



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Análisis sobre la implementación del modelo de
gestión LEAN en empresas de la construcción y del metal.

Presentado por

Ruiz López, Francisco José

Para la obtención del

Master Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

Curso: 2020/2021

Fecha: 06 de septiembre de 2021

Tutor: Antonio Azorín Carrión



DEDICATORIA:

A mis padres Evaristo y M^a José,

A mi abuelo y a mi hermano, ambos Justo,

Y a María por su apoyo y amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS:

Agradecer a mis padres por enseñarme y guiarme en cada paso de la vida, todos mis valores se los debo a ellos.

Al resto de mi familia, siempre unida y agradecida por ello, por todo el amor que me han dado.

A todos los profesores y maestros, de todos me llevo una parte de mi aprendizaje en la profesión y en la vida.

A la Universidad y a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, por brindarme la oportunidad de estudiar este Máster que me ha regalado amistades y enseñanzas que no podría haber encontrado en otro lugar.

Y a ti mi amor, que estas en la cima de mis pensamientos, gracias por todo tu apoyo incansable y tu amor infinito.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Motivación	7
1.2 Justificación.....	8
1.3 Objetivos	9
2. HISTORIA Y ORIGEN DE LA PRODUCCIÓN LEAN	10
2.1 Fabricación artesana.....	12
2.2 Producción en masa.....	17
3. LEAN	23
3.1 Filosofía LEAN	23
3.2 LEAN Construction	23
3.3 Tipos de desperdicio. “Muda”.....	24
3.4 Herramientas LEAN.....	27
4. IMPLEMENTACIÓN FILOSOFÍA LEAN	38
4.1 Herramientas de gestión	41
4.2 Descripción de empresas.....	42
4.2.1 Empresa Constructora y Despacho de arquitectura.....	43
4.2.2 Empresa de maquinaria hortofrutícola.....	47
4.3 Metodología y herramientas aplicadas	49
4.3.1 Metodología empresa de construcción	49
4.3.2 Metodología empresa del metal.....	59
4.4 Análisis de resultados	63
5. CONCLUSIONES	67
ANEXO 1. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) AGENDA 2030	70
BIBLIOGRAFÍA	73

RESUMEN

El actual trabajo final de máster consiste en el análisis sobre la implementación del modelo de gestión LEAN en dos empresas de distinto sector.

El objetivo del análisis es mostrar los resultados en dos empresas de distinta naturaleza, obtenidos gracias a la implementación de la metodología LEAN, mediante la aplicación de diversas técnicas y herramientas de dicha metodología en la ejecución de proyectos de cada empresa, con el fin de mejorar los métodos tradicionales de gestión, organización y planificación, que venían mostrando ciertos desajustes, y así, permitir la obtención de mejores resultados en lo que respecta a costes, plazos de entrega, calidad, seguridad y salud, etc.

Este análisis comparativo pretende demostrar la importancia de una adecuada gestión en todos los ámbitos de la empresa. En la actualidad, esta nueva metodología está produciendo cambios sustanciales en la forma de trabajar y de desarrollar los proyectos en todo el mundo. Sin embargo, no se está expandiendo de manera similar por todos los países, en algunos solo se tiene conocimiento de su existencia, pero no de cómo se puede aplicar o poner en práctica esta filosofía para el beneficio de las empresas.

Para poner en situación, comenzamos con un estudio de la historia y estado del arte de esta filosofía, sus orígenes en la industria del motor japonesa y su nacimiento a partir de una necesidad básica. Poco a poco fue evolucionando y dándose a conocer en todo el mundo como una nueva forma de hacer las cosas, y de hacerlas bien, a través de reflexiones y técnicas productivas e inteligentes que sus creadores fueron modelando poco a poco con el paso de los años, abriéndose paso en nuevos horizontes gracias a su productividad y su eficiencia como método de gestión.

Una vez explicados sus orígenes, presentamos la metodología LEAN como una herramienta práctica de apoyo para el cambio, para la mejora de la productividad y forma de trabajar de las empresas. Se mencionan los principios en los que se sustenta la filosofía y su amplitud de aplicación, además, se desarrollan numerosas herramientas que la conforman y que hacen posible el cambio, de las cuáles seleccionaremos las que se utilizaron en las dos empresas objeto de estudio de nuestro trabajo.

En el apartado cuatro nos centramos en la implementación de la metodología, que no busca únicamente el beneficio inmediato para la empresa, sino que, además, contribuye a conseguir una buena gestión de los proyectos, ejecutándolos con el menor desperdicio que sea posible, dentro de los plazos estipulados, con unos acabados de calidad altos, reduciendo costes, ofreciendo seguridad y salud, buen ambiente de trabajo, compromiso, involucrando a todos los integrantes, etc.

Primero analizamos la naturaleza de ambas empresas pertenecientes a dos sectores, como el de la construcción y el del metal, se realiza una breve descripción de sus características más importantes, que nos permitan entender cómo se produjo el proceso de aplicación de la metodología en ambas, y que resultados se obtuvieron. Así como el análisis de sus debilidades y problemática, que las llevó a buscar soluciones en este cambio en filosofía que incorporaron en las respectivas organizaciones.

