mantener los conceptos de *Lean*; proporciona un estándar sobre la cual empezar a trabajar y sienta las bases para cambios futuros.

Ejemplo de Informe A3 De Toyota para la resolución de problemas

TEMA: ¿Qué estamos tratando de resolver?

ANTECEDENTES:
- Antecedentes del problema.
- Contexto que se requiere para comprenderlo completamente.
- Importancia del problema.

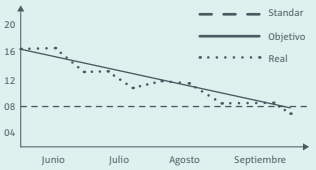
ESTADO ACTUAL:
- Diagrama del estado o proceso actual o *VSM* actual.
- ¿Qué no es ideal en el sistema actual? ¿Qué añade valor y qué no?
- Alcance del problema.

ANÁLISIS CAUSA-EFECTO:
- ¿Por qué?
  - ¿Por qué?
    - ¿Por qué?
      - ¿Por qué?
        - ¿Por qué?

OBJETIVO:
- Diagrama del estado futuro o *VSM* futuro.
- Efectúe las reorganizaciones necesarias alrededor del flujo de valor.
- Contramedidas.
- Objetivos medibles (tiempo, cantidad, etc.)

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN			
Acción	Responsable	Fecha	Estado
Coste:			

SEGUIMIENTO:



- Establezca métricas del proceso.
- Siga visualmente el progreso.
- Mejora continua.
- Plan de formación y comunicación.

- ***Poka-Yokes* o dispositivos a prueba de errores**

Son mecanismos instalados en una máquina o proceso, capaces de distinguir entre condiciones normales y anormales, los cuales impiden que se fabriquen productos defectuosos, ya que cuando detectan la situación anormal para la cual han sido programados detienen automáticamente la máquina o el proceso, evitando así que se sigan fabricando piezas defectuosas de manera masiva o que el proceso siga avanzando. Estas técnicas han sido probadas con éxito en la construcción y junto con las inspecciones en la fuente, ayudan a desprenderse de la vieja idea de que los defectos son una parte normal de los procesos de fabricación o construcción.

- **Gestión visual**

En una empresa tradicional, la participación en la información no es algo a tener en cuenta; toda la información está en manos de los jefes y los trabadores se mantienen ignorantes de la misma. En cambio, en una organización visual, los trabajadores conocen el resultado/rendimiento exacto, en cada momento del día. A través de sistemas de gestión visual, saben exactamente lo que

tienen que producir en el día y en qué situación están con relación al total; conocen los ahorros de costes que puede producir cualquier sugerencia particular; conocen la tasa de defectos y cómo afecta su trabajo a la calidad del producto final; registran y muestran cada problema del día, y toman fotografías o dibujos de cada problema y de su solución o mejora de forma que sus ideas puedan estimular otras ideas.

Estas son las preguntas a las que da respuesta la gestión visual: cuál es la función de cada área de trabajo; qué actividades se desarrollan; cómo sabe la gente lo que tiene que hacer; cómo saben, cómo han de hacerlo; cómo saben, cómo lo están haciendo y qué hacer si no se cumplen las expectativas.

Los beneficios de la gestión visual son: mayor estabilidad y predictibilidad de un proceso, departamento u organización; en general, menos esfuerzo para gestionar el proceso; mayor conciencia de los problemas y las oportunidades de mejora; mayor sensibilidad a los problemas; conocimiento y conciencia mejorada de los trabajadores; curvas de aprendizaje más cortas.

Estos son los elementos de la gestión visual: comunicación visual; un área de comunicación para el equipo; documentación visual (hojas de instrucciones); control visual de la producción (*Kanban* y *Heijunka*); control visual de la calidad (*PDCA* y *Kaizen*); indicadores visuales del proceso y hacer visible el progreso.

