

01-012

AGILE METHODS IN PROJECT MANAGEMENT. APPLICATION TO THE OPERATION AND MAINTENANCE IN RAILWAY INFRASTRUCTURES

Vázquez Cabo, Gonzalo⁽¹⁾; Amiama Ares, Carlos⁽²⁾

⁽¹⁾Consellería de Infraestructuras e Vivenda. Xunta de Galicia, ⁽²⁾Universidad de Santiago de Compostela

The maintenance of the roads is a field traditionally linked to the construction sector. In the construction sector, many of the most well-known project management tools, such as PERT, Critical Path or Earned Value, have historically been used within a traditional plan-oriented project life cycle model. However, the analysis of the new conditions has given rise to a series of new project management models, led by the software engineering sector, since the 80s of the 20th century and then extended to other fields. Based on the Toyota Production System, new approaches, called agile methodologies, which fundamentally consider concepts such as complexity and uncertainty, are increasingly being used. In this work, a general overview of the starting concepts of the models, historical evolution, is then carried out in a first block, to then focus on two methodologies such as Scrum and Lean. In the second block, a series of concrete Lean construction tools and integrated project management models, such as the Integrated Project Delivery or Lean Project Delivery System, and its application to road maintenance are shown in more depth.

Keywords: *Lean Construction; Roads maintenance; Agile*

MÉTODOS ÁGILES EN GESTIÓN DE PROYECTOS. APLICACIÓN A LA EXPLOTACIÓN Y CONSERVACIÓN EN INFRAESTRUCTURAS VIARIAS

La conservación de carreteras es un campo tradicionalmente ligado al sector de la construcción. En este sector se han venido utilizando históricamente muchas de las herramientas más conocidas de la dirección de proyectos, como PERT, CPM o Valor Ganado, dentro de un modelo tradicional de ciclo de vida de proyecto, orientado a plan. Sin embargo, el análisis de las nuevas condiciones de contorno ha hecho surgir una serie de nuevos modelos de dirección de proyectos. Con origen en el Sistema de Producción Toyota, los nuevos enfoques, denominados metodologías ágiles, que consideran de forma fundamental conceptos como complejidad e incertidumbre, están siendo cada vez más utilizados. En este trabajo se realiza, en un primer bloque, una visión general de conceptos de partida de los modelos ágiles, para a continuación incidir en metodologías como Lean. En un segundo bloque, se muestra una serie de herramientas concretas de construcción Lean y modelos integrados de gestión de proyectos de construcción, como Integrated Project Delivery o Lean Project Delivery System, para, en un último bloque, reflexionar sobre su aplicabilidad en el ámbito de la conservación y explotación de carreteras.

Palabras clave: *Construcción lean; Conservación de carreteras; Métodos ágiles*

Correspondencia: carlos.amiama@usc.es



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción. Objetivos y motivación

1.1 Metodologías ágiles. Motivación.

La aplicación de los sistemas tradicionales de gestión de proyectos – TPM: *Traditional Project Management* según la terminología utilizada por Wysocki (2014) - presenta sus mayores grados de eficiencia cuando el alcance, los requisitos y las soluciones están definidos en alto grado en etapas iniciales de su ciclo de vida. Esta definición facilita una planificación temprana, y la aplicación ordenada y sistemática de la metodología, permitiendo, de tal forma, centrarse, durante la ejecución, en el seguimiento y control de las actividades preestablecidas. Sin embargo, actividades como la explotación y conservación de infraestructuras son campos donde la incertidumbre, los riesgos y los factores externos introducen una dinámica completamente diferente en el desarrollo del ciclo de vida de los proyectos, y es aquí donde metodologías ágiles pueden aportar un plus de eficacia sobre métodos de gestión con unas inercias más difíciles de manejar. En este ámbito, metodologías como Lean, orientadas al cambio, que inciden en el incremento de actividades que generen valor y en la reducción de fuentes de desperdicio, son líneas a seguir de gran interés y aplicación.

1.2 Conservación y explotación de carreteras. Aplicación y objetivos.

La conservación de carreteras puede clasificar sus actuaciones en dos grandes familias: actuaciones “programadas” de conservación, derivadas del propio uso y agotamiento de la infraestructura, y, por otro lado, el mantenimiento de la vialidad, con actuaciones no programadas de respuesta rápida, que dependen de factores más aleatorios, como el tiempo atmosférico (vialidad invernal, por ejemplo) o reposición de la vialidad en accidentes. En la línea de incrementar actividades que generen valor, y eliminar desperdicios, una actuación de conservación programada efectuada en el momento adecuado genera, con el mismo esfuerzo, un rendimiento mucho mayor, desde el punto de vista global del coste en el ciclo de vida. Pero, por un lado, la evolución del deterioro de una red viaria es de modelización compleja, y, por otro lado, la planificación de las actuaciones de conservación programada frecuentemente no puede ser efectuada con la adecuada antelación y estabilidad temporal, tanto por razones técnicas como por razones de disposición política de fondos. Aquí es donde, de nuevo, los métodos ágiles permiten una flexibilidad y dinamismo que puede adaptarse a las peculiaridades de la explotación y conservación.