Para estudiar la implementación de la metodología LEAN, se seleccionan las herramientas y técnicas adoptadas por las empresas para su aplicación y puesta en práctica, y se explica paso a paso el proceso llevado a cabo, los imprevistos a los que se enfrentaron las empresas y finalmente, los resultados y beneficios.

En las conclusiones describimos los requisitos más importantes, extraídos del análisis comparativo entre empresas, necesarios para una correcta implementación y cambio de metodología en el modelo de gestión de proyectos de las empresas, la importancia de una selección adecuada del tipo de metodología a utilizar en función de las características y el contexto de la empresa. Demostrar de la gran capacidad de mejora, viabilidad, y obtención de beneficio para las empresas, ofrecen las nuevas metodologías de gestión, concretamente, la filosofía LEAN.

PALABRAS CLAVES

Lean Management; modelo de gestión; filosofía LEAN; proyecto; mejora continua

<p>TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MASTER: Análisis sobre la implementación del modelo de gestión LEAN en empresas de la construcción y del metal.</p> <p>AUTOR: Ruiz López, Francisco José.</p> <p>RESUMEN EJECUTIVO</p>	
1. Planteamiento del problema a resolver (exposición de las razones que justifican la elección del tema ¿por qué?):	Modelos de gestión de las empresas poco eficientes, por falta de conocimiento, interés, iniciativa y actitud, por parte de dirigentes y trabajadores, que se traduce en baja productividad y beneficios muy ajustados.
2. Objetivos (indican las metas del trabajo sirviendo de guía, por lo que deben expresarse con la mayor claridad posible ¿qué?):	Aplicación de conocimientos adquiridos en modelos de gestión y estudio de implementación del sistema LEAN. Demostrar la importancia de la gestión global de la empresa, la introducción de mejoras y la evaluación de los resultados obtenidos.
3. Estructura organizativa (breve explicación de cómo se organiza el TFM de modo que el lector comprenda el hilo argumental de la exposición):	Descripción de la filosofía LEAN, historia, principios, técnicas y herramientas. Análisis y comparativa de la implementación de la metodología LEAN en dos empresas. Extraer conclusiones acerca de la importancia de un adecuado modelo de gestión en las empresas.
4. Método (presenta los medios utilizados para cumplir con los objetivos previstos ¿cómo?):	Mediante el estudio y la experiencia personal de ambos procesos de implementación en las empresas. Formé parte activa de ambos, ejecutando informes y tareas sobre la evolución de los mismos, y evaluando sus resultados.
5. Cumplimiento de objetivos (indicar explícitamente cómo se cumple cada objetivo y dónde se demuestra su cumplimiento en el texto):	Descripción detallada de los pasos, imprevistos y resultados obtenidos de la implementación de diferentes prácticas de la metodología LEAN. Informes y resultados de experiencia propia acerca de los beneficios de un modelo de gestión mejorado.
6. Contribuciones (aportaciones o beneficios extraídos del trabajo):	Demostración y enseñanza a profesionales del sector que existen nuevas y mejoradas formas de trabajar, por el bien de todos los involucrados, aumentando la productividad y la eficiencia de los proyectos y de la empresa.
7. Recomendaciones (implicaciones prácticas del trabajo para otros ingenieros):	Estudio de nuevas técnicas, renovación del conocimiento, ambición e iniciativa por la mejorara continua de procedimientos y formas de trabajar. La gestión es la base de cualquier proyecto de la vida.
8. Limitaciones (restricciones de partida o encontradas en el transcurso del trabajo):	El trato personal necesario para la incorporación de estas nuevas técnicas colaborativas, hacer entender al personal las nuevas ideas, la interacción exitosa con compañeros de profesión.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Motivación.

A lo largo de mi recorrido por el mundo laboral y en base a mi corta experiencia en empleos de dos sectores distintos (construcción e industria maquinaria agrícola), me doy cuenta que son muchos los motivos que argumentan en primer lugar, que el sector de la construcción siempre se ha considerado como una industria poco eficiente, relacionándolo en numerosas ocasiones con altos costes, productividad baja, calidad insuficiente en productos acabados y siempre con márgenes de beneficio demasiado ajustados. Además, se trata prácticamente del único sector en el cual, por lo general, los costes reales obtenidos que se tienen al ejecutar el proyecto son más elevados que los costes planificados previamente (Herrandiz E., 2009).

La industria de la construcción tiene un carácter altamente tradicional, esto es debido a que las técnicas empleadas en la ejecución y sorprendentemente, también en la gestión, apenas han evolucionado a lo largo de los años y se sitúan bastante lejos de otras industrias como la automovilística o las tecnológicas, que se encuentran constantemente en mejora con la aplicación de nuevas metodologías como el LEAN, Kaizen, Pull, etc. De costumbre, la industria se ha excusado en la dificultad de aplicar nuevas técnicas por el hecho de que en la construcción se generan proyectos únicos en contextos siempre cambiantes y determinados, pero esto no debe ser impedimento para intentar implementar metodologías y prácticas tanto de ejecución, como de gestión que mejoren el resultado de los proyectos.