- **5S**

Las 5S es una metodología japonesa que se inició en Toyota en los años 60, denominado así por la primera letra que en japonés designa cada una de las 5 etapas de esta técnica de gestión:

- *Seiri* **(Organizar)**: la organización significa retirar de la estación de trabajo (de la planta de montaje, la obra de construcción y de la oficina o almacén) todos los elementos que no son necesarios para las operaciones de producción.
- *Seiton* **(Ordenar):** el orden puede definirse como la organización de los elementos necesarios de modo que sean de uso fácil y etiquetarlos de modo que se encuentren y retiren fácilmente. Un eslogan que define esta "S" es "un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar".
- *Seiso* **(Limpiar):** mantener el área de trabajo limpia y en buenas condiciones de seguridad y salud. Seiso también implica "hacer inspección a través de la limpieza".
- *Seiketsu* **(Estandarizar):** la estandarización es el estado que existe cuando se mantienen los tres primeros pilares (organización, orden y limpieza).
- *Shitsuke* **(Disciplina):** la disciplina significa convertir en hábito el mantenimiento apropiado de los procedimientos correctos.
- **Beneficios para los empleados:** ofrecerles una oportunidad para proveer ideas creativas sobre cómo debe organizarse y disponerse su estación de trabajo y sobre cómo debe hacerse su trabajo; hacer más grata la estación de trabajo para su tarea y hacer más satisfactorio su trabajo; menos accidentes y mayor seguridad; erradicar obstáculos y frustraciones de su trabajo; ayudarle a conocer lo que se espera que haga y cuándo y dónde se espera que lo haga y facilitar las comunicaciones con todos los que trabajan con él o ella.
- **Beneficios para la empresa:** menos defectos que producen una calidad más elevada; menos desperdicios, lo que reduce los costes; menos costes y un aumento de la productividad que

conducen al crecimiento corporativo; menos retrasos, lo que aumenta la fiabilidad de las entregas; menos averías, lo que aumenta la disponibilidad de los equipos; menos reclamaciones, lo que aumenta la confianza y la flexibilidad.

- ***Kanban***

Un *kanban* (palabra japonesa que significa etiqueta o tarjeta) es un mecanismo para gestionar y asegurar la producción justo a tiempo, que autoriza y da instrucciones para la producción o para la retirada de artículos o partes elaboradas o semi-elaboradas dentro de un sistema *pull*. En la mayoría de los casos, un *kanban* es un pedazo pequeño de papel plastificado o dentro de una funda de plástico, que tiene toda la información necesaria para la retirada de material o montaje. Cada tarjeta contiene información sobre el proveedor externo o el proceso de suministro interno, cantidad que se necesita (a suministrar o a pedir), ubicación o proceso donde se requiere o donde se ha de realizar el pedido.

- ***Obeya Room***

Obeya, en japonés "habitación grande" o "habitación de guerra", es un método para la gestión de proyectos que se utiliza en Toyota, siendo un componente del *Lean Management*. Durante el desarrollo de procesos o productos se reúnen todas las partes implicadas en una "habitación grande", para facilitar así una comunicación y una toma de decisiones rápida. De esta forma se eliminan las barreras que se han creado con el tiempo y que potencian la figura del departamento. En cierto modo se puede entender como una potenciación del espíritu de equipo a un nivel administrativo.

- **Proyecto**

Según el PMBOK, un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. A efectos de este texto, básicamente nos referimos a: desarrollar un nuevo producto o servicio o construir un edificio, instalación o una infraestructura.

- **Estandarización**

Es la manera más eficiente, fácil, simple y segura, conocida hasta hoy, de realizar una tarea. Un estándar es un conjunto de reglas y ejemplos que proporciona unas expectativas claras sobre cómo debe hacerse una tarea o trabajo. La estandarización es la base para la mejora continua, ya que no puede haber mejoramiento dónde no hay estándares y a su vez solo existen los estándares para ser superados por otros mejores. El estándar es también el punto de partida para saber con exactitud dónde nos encontramos ahora con respecto a un proceso o tarea determinada. Además, debe existir un estándar preciso y medible para todo trabajador, toda máquina y todo proceso.

Características de un estándar de trabajo:

- La documentación debe ser simple y visual, a ser posible en una sola hoja. Y su elaboración debe contar con el máximo consenso, sobre todo por parte de aquellos que lo han de realizar.

- Ubicación: visible, lo más cerca del área de trabajo. Recuerda: “lejos de la vista significa lejos de la mente”.
- Debe mostrar el “qué hay que hacer”, “cómo hacerlo”, “por qué” y el seguimiento en el tiempo a través de indicadores visuales que indican “cómo lo estamos haciendo”.
- Un estándar de trabajo no es un simple protocolo. Sí es un documento vivo.
- Es una referencia para alguien que ya ha sido entrenado y sirve para mantener prácticas consistentes.