Teniendo en cuenta estas cuestiones, el objetivo del documento que se desarrolla consiste en un análisis de la potencial aplicación de metodologías ágiles en un campo específico, como es el de la explotación y conservación de carreteras.

2. Introducción a las diferentes metodologías de dirección de proyecto

2.1 Gestión de proyectos: TPM vs Agile

El enfoque tradicional de dirección de proyectos conserva plenamente vigente su sentido en aquellos casos en que los objetivos del proyecto y las soluciones para alcanzarlo están claras. Las condiciones que caracterizan a un proyecto como adecuado para ser afrontado desde un enfoque de gestión tradicional frente a un enfoque ágil han sido analizadas por diversos autores, como la revisión bibliográfica realizada por Spündak (2014) sobre varios autores (Boehm, Wysocki, Cockburn, De Carlo, Kerzner,...); el trabajo de Serrador y Pinto (2015) que se basan en Dybå y Dyngsøyr (2008) y en Nerur, Mahapatra y Mangalara (2005), o el análisis de Wysocki (2014), entre otros.

Los factores que determinan, en la práctica, el enfoque último del ciclo de vida son diversos. Sin embargo, posiblemente la causa más frecuente de la adopción de un enfoque, por ejemplo, tipo clásico *waterfall* o, por el contrario, otro ágil en el ciclo de vida de la dirección de proyecto es la inercia organizacional, su cultura de funcionamiento.

En gran medida, el concepto clave a asimilar en las organizaciones para considerar las metodologías ágiles como opción sería el de tolerancia: tolerancia a la incertidumbre y tolerancia a los cambios. Estos dos factores, tradicionalmente portadores de connotaciones negativas en el ámbito de la dirección de proyectos, deben ser observados y tenidos en cuenta bajo otras perspectivas: la primera es la asunción, más o menos interiorizada, de que el entorno actual y su dinamismo no permite escenas que perduren fijas mucho tiempo, y que debemos asumir el desconocimiento de las líneas futuras relativamente inmediatas de innovación y desempeño en el negocio. Una segunda perspectiva es la tolerancia a los cambios, entendida en el transcurso del proyecto. Estos factores, unidos a la gran cantidad de parámetros a manejar y a la dificultad intelectual intrínseca en muchos casos, hacen que los proyectos posean un creciente grado de complejidad de gestión.

2.2 Complejidad e incertidumbre.

Poder delimitar o categorizar diferentes grados de complejidad nos va a ayudar a situar conceptualmente los posibles enfoques que podamos aplicar en la dirección de un determinado proyecto. El concepto de complejidad debe ser entendido en sentido amplio, como algo compuesto de elementos diversos y/o que es complicado, de difícil comprensión. Bertelsen (2003), Brockmann y Girmscheid (2008) o Whitty y Maylor (2009), entre otros muchos, ya asumen la necesidad del estudio teórico de la complejidad en relación con la dirección de proyectos, estableciéndose el concepto de dirección de proyectos complejos.

Para el manejo sistemático de los conceptos de complejidad, existen varios marcos de trabajo que incorporan su análisis, con el objetivo de aplicar la metodología adecuada para la dirección del proyecto, en primer lugar, y, posteriormente, a lo largo del ciclo de vida de éste, poder mantener el enfoque que tenga en cuenta ese grado de complejidad, como el marco CYNEFIN (Snowden & Boone, 2007) o la herramienta CIFTER - *Crawford-Ishikura Factor Table for Evaluating Roles*- (Global Alliance for Project Performance Standards GAPPS, 2007).

3. Metodologías ágiles en gestión de proyectos

3.1 Consideraciones generales. Enfoques orientados a plan/cambio.

A pesar de que las metodologías ágiles puedan parecer prácticas exclusivamente modernas, algunos de los conceptos que son característicos en estas metodologías tienen sus orígenes tan lejos como en la década de los 50 del pasado siglo (Larman & Basili, 2003), e incluso antes -Método Toyota-. El desarrollo de estas técnicas y su reconocimiento como metodologías específicas ha venido de la mano del mundo del desarrollo software, y ha ido paralelo a su nacimiento y evolución como metodologías integrales de gestión. Métodos tradicionales (orientados a plan) y metodologías ágiles (orientadas a cambio) comparten, evidentemente, multitud de elementos, técnicas y herramientas, y el establecimiento de fronteras entre ambos grupos no puede realizarse de forma nítida.

3.2 Scrum

A nivel global, Scrum™ es uno de los métodos ágiles más utilizados, especialmente en el campo de las tecnologías de la información. El origen del término Scrum (tomado del rugby), utilizado dentro del contexto del desarrollo de proyectos, es debido a Takeuchi y Nonaka (1986). Schwaber y Sutherland (2016) indican que Scrum es “un marco de trabajo por el

cual las personas pueden abordar problemas complejos adaptativos, a la vez que entregar productos del máximo valor posible productiva y creativamente”. Las tácticas que emplea para ello son la revisión de las iteraciones, el desarrollo incremental, la autoorganización y la colaboración.