La tendencia general de los autores en los últimos 25 años referidos a la industria de la construcción, ha generado una gran lista de motivos por los que se considera más que necesario un cambio radical en el paradigma de este sector, que, aunque ya se ha empezado a iniciar, de momento no se ha extendido de manera global, ni en todos los países ni a todas las empresas (Pons & Rubio, 2019)

En segundo lugar, nos encontramos con el sector de la industria de maquinaria agrícola, concretamente en la parte de montaje y soldadura de estructuras para maquinarias y pequeña instalación eléctrica, aunque este sector no es en el que he desarrollado mis conocimientos, ha sido medianamente fácil adaptarme al puesto de trabajo por su gran parecido en la gestión de los proyectos de la maquinaria que aquí se fabrica.

A modo resumen, y para tratar de compararlo con la construcción, se trata de una industria en la que los proyectos se desarrollan por norma general dentro del taller de la empresa, un enclave fijo, en el que se dispone de todas las herramientas, instalaciones y maquinaria necesaria para el desarrollo los proyectos. Los proyectos en sí, tienen una naturaleza similar, se parte del concepto de una idea para una máquina, se desarrolla el diseño en el estudio mediante programas de diseño 3D, para posteriormente enviar la información del proyecto a todos los agentes de taller (mediante planos, mediciones, renders 3D, etc.) donde dará lugar la ejecución del proyecto.

En este sector, por intuición, resulta más lógico y asequible la aplicación de ciertas metodologías innovadoras como el caso LEAN, u otro tipo de herramientas tecnológicas que ayuden a mejorar la productividad y el funcionamiento de la empresa. Pero es aquí, donde me doy cuenta, que más que las condiciones y circunstancias naturales de cada sector o empresa, que indudablemente juegan un papel primordial, pero es la iniciativa y la actitud por parte de todos los integrantes que conforman el equipo de cada empresa, empezando por la alta dirección, las que permiten que exista una mayor viabilidad en la implementación de nuevas metodologías, esto lo argumentaremos en el desarrollo del presente trabajo.

En resumidas cuentas, para mi opinión, es la falta de iniciativa de cambio de los sistemas de producción en las empresas en general lo que me motiva a comparar el intento de implementación de dos empresas de distinto sector, para demostrar cuan necesario es disponer de herramientas de innovación que nos faciliten y ayuden a emprender una nueva y mejorada forma de trabajar.

1.2. Justificación.

Por un lado, el sector de la construcción es una de las actividades más importantes dentro de la economía de un país, pero la productividad en esta industria, como hemos comentado, no se ha desarrollado como debería en comparación con otras. Se ha demostrado mediante numerosos estudios que los proyectos de construcción acaban siendo muy costosos, principalmente por la cantidad de desperdicios que en ellos se generan y, por otro lado, muy pocos llegan a terminarse dentro de los plazos programados en un inicio.

En el sector de la industria de maquinaria agrícola, según mi experiencia, los procedimientos de trabajo han evolucionado de manera diferente, las herramientas y maquinarias cada vez son más modernas, los diseños 3D permiten una visión mucho más intuitiva del proyecto a realizar, anticipándonos a los posibles errores o problemas a la hora de fabricar.

Aun así, en muchas ocasiones, siguen ocurriendo situaciones similares a la ejecución de proyectos de construcción, las planificaciones en las que se marcan los plazos y recursos de las tareas, a medida que se avanza con el proyecto, estas planificaciones van modificándose notoriamente, obteniéndose un avance real del proyecto que en la gran mayoría de los casos suele ser inferior a lo planificado.

Este gran problema de incumplimiento de plazos y planificación del proyecto original tiene su causa en diversos factores, como son: falta de experiencia y formación básica en los nuevos sistemas de planificación y gestión de proyectos, control de calidad inexistente o ineficaz basado en métodos que se encuentran lejos de asegurar el cien por cien de calidad, la enorme falta de interés en la capacitación y formación de los trabajadores, escasa coordinación entre los agente que intervienen en las diferentes fases del proyecto, falta de transparencia y comunicación entre partes interesadas y baja productividad como resultado de todo esto.

Aquí me doy cuenta, que en dos empresas de distinto sector se plantean problemas de la misma índole y por motivos similares, como los expresados en el párrafo anterior. Es por ello que analizaremos el intento de implementar la filosofía LEAN en ambas empresas para observar los resultados que se dan en cuanto a productividad y cumplimiento de las planificaciones iniciales.

1.3. Objetivos.

El objetivo principal del presente trabajo es analizar la implementación de la filosofía LEAN, a través de diversas herramientas de la metodología aplicadas a dos empresas de distinto sector, analizando los resultados obtenidos y comparándolos con el estado inicial de ambas compañías.

Para alcanzar el objetivo principal se han planteado los siguientes objetivos secundarios:

- Análisis del estado del arte en cuanto a la filosofía LEAN, desde sus inicios hasta la actualidad.
- Análisis de los principios de la metodología LEAN y de sus herramientas aplicables a las empresas en cuestión.
- Descripción de las metodologías de implementación utilizadas para aplicar la filosofía en ambas empresas.

La finalidad de estos objetivos es la de sustituir los modelos tradicionales de gestión, organización y planificación, para mejorarlos con las nuevas técnicas, para que así, se consiga un mayor nivel en los resultados de calidad, plazos y costes necesarios para la ejecución de los diversos proyectos.