- **Estructuración del trabajo (*Work Structuring*)**

Diseñar el sistema de producción para determinar quién hace qué, cuándo, dónde y cómo, por lo general mediante el desglose del trabajo en partes, donde dichas partes probablemente serán diferentes de una unidad de producción a otra. El propósito de estructurar el trabajo es promover el flujo y optimizar el rendimiento del sistema, centrándose en los traspasos y las oportunidades para mover lotes más pequeños de trabajo.

8. Bibliografía y referencias

- Alarcón, Luis (1997). *Lean Construction*. Santiago de Chile. A.A.Balkema, Rotterdam.
- Ballard, Glenn (2000). *Lean Project Delivery System*. LCI, White Paper 8.
- Ballard, Glenn (2000). *The Last Planner system of Production Control. Thesis submitted to the Faculty of Engineering of The University of Birmingham*.
- Ballard, Glenn & Howell, Gregory A. (2003). *Lean project management. Building Research & Information*.
- Ballard, Glenn (2008). *The Lean Project Delivery System: an update*. Lean Construction Institute Journal.
- Cuatrecasas, Lluís (2010). *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*. PROFIT Editorial.
- Hernández M. y Vizán I. (2013). *Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implementación*. Fundación Escuela de Organización Industrial. Madrid.
- Goldratt, Eliyahu (1986). *La meta: un proceso para mejora continua*. Diaz de Santos.
- Greif, Michel (1991). *The visual factory: Building participation through shared information*. Productivity Press.
- Ibáñez, Gerardo (2012), *La revolución Industrial Oculta*. Editorial Obrapropia S.L.
- Imai, Masaaki (1992). *Kaizen: La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa*.
- Koskela, Lauri (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University, USA.
- Koskela, Lauri (2000) *An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction*. Publ. No. 408, VTT (*Technical Research Centre of Finland*), Helsinki.
- Lean Enterprise Institute (2003). *Lean Lexicon*.

- Liker, Jeffrey (2006). *Las claves del éxito Toyota. 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. Gestión 2000.

- Liker, Jeffrey & Meier, David (2007). *El talento Toyota*. McGraw-Hill.

- Maskell, Brian; Baggaley, Bruce; Grasso, Larry (2012). *Practical Lean Accounting: A Proven System for Measuring and Managing the Lean Enterprise*. CRC Press.

- McGraw-Hill Construction (2013). *Lean Construction: Leveraging Collaboration and Advanced Practices to Increase Project Efficiency*. Smart Market Report.

- Ohno, Taiichi (1988). *Toyota Production System: beyond large-scale production*. Cambridge, Productivity Press.

- Pons, Juan & Bach, Marc (2013). *A preliminary Proposal for a Waste-Based Management Approach to Improve Performance in Construction. Proceedings IGLC-21. Fortaleza, Brazil*.

- Rother, Mike y Shook, John (2003). *Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda*. Cambridge, Massachusetts: Lean Enterprise Institute.

- Sayer, Natalie & Anderson, Julian (Julio 2012). *Status of Lean in the US Construction Industry*. Rider Levett Bucknall.

- Spear J., Steven (2008). *Chasing the Rabbit: How Market Leaders Outdistance the Competition and How Great Companies Can Catch Up and Win*. McGraw-Hill.

- Suzaki, Kiyoshi (1993). *New Shop Floor Management: Empowering People for Continuous Improvement*. The Free Press.

- The American Institute of Architects (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide*.

- Womack, James; Jones, Daniel y Roos, Daniel (1991) *La máquina que cambió el mundo*. McGraw-Hill.

- Womack, James & Jones, Daniel (1996). *Lean Thinking: Como utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*. Free Press.