El marco técnico de Scrum está formado por tres grupos de conceptos: Roles, Artefactos y Eventos. Roles son los papeles especializados en el trabajo con Scrum: El equipo Scrum consiste en un Dueño o Propietario de Producto (*Product Owner*), un *Scrum Master* y el Equipo de Desarrollo (*Development Team*). Por otra parte, existen otros *stakeholders*, como el cliente, por ejemplo, que no forman parte del equipo de proyecto, y esto es una diferencia con otras metodologías como Lean.

Artefactos representan trabajo o valor en diversas formas, que son útiles para el método, herramientas y técnicas diseñadas específicamente: Lista del Producto (*Product Backlog*), Lista de Pendientes del Sprint (*Sprint Backlog*) e Incremento. Scrum se basa también en eventos predefinidos en bloques de tiempo (duración limitada), regulares y estandarizados, que forman un todo en el método: El Sprint es el auténtico corazón de Scrum. Es un período o bloque de tiempo, de un mes o menos, durante el cual se crea un incremento de producto “terminado” utilizable (Schwaber & Sutherland, 2016). Otros eventos serían la reunión de planificación del Sprint, Scrum diario (*Daily Scrum*), revisión del Sprint y retrospectiva del Sprint (*Sprint Retrospective*).

3.1.2 Lean

Según el Lean Lexicon (LCI, 2017), la producción Lean o producción ajustada se define como un sistema de negocio, desarrollado inicialmente por Toyota tras la Segunda Guerra Mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que requieren 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 pensamiento Lean, heredero del Toyota Production System, se basa en cinco principios, según la formulación clásica: Especificación del valor del producto en función de lo requerido por el cliente, establecer la corriente de valor (*Value Stream*) del producto, buscar el flujo continuo, asumir que el cliente es el que demanda valor (*Pull*) y la búsqueda de la perfección.

Estos cinco principios del *Lean Thinking* se implantan en la organización con una serie de metodologías, técnicas y herramientas de las que, de forma somera, se refieren algunas de las más destacables en la tabla 1.

4 Conservación y explotación de infraestructuras viarias: marco general y particularidades.

El objetivo fundamental de una infraestructura viaria pública es prestar a los ciudadanos un servicio público de calidad que contribuya a satisfacer (junto al servicio que puedan prestar otros modos de transporte) sus necesidades de movilidad, ser un adecuado soporte de las actividades económicas y que contribuya a la integración territorial, es decir, que proporcione accesibilidad. Para ello, una vez puesta en servicio la infraestructura, hay que gestionarla, desarrollando una serie de actividades de explotación y de conservación. Si se entiende la explotación en un sentido amplio, la conservación constituiría una parte de aquella, aunque tenga una entidad propia y difiera notablemente de otras actividades de explotación. (Kraemer et al, 2010).

Tabla 1. Herramientas LEAN

HERRAMIENTA	DEFINICIÓN
<i>Value Stream Mapping</i> (VSM)	Mapa de flujo de valor. Conocimiento y representación del sistema productivo, mostrando el añadido o no de valor al proceso
5S	Método de 5 fases de ordenación y estandarización de los trabajos. Cinco palabras japonesas: <i>Seiri</i> (separar), <i>Seiton</i> (ordenar), <i>Seiso</i> (limpiar), <i>Seiketsu</i> (estandarizar), <i>Shitsuke</i> (disciplina propia)
<i>Visual Management</i>	Gestión visual: Visibilización para todos los miembros del equipo de la información del estado de los procesos. Término japonés: <i>Mieruka</i> . Por ejemplo, <i>obeya</i> (sala grande) como espacio común o <i>kanban</i> (etiqueta, tarjeta o señal visual)
<i>Poka-Yoke</i>	Sistemas capaces de distinguir condiciones normales o anormales (a prueba de fallos)
<i>Kaizen</i>	Ciclos de mejora continua. Concepto de las tres M (<i>Mura</i> o irregularidad de la carga de trabajo; <i>Muri</i> o trabajo a ritmo superior a la capacidad nominal y <i>Muda</i> o uso de recursos superiores a los necesarios -desperdicios-).
<i>Jidoka</i>	Capacidad de parada (máquina u operario) al detectar una condición fuera de lo normal.
Grupo de trabajo	Organización de la producción en base a un conjunto de operarios y medios técnicos que se dedica a la producción completa de una familia de productos. Empoderamiento y asunción de responsabilidades asociadas. <i>Hansei</i> : Asunción de los errores propios como camino a la mejora.
Flujo continuo	Concepto de movimiento de las piezas en los procesos, en función de la cadencia de demanda (<i>takt time</i>), contrapuesto al trabajo por lotes. Sistemas <i>just-in-time</i> . Disminución de inventarios de producto en curso.
Mantenimiento Productivo Integral	Toma de responsabilidades de los operarios de producción en labores de mantenimiento del equipamiento y entorno de trabajo. Se programan en coordinación con producción.
Producción equilibrada	Término japonés: <i>heijunka</i> . Nivelación de producción, laminación de crestas y valles, ajustándose a la demanda, y con líneas de producción flexibles.
<i>Single-Minute Exchange of Die</i> (SMED)	Reducción de los tiempos de cambios de configuración de equipos y máquinas.
Estandarización	A mayor grado de procesos de mejora, más se optimizarán los métodos disponibles para cada operación, métodos probados y documentados para poder aplicarlos con facilidad.
<i>First Run Studies</i>	Estudios del primer ciclo: Análisis concienzudo que se realiza en el primer ciclo de mejora continua PDCA en un proceso.
<i>Gemba</i>	Lugar donde ocurren las cosas. <i>Gemba walk</i> : Presencia física en el proceso, sobre el terreno, con implicados para comprender y mejorar.
<i>Six Sigma</i>	Estrategia de mejora de la calidad basada en la disminución de la variabilidad de los procesos.