2. HISTORIA Y ORIGEN DE LA PRODUCCIÓN LEAN.

En realidad, las ideas no surgen de la nada, las ideas surgen de una necesidad, de un vacío, de una oportunidad, o de un conjunto de condiciones en las que parece que ya no funcionan las antiguas ideas, y así fue como nació la producción LEAN, o producción ajustada, así es como la llamaremos hasta El PIVM (Programa Internacional de Vehículos a Motor), ya que el término LEAN fue acuñado por el investigador John Krafcik que participó en dicho programa, éste tuvo una gran importancia que explicaremos más adelante.

Esta idea surgió en un país, en un momento y en unas circunstancias determinadas, debido a que las ideas tradicionales parecían no adaptarse al desarrollo industrial que se estaba dando o se quería conseguir en dicho país.

Tras la Segunda Guerra Mundial, Japón quedó muy empobrecido, aun así, intentó competir industrialmente con Norteamérica, país más rico en recursos, buscando eliminar las diferencias en productividad que tenían con ellos debido a su falta de recursos, pese a no disponer de ellos.

Fue aquí, cuando Toyota comenzó a gestar su nuevo sistema. Fue Taiichi Ohno, ingeniero a cargo del desarrollo del sistema, quien visitó en varias ocasiones las plantas de producción norteamericanas, y comenzó a descubrir lo que llamó <<desperdicio>> o *muda*, en tiempo y recursos de todo tipo. Taiichi consiguió eliminar una gran cantidad de desperdicios con planteamientos que constituirían el nuevo sistema de Toyota, muy adecuado a la actualidad, ya que estamos hablando de cosas que se veían en las plantas de automoción tradicionales de hace 75 años, pero que hoy en día, siguen siendo muy corrientes en muchas empresas de cualquier otro sector. Taiicho Ohno y Eiji Toyoda, de la Toyota Motor Company de Japón, fueron pioneros en el concepto de producción lean.

Cuando esta filosofía de producción se empezó a generalizar en Japón, pronto se produjo el ascenso del país hasta unos de sus mejores momentos de preeminencia económica mundial, ya que muchas compañías y empresas japonesas copiaron este notable sistema.

Fue en la industria del motor, una de las industrias más importantes del mundo (generación de empleo, transferencia de tecnología, atracción de inversiones), donde comenzó a gestarse la idea de producción ajustada, y es por ello, que debemos remontarnos a sus orígenes y evolución para poder comprenderla plenamente.

Antes de remontarnos a su historia, debemos saber que actualmente la industria de la fabricación del automóvil sigue siendo una de las mayores actividades económicas manufactureras del mundo. Según los datos que maneja la Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA), en la última década, la industria del automóvil movió, a nivel mundial, un volumen de negocio que ronda los dos billones de euros anualmente, y una cantidad de puestos de trabajo indirectos, relacionados con el sector automovilístico en torno a los 50 millones de empleos.

Por otro lado, el transporte terrestre mediante camiones es uno de los más importantes del mundo, y uno de los motores de nuestro sistema actual.

Quizás sea por esta importancia global por lo que la industria automovilística ha conseguido cambiar hasta dos veces en el pasado siglo, nuestras ideas y sistemas fundamentales sobre cómo hacer las cosas. El modo de hacer las cosas dictamina no solo la manera en la que trabajamos, sino también nuestra forma de pensar, de ver el mundo, de comprar y de vivir.

Como es ya conocido, fue el sector automovilístico el que se podría considerar como el precursor de la producción en serie, el primer gran cambio en la mentalidad industrial. Los vaivenes de esta industria junto a la gran capacidad de influencia del sistema de fabricación que utilizaban, se han convertido en razones primordiales de la pronta expansión y crecimiento industrial del siglo XX.

A continuación, repasaremos la historia de la producción industrial automovilística desde sus inicios artesanos hasta que poco a poco se llegó a la producción ajustada.

Desde finales del siglo XIX y principios del XX la industria del automóvil funcionaba principalmente mediante la fabricación o producción artesana, encabezada por las firmas europeas, después se pasó a la cadena de montaje de Henry Ford (inicio 1913) que más tarde acabó dando lugar, después de la Primera Guerra Mundial, a la introducción de la era de la producción en masa, tanto de Henry Ford, como de Alfred Sloan (General Motors). Poco después, EEUU dominó la economía mundial, en gran parte como resultado de ello.

Los orígenes de la industria automovilística artesana se contemplan en la década de 1880-1890 y fue en torno a 1925 cuando comenzó la transición hasta la producción en masa, ya que la producción artesana empezó a encontrarse con problemas y desafíos a los que no pudo hacerse frente.