Páginas Web

The American Institute of Architects
http://www.aia.org/

Lean Construction Institute
http://www.leanconstruction.org/

International Group for Lean Construction
http://www.iglc.net/

Construcción Lean
http://www.construccionlean.com/

Spanish Group for Lean Construction
http://www.leanconstruction.es/

Lean Construction Forum
http://agcleanforum.org/

GEPUC
http://www.gepuc.cl/

European Network of Construction Companies for Research and Development
http://www.encord.org/

Escuela de Organización Industrial
http://www.eoi.es/savia/

McGraw Hill Construction
http://www.construction.com/

Notas

[1]*Integrated Project Delivery for Public and Private Owners* (2010). Publicado por NASFA (Asociación Nacional de Administradores de Servicios de EE.UU), COAA (Asociación de promotores de la construcción de EE.UU), APPA (Asociación de Funcionarios de Servicios de Enseñanzas Universitarias), AGC (Asociación General de Constructores de América) & AIA (Instituto Americano de Arquitectos).

[2]*Lean Lexicon* es un glosario que combina definiciones y dibujos para explicar los términos y conceptos de la filosofía *Lean*. Compilado por el *Lean Enterprise Institute* y editado por Chet Marchwinski y John Shook.

[3]Taiichi Ohno (1902-1990). Ingeniero y ejecutivo de Toyota, al cual se considera el principal responsable del desarrollo e implantación del sistema de producción Toyota.

[4]John Krafcik fue uno de los ingenieros estadounidense que participaron en el PIVM, y el primer ingeniero americano contratado por NUMMI, la empresa de riesgo compartido de Toyota y General Motors, creada en California en 1984.

[5]James P. Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos eran los directores del PIVM durante el período en el que se desarrolló el famoso estudio sobre el futuro de la industria del automóvil entre 1985 y 1990.

[6]El IGLC, fundado en 1993, constituye una red de profesionales e investigadores en arquitectura, ingeniería y construcción (AIC) que consideran que la práctica, la educación y la investigación de la industria AIC tienen que ser radicalmente renovadas, a fin de responder a los retos del futuro (www.iglc.net, 1993). Desde su fundación, el IGLC ha celebrado conferencias anuales con miras a la aplicación de nuevos modelos de producción a la construcción, tanto a nivel teórico como práctico.

[7]Podemos destacar por haber sido pioneros y referencias a nivel internacional los siguientes: The Salford Centre for Research & Innovation (*SCRI*) (University of Salford, Reino Unido), dirigido por Lauri Koskela; GEPUC o Centro de Excelencia en Gestión (Pontificia Universidad Católica de Chile), dirigido por Luís F. Alarcón; Project Production Systems Laboratory (University of California, Berkeley, USA), dirigido por Iris Tommelein y Glenn Ballard; y el Construction Management Research Group (Federal University of Rio Grande do Sul, Brasil), que dirige Carlos Torres Formoso; entre otras organizaciones e instituciones académicas.

Juan Felipe Pons Achell es arquitecto técnico, máster universitario en Gestión de la Edificación y especialista universitario en *Lean Manufacturing* por la Universidad Politécnica de Valencia. Inició su carrera profesional en 1997 y tiene más de 10.000 horas de experiencia como formador. De 2006 a 2013 fue profesor asociado en el Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción de la Universitat Jaume I de Castellón.

A nivel internacional ha impartido clases, conferencias y talleres formativos sobre *Lean Management* en la University of Salford, (Manchester, UK), en la University of Berkeley, (California, USA), en la Pontificia Universidad Católica de Chile, en la Cámara Chilena de la Construcción (Santiago de Chile) y en España en Universidades, Colegios profesionales, Fundaciones, Empresas y Organizaciones de carácter tanto público como privado dentro de los sectores servicios, construcción y fabricación.

A nivel académico, es autor del libro *Informes Periciales en Edificación* y ha publicado artículos sobre *Lean Management* en congresos nacionales e internacionales: *Agile Spain Conference 2011, 16 European Group for Lean Construction Meeting 2013* y *21 International Group for Lean Construction Conference 2013*.

Actualmente es coordinador educacional entre la *Lean Advancement Ini-tiative EdNed* (*MIT*) y la FUE-UJI de Castellón; conferenciante de *Lean Mana-gement* de las agencias internacionales Human Speakers y Speakers Academy; y principalmente desarrolla su actividad profesional como formador y consultor de Dirección de Operaciones en Empresas *Lean*, Implantación de Herramientas *Lean* y Planificación y Desarrollo de Implantaciones *Lean* en los sectores servicios, construcción y fabricación.

Juan F. Pons compagina su actividad con la investigación sobre nuevas ideas y conceptos *Lean* para lograr mejores empresas, mejores personas y una mejor sociedad.