Se podría definir la conservación como el conjunto de actividades físicas e intelectuales que tienen como objetivo preservar el patrimonio de las infraestructuras a lo largo del tiempo en unas condiciones tales que se maximice el beneficio que se obtiene de ellas y se minimicen los costes económicos, sociales y ambientales. Desde un punto de vista general, las actividades de explotación y de conservación han de cubrir dos grupos de objetivos generales. El primero de ellos se relaciona con el servicio que se debe prestar a los usuarios (explotación en sentido estricto) y con actividades que se dirigirán a asegurar una circulación segura, cómoda y fluida por la red, de manera que los costes globales del transporte sean lo menores posibles. En el segundo grupo de objetivos (que ha de cubrir la conservación) hay que incluir fundamentalmente la preservación del valor patrimonial de la red viaria, con el consecuente conocimiento previo de su estado. Uno de los grandes problemas que se encuentran los gestores de las infraestructuras viarias, a la hora de tomar decisiones, es la falta de información del estado de las capas que componen la estructura del firme, entre otros defectos de la infraestructura (Almazán, Rovito & García, 2011).

La explotación y conservación de carreteras en España ha variado desde un modelo en el que las administraciones titulares de las mismas se ocupaban de su concepción, diseño, construcción, explotación y conservación de forma exclusiva con medios propios, hasta sistemas en que salvo la concepción y la titularidad (en última instancia, y tras un proceso de posesión más o menos prolongado por el ente que explota la vía), se ha puesto en manos del sector privado el diseño, construcción, explotación y conservación, como los sistemas concesionales. El modelo más habitual es un modelo híbrido, de concepción y diseño de alto nivel públicos, quedando el diseño de detalle, la construcción y la conservación de ejecución material privada bajo supervisión pública (contratos de servicios y contratos de obras).

La explotación presenta sistemas que combinan en mayor o menor medida recursos propios de las administraciones públicas (por ejemplo, la potestad sancionadora para la defensa del dominio público viario), con tareas efectuadas por entidades privadas mediante contratos de servicios (asistencias técnicas,...). Desde un nivel operacional, las actividades de conservación y explotación de una carretera pasan por todas las labores necesarias para mantener la vialidad, frente a todos aquellos factores, previsibles en buena medida (deterioros por uso, fatiga o procesos naturales) o aleatorios, que pueden penalizar, dificultar o impedir la circulación por una carretera. Procesos aleatorios son aquellos en los que, aun siendo conscientes de su potencial ocurrencia, desconocemos magnitud, lugar y momento concreto, como los accidentes o los fenómenos meteorológicos adversos. Estos últimos requieren actuaciones urgentes, y en ocasiones, masivas, de los medios disponibles, para actuaciones de un horizonte temporal de horas, frente a actuaciones programadas, que permiten una planificación y organización previa de los recursos, y, consecuentemente, la optimización de dichos recursos. Esta combinación de actuaciones programadas con intervenciones aleatorias rápidas, aun siendo una característica que comparte con otros servicios públicos, es uno de los rasgos más peculiares del sector de conservación y explotación de carreteras.

5 Aplicación de las metodologías ágiles a la conservación y explotación de infraestructuras viarias: principios y metodologías aplicables

5.1 Consideraciones generales

La aplicación de metodologías ágiles en la conservación y mantenimiento de infraestructuras viales deberá apoyarse en la posibilidad de encajar un enfoque ágil en los distintos niveles y planos de actuación donde se encuadra. El primer nivel de gestión a analizar sería a nivel organización, planificación estratégica, carteras, planes y programas. En este caso, la primera cuestión sería saber si es aplicable un modelo orientado al cambio en la gestión

pública de las infraestructuras, directa o mediante modelo concesional. En estos niveles de decisión encajaría el concepto general de gestión de activos.

Desde el punto de vista operativo, las actividades de conservación son un híbrido entre servicios y obras. En el ámbito de actuación de las normativas legales de contratación pública estatal, el encaje escogido para los primeros contratos de conservación integral era el formato de contrato de obras. La tendencia actual, tanto en el Ministerio de Fomento como en muchas administraciones autonómicas y locales, es encuadrarlos como contratos de servicios.

Pero en el fondo, la ejecución material, medios, técnicas y tecnologías utilizadas son propias del sector de la ingeniería y construcción de carreteras, *amplo sensu*. Por lo tanto, la planificación de tiempos y costes, la calidad, los riesgos, las adquisiciones, las comunicaciones, los interesados y los recursos humanos se diferencian bien poco de lo que nos podríamos encontrar en alguna obra de carreteras. Con todo esto, se puede enmarcar la gestión de la conservación y explotación de infraestructuras viarias en cuatro grandes ámbitos de gestión, que a su vez transitan por los niveles estratégicos, tácticos y operativos: gestión en el sector público, gestión de activos, gestión del mantenimiento y gestión en construcción. La integración de estas visiones, permitiría, eventualmente, la creación de un marco de actuación en la gestión de la conservación y mantenimiento de infraestructuras viarias.