2.1. Fabricación artesana.

En los inicios de la industria del motor, los productores de vehículos no eran más que montadores piezas elaboradas por diversos fabricantes muy diferenciados, sin especialidad ninguna en el sector. Por aquel entonces, nos damos cuenta que fue la industria secundaria la que, sin saberlos, producía la totalidad del vehículo. Poco a poco, los montadores empezaron a producir algunas de las piezas, hasta el punto que Henry Ford, tomó la decisión de producir la totalidad de piezas del vehículo, eliminando la dependencia con los demás productores. (Ortiz-Villajos, 2001)

Cuando nos referimos a industria auxiliar o industria de componentes hablamos de la misma industria. Ortiz-Villajos (2001) cita textualmente “El término "industria auxiliar" no es el más adecuado, ya que puede hacer pensar que su cometido es de segundo orden con respecto al de la "industria principal": la que fabrica o monta los coches. Esto no es así, pues, aunque la dependencia entre fabricantes de coches y de componentes ha variado con el tiempo, los dos son esenciales.”

En aquel entonces, se fabricaban vehículos por encargo, de manera muy limitada, los productores se ponían en contacto con los proveedores para conseguir las piezas, que posteriormente serían montadas hasta llegar al coche solicitado. De esta forma era como se procedía en aquel entonces, como es el ejemplo de la compañía parisina de máquinas de herramientas de Panhard y Levassor hoy en día solo es recordada por coleccionistas de coches clásicos y por entusiastas de la historia del automóvil, pero en 1894 era la empresa automovilística más importante del mundo. Todo comenzó en 1887 cuando Emilie Levassor se reunió con Gottlieb Daimler, fundador de la compañía que actualmente fabrica el Mercedes Benz. Se pusieron de acuerdo para poder producir el nuevo diseño de gasolina de Daimler.

En esta compañía, eran sus fundadores, Panhard y Levassor, además de sus asociados más inmediatos, los responsables de la comunicación y atención a los clientes, para determinar las condiciones y requerimientos especificados para el vehículo. Además, eran encargados de solicitar todas las piezas que hacían falta para el montaje y ejecución del producto final.

Ortiz-Villajos (2001) señala “durante la fase artesanal, por tanto, el control del mercado y del sector lo tenía el fabricante o ensamblador, pero éste dependía totalmente de los fabricantes de las distintas partes. Es decir, la producción como tal correspondía casi totalmente a la industria auxiliar o de componentes. Esta industria, no obstante, inicialmente no tenía al sector del automóvil como principal cliente, sino como uno más.

Pero a medida que la demanda aumentaba y las series de coches se incrementaban, algunos proveedores se fueron especializando en el sector del automóvil. Esta especialización era rentable tanto para los proveedores como para los ensambladores, pues gracias a ella pudieron ir reduciendo costes por economías de escala. En los primeros años, pues, la dependencia de la industria principal respecto de la auxiliar era absoluta, no al revés. Pero a medida que los fabricantes de componentes se fueron especializando, su dependencia de la industria ensambladora fue aumentando”

Volviendo a P&L, uno de los pilares básicos de la producción en masa –la de que el coste por unidad se reduce enormemente a medida que se incrementa el volumen de producción- no era cierta para esta compañía de producción artesanal. Si hubiera tratado de fabricar un número alto de coches idénticos cada año, el coste por unidad no se habría reducido una cantidad importante del coste por unidad haciendo sólo diez.

Además, P&L no podría hacer nunca dos coches idénticos, incluso habiéndose fabricado a partir de los mismos diseños y proyectos originales. Los talleres contratados por P&L como es lógico, no utilizaban sistemas de medida estandarizados y las máquinas herramientas de 1890 no eran las más sofisticadas.

Las distintas piezas del automóvil las realizaban contratistas distintos, con medidas ligeramente diferente, después eran endurecidas en hornos lo bastante como para que fueran resistentes. Con frecuencia las piezas se deformaban en los hornos y necesitaban nuevos procesos en las máquinas para volver ajustarlas a la forma original.

Finalmente llegaban las distintas partes a la fábrica de ensamble de P&L, se podría decir que sus especificaciones eran aproximadas, aquí es cuando entraban los ensambladores cualificados. Su labor consistía en coger las dos primeras piezas y comenzar a ajustarlas hasta que encajaran a la perfección. Seguidamente, limaban la siguiente pieza hasta que encajara con las dos primeras y así hasta completar el vehículo, que estaba formado por cientos de partes.

Esta secuencia de ensamble originaba un pequeño desfase en el montaje, de manera que cuando se llegaba a la última pieza, el vehículo solía diferir significativamente, por sus dimensiones, de otro automóvil que se estaba produciendo en la misma fábrica y de acuerdo con el mismo proyecto.

Como P&L no estaba preparada para producir en masa coches idénticos, pues sencillamente no lo hizo, en su lugar, se centró en adaptar cada producto a los requerimientos y deseos expresos de sus clientes. Además, destacó su pericia artesana consiguiendo que las uniones entre piezas fueran casi invisibles y las prestaciones de sus vehículos.

En aquel entonces, aquellos que podían permitirse la compra de esta clase de vehículos eran clientes acaudalados, que tenían chóferes y mecánicos entre sus empleados. Las principales preocupaciones de este tipo de clientes no eran los costes, ni el mantenimiento sencillo ni siquiera la facilidad de conducción, sus deseos a satisfacer eran la velocidad, la apariencia y la adaptación a sus gustos, por eso, para los consumidores de P&L la forma de trabajar de la empresa y el montaje tenían perfecto sentido.