5.2 Lean Construction

Se puede definir Lean Construction como la aplicación de principios y herramientas del sistema Lean al desarrollo de los proyectos de construcción, a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, e incluso al ciclo de vida de servicio del elemento construido. Los fundamentos teóricos de la aplicación a la construcción se deben al finlandés Laurii Koskela, que en el documento "*Application of the new production philosophy to construction*" (Koskela, 1992), abriría una línea de investigación y desarrollo que continuaría el propio Koskela, organizaciones como la compañía Sutter Health o el Grupo Internacional de Construcción Lean (IGLC) y autores como Glenn Ballard, Gregory Howell, Iris Tommelein, Ossama Salem o Luis F. Alarcón, entre otros.

5.3 Herramientas y modelos en construcción Lean.

En la tabla 2 se indican algunas de las herramientas más destacables en los modelos de construcción Lean.

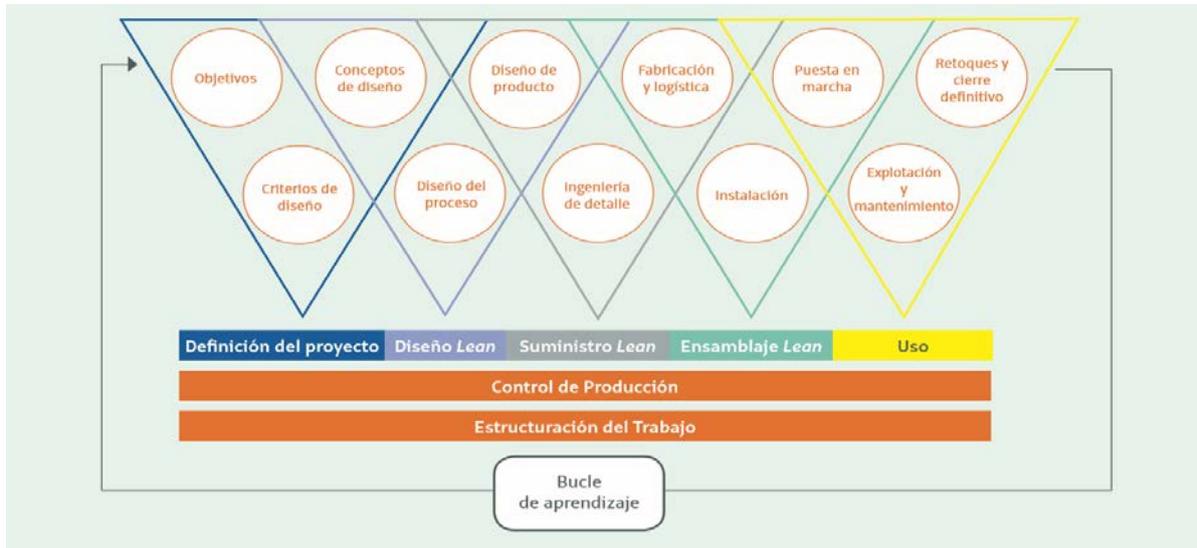
Figura 1. Ciclo Last Planner System.