Incluso algunos de sus clientes tenían varias peticiones, algunas de ellas un tanto extravagantes, como es el caso de Evelyn Henry Ellis, miembro del Parlamento británico en 1894, quién decidió comprarse un vehículo y ya que no había ningún fabricante de automóviles inglés, visitó la famosa compañía parisina en cuestión y le encargó un automóvil. Sin embargo, algunas de las peticiones de este cliente fueron un tanto peculiares; aceptó el chasis y motor básico de P&L, pero solicitó que un carrocerero parisino le fabricara una carrocería especial. Además, pidió una modificación en la posición de la palanca de cambios, los frenos y los mandos del motor, del lado derecho del vehículo al izquierdo, quizás pensó que sería más fácil utilizar los mandos en esa posición.

Aunque peculiares, para P&L las peticiones de Ellis les parecerían relativamente sencillas y entendibles. Como todas las piezas se hacían de una en una, el proceso sería simple, inclinar las barras de mando hacia la izquierda y revertir algunas conexiones. Comparando este hecho con la actualidad, este pequeño cambio para un productor en masa probablemente requeriría años y un coste económico muy elevado. Como inciso, la gran mayoría de empresas de Norteamérica no fabricaban vehículos para conducir por la izquierda entre los que vendían en Japón, donde se conduce por la izquierda, ya que creían que el incremento económico de esta opción sería prohibitivo.

Volviendo al vehículo de Ellis, una vez que fue terminado, y acompañado de un mecánico contratado para este fin, Ellis lo probó exhaustivamente por las calles de París, ya que, a diferencia de los actuales, era único, un prototipo en todos los sentidos. Una vez conforme, y tras varios ajustes en la fábrica, Ellis partió hacia Inglaterra. Su llegada, en junio de 1895, fue histórica, convirtiéndose en la primera persona que condujo un coche en Inglaterra.

En torno a 1896, Ellis se convirtió en un promotor parlamentario para derogar leyes de limitación de velocidad de automoción, organizador de carreras, etc. Fue por esta época, cuando unas cuantas firmas inglesas empezaron con la fabricación de coches, dando muestras de que la edad del automóvil estaba comenzando a extenderse desde sus orígenes en Francia hasta Inglaterra, en su proceso de expansión por todo el mundo.

Este resumen ejemplifica a la perfección la edad de la producción artesana en la industria del motor, pese al posterior fracaso de la compañía P&L, merece la pena recordarlo.

Podemos concluir que la producción artesana se caracterizaba por:

- Trabajadores muy cualificados en el diseño, manufactura y ensamble. Muchos de los trabajadores progresaban en el aprendizaje hasta alcanzar un gran abanico de habilidades artesanas. Muchos albergaban la esperanza de dirigir su propio taller y convertirse en contratistas de las firmas ensambladoras.
- La organización era altamente descentralizada, aunque concentrada por zonas (ciudades). Una gran cantidad de piezas y una buena proporción del diseño del vehículo pertenecía a los pequeños talleres. El sistema lo coordinaba un empresario quien contactaba directamente con todos los implicados: clientes, contratistas y proveedores.
- Uso de máquinas herramienta versátiles para perforar, esmerilar y realizar otras operaciones en las materias primas (metal, madera, etc.).
- Volumen de producción muy reducido, de los cuales solo unos pocos se fabricaban en torno al mismo diseño, y, aun así, no se producían dos exactamente iguales debido a las variaciones producidas por las técnicas artesanas.

Era casi imposible que alguna compañía pudiera ejercer el monopolio con estos recursos y características, y P&L se encontró en poco tiempo compitiendo con muchas otras compañías productoras de vehículos de forma similar. En torno a 1905, cientos de compañías de la Europa Occidental y de Norteamérica producían coches en pequeña cantidad con el uso de técnicas artesanas.

Fue después de la Primera Guerra Mundial cuando la industria del automóvil comenzó su transición hacia la producción en masa, por el camino se quedó P&L que se hundió cuando trató de reconvertirse. Por otro lado, muchas de las firmas de producción artesana se han mantenido hasta el día de hoy, gracias a su concentración en nichos del mercado selectos y lujosos, poblados por clientes que desean una imagen única y la oportunidad de tratar de forma directa con el fabricante a la hora de comprar sus vehículos.

En los años noventa aparece otra amenaza para las compañías artesanas, las firmas que utilizan la producción ajustada, todas japonesas, se introducen en sus pequeños mercados, en los que no tenían cabida los fabricantes en masa. La marca Honda sacó un vehículo deportivo, que supuso un ataque directo a la marca de deportivos Ferrari en la sección de vehículos de ultra prestaciones.

Si, como comentaremos más adelante, las compañías de producción ajustada pueden abaratar costes de diseño y fabricación y mejorar calidades de los vehículos en comparación a las firmas artesanas –y seguramente pueden-, los fabricantes artesano tradicionales deberán adoptar también los métodos de la producción ajustada o, por el contrario, condenarse a la desaparición de sus empresas como especie tras más de un siglo de producción. (Ortiz-Villajos, 2001)

Para alguno nostálgicos, la era de P&L y sus competidores fue la edad dorada de la producción automovilística, donde se valoraba la artesanía y profesionalidad de las compañías, y éstas dedicaban toda su atención a los clientes. Además, artesanos orgullosos perfeccionaban sus habilidades con el tiempo y traspasaban su conocimiento a sus sucesores.

Sin embargo, este tipo de producción suponía una serie de inconvenientes igualmente obvios cuando se contempla en perspectiva. El coste de fabricación era elevado y no se reducía con el aumento del volumen, esto se traducían en que sólo los más adinerados eran capaces de comprar estos vehículos. A todo esto, se sumaba la exclusividad de cada coche, ya que realmente todos eran prototipos, y esto dificultaba el proporcionarles consistencia y fiabilidad. Un ejemplo de esta exclusividad son los satélites y lanzaderas espaciales actuales, la gran mayoría de ellos comenzaron siendo prototipos. El mueble hecho según especificaciones del cliente, las obras de arte decorativo y algunos coches deportivos exóticos proporcionan otros ejemplos de producción artesana en la vida cotidiana. (Womack, 1990)

A los clientes, chóferes o mecánicos, no les quedaba otra que probar los coches en la carretera, el sistema fallaba en lo referente a calidad del producto, fiabilidad y duración, más que a materialidad y acabados, esto era debido a la inexistencia de un chequeo sistemático.

Otro de los grandes inconvenientes de la era artesana del automóvil era la incapacidad de los pequeños talleres, donde se producía la mayor parte de la actividad de producción, para desarrollar nuevas tecnologías. Éstos carecían de recursos para procurar innovaciones fundamentales, el avance tecnológico requería de investigación sistemática. Juntando todas estas limitaciones de la industria automovilística y quedará claro que estábamos alcanzando una meseta hasta que llegó Henry Ford.

Llegó un punto en el que el diseño general de coches y camiones empezó a converger en el actual vehículo familiar de combustión interna, cuatro ruedas y motor delantero, fue en ese momento cuando Henry Ford encontró el modo de superar los problemas inherentes a la producción artesana con una nueva idea. Las nuevas técnicas de Ford abaratarían enormemente los costes, al tiempo que se incrementaba la calidad final del producto. Este nuevo sistema innovador se llamaría producción en masa. (Womack, 1990)

2.2. Producción en masa.

Como ya hemos comentado, la auténtica revolución en la industria del automovilística la provocó Henry Ford con la introducción de sus innovaciones a partir de 1908. Fue en aquel año, cuando Ford sacó al mercado el Modelo T, el vigésimo que fabricó desde que en el 1903 sacara al mercado su primer diseño: el Modelo A. La primera gran novedad del Modelo T se basó en un diseño para la fácil fabricación y que era, referido a términos actuales, amigable, o lo que es lo mismo, se podía usar y reparar de forma sencilla. En aquel entonces, muy pocas personas podían conducir y reparar un vehículo sin un chófer o un mecánico. Dichos logros constituyeron la base del cambio de toda la industria del motor.

Todas estas innovaciones tuvieron su inspiración en las ideas del ingeniero e inventor americano Frederick W. Taylor, considerado el padre de la teoría de la administración científica y por ello, figura clave en el desarrollo de la industria moderna, en particular, y las organizaciones en general. Dicha teoría se basaba principalmente en la creación de un sistema donde empleado y empleador optaran a la posibilidad de recibir la mayor cantidad de beneficio posible. Para lograrlo era necesario la adecuada formación de los trabajadores, lo que conlleva un desempeño cada vez mejor, incrementando con ello la calidad, eficiencia y producción. Muchas de las ideas de Taylor las analizaremos detalladamente más adelante, ya que guardan una estrecha relación también con la producción ajustada.

Sin embargo, para la industria del motor, sólo se extrajeron algunas de las características de la teoría de la administración científica, las que más convenían dada la situación, las describimos a continuación:

1. **La división racional del trabajo;** en contra de la producción artesana, la cual implicaba una gran pérdida de tiempo debido a que cada trabajador se encargaba de producir el producto de principio a fin. Lo lógico era que cada obrero realizara una tarea específica, en forma de cadena de montaje, así se podrían realizar cientos de unidades de un mismo producto a la vez, esto abarataba costes y aumentaba la productividad por unidad de tiempo.

2. **La simplicidad de las operaciones;** consiguiendo que cada obrero realizara una tarea simple y continuada se agilizaba todo el proceso. Con el tiempo y a base de repetición, los trabajadores se especializaban en la tarea realizada y conseguían reducir los tiempos de ejecución.

3. **La minimización de movimientos;** gracias a la forma de cadena de montaje se conseguían reducir los movimientos del personal y de los productos.

Esta serie de características facilitaron la producción, lo que permitió que el trabajo lo pudieran desarrollar trabajadores sin formación, por lo que eliminó su dependencia de los artesanos cualificados. Esta es una de las ideas que no compartía Taylor en su teoría, que le daba una importancia muy notable a la selección y formación de los trabajadores para conseguir el éxito en las empresas.