Tabla 2. Herramientas y modelos LEAN CONSTRUCTION

HERRAMIENTA	DEFINICIÓN
BIM (<i>Building Information Modelling</i>)	Modelado de información en construcción: Integración colaborativa mediante software de la gestión del ciclo integral de la construcción (Gosalves et al, 2016). El concepto colaborativo es el nexo de unión entre BIM y LEAN (Álvarez et al, 2017). Sacks et al (2010) indican hasta 56 interacciones entre BIM y la construcción LEAN. La relación entre <i>Big Data</i> y BIM se manifiesta con un gran potencial, especialmente en la fase de vida operativa (Aziz et al, 2017). En infraestructuras de ingeniería civil, un concepto relacionado de gran interés sería el CIM, <i>Civil Integrated Management</i> (Sankaran, 2017)
TVD (<i>Target Value Design</i>)	Diseño orientado al valor. Se parte del valor generado para el cliente en el ciclo de vida completo, incluidas la fase operativa y de desmantelado. Esto condiciona el diseño inicial y el propio proceso constructivo.
<i>Set Based Design</i>	Metodología de generación de alternativas mediante la exploración en paralelo de diferentes opciones hasta un punto temporal prefijado, denominado <i>Last Responsible Moment</i> , en el cual las alternativas independientes se ponen en común conocimiento y se toma la decisión ejecutiva.
Construcción sostenible	Actividad constructiva que crea infraestructuras capaces de satisfacer y garantizar necesidades actuales sin comprometer las necesidades de generaciones venideras. Diseños modulares, ampliables y flexibles.
<i>Work Structuring</i>	Estructuración del trabajo: diseño del sistema de producción, abarcando tanto el diseño del resultado como el propio proceso de elaboración del mismo y sus interrelaciones mutuas y con las fases operacionales.
Construcción deslocalizada	Elaboración de partes constituyentes de las infraestructuras fuera del lugar de implantación definitiva: prefabricación.
LPS (<i>Last Planner System</i>)	Sistema del Último Planificador. Aborda la planificación detallada del trabajo con un enfoque “ <i>pull</i> ”, en contraposición a la metodología clásica “ <i>push</i> ” impuesta desde los niveles más elevados hacia los operacionales. Es la actividad aguas abajo en la cadena la que marca el ritmo. Se basa en el compromiso; aquello que se debe hacer debe ser un compromiso del último planificador de que se hará, siempre que las restricciones para ello se hayan eliminado (puede hacerse) (figura 1). Este compromiso, generalmente establecido en una reunión semanal, viene estructurado con planificación tradicional a nivel de plan maestro y una planificación intermedia (típicamente 6 semanas). Los seguimientos se realizan con indicadores sencillos tipo y con ciclos de análisis y aprendizaje sobre las causas raíz de los incumplimientos de programación.
IPD (<i>Integrated Project Delivery</i>)	Entorno de gestión y ejecución integrada de proyectos. Se basa en la colaboración de todas las partes desde edades tempranas del proyecto. El grado de colaboración se clasifica en tres niveles, pudiendo ser susceptibles de incluirse los principios colaborativos en cláusulas contractuales.
LPDS (<i>Lean Project Delivery System</i>)	Modelo global de desarrollo de proyectos de construcción, que incorpora principios, herramientas, técnicas y metodologías genéricas Lean, <i>Lean Construction</i> , LPS, así como conceptos colaborativos e integradores de IPD. Se organiza en 5 fases (definición, diseño, suministro, ensamblaje y uso), que engloba once módulos o etapas. Simultáneamente, abarcando todas las etapas y fases, se extienden el módulo de control y el de estructuración del trabajo, además de un modo en bucle que une el final de un ciclo con el siguiente, generando un aprendizaje por retroalimentación (figura 2).

Figura 2. Descripción gráfica del modelo LPDS. (Ballard et al, 2002) adaptado por Pons (2014).



6. Aplicación a la conservación y explotación de carreteras. Conclusiones: Oportunidades y amenazas. Viabilidad de herramientas.

La aplicación de metodologías ágiles a la conservación y explotación de carreteras no solo es posible, sino que, de forma más o menos integral, existen ya experiencias importantes en países como Reino Unido, Australia o Estados Unidos, entre otros.

A nivel estratégico, la aplicación del pensamiento Lean se alinea con el *Lean Thinking* en el sector público. Posiblemente sea el obstáculo de mayor envergadura en todo el hipotético proceso de implantación integral de una metodología Lean y el número de amenazas y debilidades detectadas parece superar, en este momento, a las oportunidades. El enfoque integral del ciclo de vida (incluida la explotación), la gestión de activos aplicada a las infraestructuras debería dar lugar a una estrategia de actuación orientada a la búsqueda de la máxima rentabilidad global de las inversiones, lo que normalmente colisiona con los muy extendidos hábitos de actuación a demanda (*the worst, first* - lo peor, primero).

El cambio de mentalidad necesario para implantar una filosofía Lean es demasiado radical en estos momentos: Quien tiene el poder para liderarlo, que es el poder político ejecutivo, no parece interesado de forma convincente en promover cuestiones como el empoderamiento de equipos, las relaciones de confianza y colaboración en contratación pública, en lugar de contratación transaccional. Se prefiere, demasiado a menudo, caminar con un mal axioma en vez de tolerar una duda, una incertidumbre.

Otro inconveniente extremadamente complicado de soslayar, incluso a nivel europeo, es una normativa legal de contratación de gran rigidez y muy garantista, lo que unido a un enfoque orientado a la preponderancia del peso relativo de las proposiciones económicas frente a las propuestas técnicas, y una exacerbación, por parte de organismos de regulación económica pública, de la libre competencia centrada exclusivamente en lo monetario, hace que los escenarios de contratación que se promueven impidan de forma bastante radical la colaboración entre cliente (Administración Pública) y contratistas. No son extrañas las adjudicaciones con bajas sobre presupuesto de licitación superiores al 40%. Salvo casos aislados, o los pliegos y documentación técnica, presupuestos, etc., son generalizadamente erróneos, o los licitadores asumen que es necesario efectuar esas bajas sobre el tipo,

conscientes de que es la única manera de contratar, como huida hacia adelante, para trabajar, una vez adjudicada la obra, en la manera de reducir el coste, a través, en ocasiones, de reducciones de alcance en un entorno beligerante con el cliente, y en el aumento de la facturación a través de modificaciones y contratos complementarios, prácticas que han sido habituales en el sector de la construcción pública en España. Esta situación es el escenario antagónico de los contratos relacionales.

La presión pública, quizás paradójicamente producto de los escasos mecanismos de participación pública efectivos, reduce el campo de operaciones muy frecuentemente a la actuación a demanda, y no bajo una planificación integral y rigurosa.

En el ámbito de la coyuntura económica actual, se pueden destacar dos grandes problemas en el sector de la conservación, como sector subsidiario básicamente de la construcción:

- Sector en deflación y con perspectivas reducidas. Red de carreteras madura, en general, sin perspectivas de grandes obras de nuevo trazado. Grandes arterias todavía en plena vida operativa. Abuso del sistema concesional, lo que ha diferido deuda, y por lo tanto, trasladado recursos generados en el presente a inversiones realizadas en el pasado, lo que se traduce en que a igualdad de presupuestos en las Administraciones de carreteras, la capacidad inversora real se reduce.
- Mayor reticencia social a la inversión en nuevos trazados

Por lo tanto, la implantación a alto nivel en las Administraciones de carreteras en España de metodologías ágiles de gestión en el plano estratégico, incluyendo en ellas la gestión de activos y filosofía Lean no parece probable a corto plazo, no tanto porque no existan modelos y herramientas, incluso ya implantadas en otros países, sino por las peculiaridades del sector en España, junto a la coyuntura político-social y económica. A niveles tácticos y operativos es donde parece más viable la implantación de metodologías ágiles, especialmente Lean, con menor encaje de Scrum como metodología integral.

La primera oportunidad que se aparece es que el caso de aplicación de herramientas *Lean Construction* en los niveles operativos de la conservación de carreteras es que existe un potente bagaje metodológico.

Las actuaciones de conservación, por su naturaleza, con frecuencia permiten, incluir en los equipos de trabajo a los diseñadores/proyectistas junto a los contratistas, por lo que el diseño de las soluciones suele tener en cuenta la visión de los procesos operativos. Otro punto fuerte es la estructura plurianual de muchos contratos de conservación de carreteras, lo que favorece una cierta estabilidad en los equipos. La propia naturaleza del trabajo de mantenimiento de la vialidad, incluido en los contratos de conservación, exige un contacto intenso entre el contratista y la dirección técnica del contrato de conservación por parte de la Administración de carreteras que, haciendo un símil con Scrum, funciona como *Product Owner*, o Propietario de Producto, en representación del cliente, en este caso una colectividad (la sociedad, por ser un servicio público universal).

El sector de conservación de carreteras, a diferencia de otros sectores, es, en buena manera, tolerante a la incertidumbre, por ser norma habitual el componente aleatorio en las labores de vialidad.

La estructura orgánica de las instituciones públicas en España ha venido arrastrando, hasta hace bien poco, una generalizada herencia de estructuras organizativas verticales, extremadamente jerarquizadas, cuasi militares, sin ningún tipo de participación pública ni de cultura de trabajo en equipo, y gobernadas con prerrogativas y mecanismos de toma de decisión hoy extemporáneas. Las estructuras han cambiado casi en su totalidad, las actitudes se han suavizado, civilizado, pero no lo suficiente para el cambio de mentalidad que exige la aplicación de metodologías colaborativas.

Dadas las características de la conservación en lo referente al mantenimiento de la vialidad, principios similares al *Last Planner* (Último Planificador) se aplican con frecuencia: la persona responsable de asignar tareas es la que se compromete con su ejecución, e incluso de la elección, de entre una serie de opciones, de la solución óptima para la restauración de la vialidad.

A continuación, se resume en una tabla la dificultad de implantación estimada de metodologías y herramientas de *Lean Construction* y Scrum en la fase operativa de actividades de conservación, en base a las prácticas habituales del sector y la naturaleza y particularidades técnicas de los trabajos.

Tabla 3. Dificultad estimada de aplicación de metodologías y herramientas.

Herramientas o metodologías	Dificultad de implantación		
	Alta	Media	Baja
Integral Lean Construction	X		
BIM: Flujo de trabajo		X	
Target Value Design		X	
Target Costing		X	
Set Based Design			X
Construcción Sostenible		X	
TFV		X	
Work Structuring		X	
Construcción deslocalizada			X
Scrum Integral	X		
Scrum Sprint		X	
Scrum Diario			X
Roles Scrum	X		
Last Planner System (LPS) integral		X	
Planificación anticipada LPS		X	
Planificación comprometida LPS		X	
Gráficos PPC (Porcentaje de Plan Cumplido) LPS		X	
Análisis de restricciones LPS		X	
Reunión semanal LPS		X	
Huddle meeting LPS		X	
Empoderamiento de equipos	X		
Colaboración IPD nivel 1			X
Colaboración IPD nivel 2		X	
Colaboración IPD nivel 3	X		
Integral LPDS	X		
Colocalización de equipos			X

Obeya Room			X
Visual Management			X
Tablero Kanban			X
Sistemas Poka-Yoke		X	
Jidoka		X	
5S		X	
Informes A3			X
Kaizen (mejora continua)		X	
First Run Studies			X

7. Bibliografía

- Almazán, D., Rovito, G. & García, A. (2011). Estrategias de conservación: Sistemas de gestión y mantenimiento de activos de carreteras. VI Jornada Nacional ASEFMA. Comunicación 16. Madrid, 2011.
- Álvarez, M.A.; Bucero, A.; Pampliega, C.J.; (2017) "Integrated Project Delivery, an alternative to the usual form of construction work in Spain". Building & Management, vol. 1(3), pp. 30-36, 2017. Obtenido en: <http://dx.doi.org/10.20868/bma.2017.3.3656>.
- Aziz, Z.; Riaz, Z. & Arsalan, M. (2017). "Leveraging BIM and big data to deliver well maintained highways". Facilities, 35 (13/14), pp. 818-832. Obtenido de: <http://dx.doi.org/10.1108/F-02-2016-0021>
- Ballard, G., Tommelein, I, Koskela, L. & Howell, G. (2002). Lean Construction Tools and Techniques en Design and Construction: building in value, Oxford, Reino Unido. Ed. Butterworth Heinemann. Pag 227-255.
- Bertelsen, S. (2003). Construction as a complex system. Proceedings of International Group for Lean Construction 11th Annual Conference (IGLC-11). IGLC, Blacksburg, Virginia, EEUU, 11-23. Acceso :8/4/2017. Disponible en: <http://leanconstruction.dk/media/16764/Construction%20as%20a%20Complex%20System.pdf>
- Brockmann, C. & Girmscheid, G. (2008). "The inherent complexity of large scale engineering projects", Project Perspectives 2008, 22 – 26. Zurich. Disponible en: <https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/69644/eth-800-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dybå, T. y Dingsøyr, T. (2008). Empirical studies of agile software development. A systematic review. Information and Software Tecnology 50 (9-10) 833-859. DOI: 10.1016/j.infsof.2008.01.06
- GAPPS, Global Alliance for Project Performance Standards (2007). A Framework for Performance Based Competency Standards for Global Level 1 and 2 Project Managers. Sydney: Global Alliance for Project Performance Standards. Disponible en: <http://globalpmstandards.org/downloads/> . Acceso: 5/5/2017
- Gosalves, J.; Murad, M.; Cerdán, A.; Fuentes, B.; Hayas, R; López, J. y Zuñeda, P.P.. (2016). BIM en 8 puntos. Ministerio de Fomento. Gobierno de España. Disponible en http://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/01/Documento_difusion_BIM.pdf
- Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. Technical report volumen 72. Center for Integrated Facility Engineering. Universidad de

- Stanford. EEUU. Disponible en: <https://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR072.pdf>
Acceso: 02/02/2017
- Kraemer, C., Pardillo, J. M., Rocci, S., Romana, M. G., Sánchez, V. & Del Val, M. A. (2009). Ingeniería de carreteras, volúmenes I y II. 2ª Edición. Madrid (España). Editorial McGraw-Hill. ISBN: 84-481-3999-2
- Larman, C. y Basili, V. R. (2003). Iterative and Incremental Development: A Brief History. IEEE Software, Vol. 20, pp. 47-56. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/058f/712a7dd173dd0eb6ece7388bd9cdd6f77d67.pdf>
- LCI, Lean Construction Institute (2017). Página web. Acceso: 15/06/2017: <https://www.leanconstruction.org/>
- Nerur, S., Mahapatra, R. & Mangalara, G. (2005). Challenge of migrating to agile methodologies. Communications of the Association for Computer Machinery, 48(5), 72-78. DOI: 10.1145/1060710.1060712
- Pons, J.F. (2014). Introducción a Lean Construction. Fundación Laboral de la Construcción. Madrid. Acceso: 01/04/2017. Disponible en: <http://www.fundacionlaboral.org/documento/introduccion-al-lean-construction>
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A. & Owen, R. (2010). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. Journal of Construction Engineering and Management, 136 (9). pp. 968-980. ISSN 0733-9364. Disponible en: http://eprints.hud.ac.uk/25835/1/Interaction_of_Lean_and_BIM_in_Construction_plus_Figures.pdf ;Acceso: 21/05/2017
- Sankaran, B. (2017). Civil integrated management for highway infrastructure projects: analyses of trends, specifications, impact and maturity. Tesis. University of Texas Libraries. doi:10.15781/T2MS3KJ2W
- Schwaber, K. & Sutherland, J. (2016). La Guía de Scrum. La guía definitiva de Scrum. Las reglas de juego. Informe. Acceso: 02/05/2016. Disponible en: <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/scrum-guide-es.pdf>
- Serrador, P. & Pinto, J.K. (2015). Does Agile work? A quantitative analysis of agile project success. International Journal of Project Management 33 (5), 1040-1051. DOI: 10.1016/j.ijproman.2015.01.006
- Snowden, D.J. & Boone, M.E. (2007). A leader`s framework for decision making. Harvard Business Review, 85(11):68-76, 149. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/5689229_A_Leader's_Framework_for_Decision_Making . Acceso: 29/04/2017
- Spůndak, M. (2014). Mixed agile/traditional project manager methodology – reality or ilusion. En Procedia – Social and Behavioral Sciences 119 (2014) 939-948. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.03.105
- Takeuchi, H. & Nonaka, I. (1986). “The New New Product Development Game” en Harvard Business Review Enero-Febrero 1986. Disponible en: <https://hbr.org/1986/01/the-new-new-product-development-game> Acceso: 12/5/2016
- Whitty, S.J. & Maylor, H. (2009). And then came complex Project Management (revised). International journal of Project Management 27(3), 304-310. DOI: 10.1016/j.ijproman.2008.03.004
- Wysocki, R. K. (2014). Effective Project Management: Traditional, Adaptive, Extreme. 7ª Edición. Indiana. Estados Unidos: Wiley Publishing Inc. ISBN: 978-1-118-72916-8