Volviendo al Modelo T de Ford, la gran novedad que lo caracterizaba, como ya hemos comentado, fue que se diseñó para ser fácilmente fabricado y sencillamente usado y reparado. Esto se consiguió con unas innovaciones esenciales: “la total y coherente intercambiabilidad de las partes y la sencillez de ensamblaje de unas con otra” señala Womack *et al.* (1991). En opinión también de Womack *et al.* (1991), estas innovaciones fueron la clave para el inicio de la producción en masa, pues gracias a ellas fue posible la producción en serie, y no la cadena de montaje, como se creía y cree mucha gente, ya que sin estas ideas la cadena no se habría podido desarrollar. No se dispone de datos contrastados acerca del ahorro tanto de esfuerzo, como de tiempo que supuso la racionalizada división del trabajo y la intercambiabilidad perfecta de las piezas, “sabemos que fue substancial, probablemente mayor que los ahorros que Ford consiguió en el paso siguiente, la introducción en 1913 de la línea de montaje de flujo continuo” Womack *et al.* (1991). Estas innovaciones supusieron una gran repercusión en la opinión pública, ya que mostró al mundo industrial las enormes ventajas en producción que la empresa Ford había alcanzado respecto a sus más cercanos competidores.

Ford comprobó los beneficios que se podían conseguir ahorrando en costes de montaje, por ello, insistió en la implantación del mismo sistema de medida común para todo el proceso de fabricación. Hizo hincapié en que todas las medidas se tomaran con precisión y así fue como pudo conseguir la intercambiabilidad completa de todas las partes. Nadie en la industria de aquel entonces había contemplado esta causa-efecto y es por ello, que nadie perseguía con tanto ímpetu como Ford, que se trabajara con medidas precisas.

Otro de los aspectos importantes para la intercambiabilidad fueron los avances tecnológicos en las máquinas herramienta que se utilizaban para trabajar metales endurecidos previamente. Como ya comentamos, al endurecer las partes del vehículo ya trabajadas se producían deformaciones en ellas y por ello, fue imposible estandarizar estos componentes. Una vez que se consiguió solventar el problema de la deformación, Ford elaboró nuevos diseños innovadores que reducían la cantidad de piezas necesarias y las hacía más fáciles de ensamblar.

Un ejemplo claro fue el bloque motor de cuatro cilindros, mientras que los competidores fundían cada cilindro por separado y unían los cuatro mediante pernos, el de Ford estaba formado por una sola y compleja pieza fundida.

La facilidad de ensamble, la simplicidad y la intercambiabilidad, conjuntamente, proporcionaron enormes ventajas a Ford sobre sus competidores. Uno de los cambios más importantes que supusieron estas innovaciones fue la eliminación del grueso de toda fuerza laboral de ensamble, constituido por los ensambladores cualificados.

Vamos a explicar cómo se fueron introduciendo poco a poco estas nuevas innovaciones en la producción de la empresa. En los comienzos de montaje de coches Ford, en 1903, los esfuerzos por montar sus vehículos suponían levantar *stands* para el ensamble en los que se pudiera montar todo el vehículo, normalmente por un solo montador. En 1908, justo antes de introducir su modelo T, el ciclo medio de trabajo de un ensamblador (total tiempo trabajado antes de repetir las mismas operaciones) era de 514 minutos (8,56 horas). Cada obrero tenía que ensamblar una parte considerable del vehículo antes de pasar al siguiente, por ejemplo, uno de ellos podía colocar toda la parte mecánica (ruedas, ballestas, transmisión, motor, generador, etc.) sobre el chasis del coche, todas estas actividades duraban entorno a un día de trabajo, y realizaban las mismas actividades repetidamente en sus stands para ensamble fijos. Tenían que hacerse con las piezas necesarias, limarlas hasta que encajaran y colocarlas en su sitio.

Ford aún no había conseguido **la intercambiabilidad total** de las partes, aun así, empezó a introducir modificaciones en el proceso. En primer lugar, entregó las piezas del coche en cada lugar de trabajo y así, los ensambladores no tenían la necesidad de desplazarse y permanecían todo el día en su lugar de trabajo.

Después, alrededor de 1908, se consiguió la intercambiabilidad perfecta de las piezas, y Ford, tomó la decisión de mover a los ensambladores de un coche a otro por toda la nave de montaje realizando una única tarea en cada uno de ellos. En torno a agosto del 1913, antes de la introducción de la cadena de montaje móvil, el ciclo de trabajo medio del ensamblador de Ford se redujo de 512 a 2,3 minutos.

Esta cadena de montaje aceleró toda la producción y abarató todavía más los costes de fabricación: tanto la producción como la demanda empezaron a crecer de manera estrepitosa. El automóvil comenzó a dejar de ser un bien de lujo al alcance de unos pocos para convertirse en un bien para la clase media.

En los años 60 empezó el incremento en competencia de las compañías japonesas, que implantaron un nuevo modelo mucho más eficaz en cuanto a relación entre el fabricante y las compañías que suministraban los componentes. En torno a los años 80, las empresas de Occidente aumentaron su productividad debido al crecimiento de la competencia entre los proveedores de las piezas, sin embargo, no fueron capaces de conseguir una competitividad con las empresas japonesas ya que no cambiaron el modo básico de gestión y funcionamiento de la compañía. "La clave de un sistema competitivo de suministro de piezas es la manera en que el ensamblador [...] trabaja con los suministradores [...]. Que el suministrador sea interno o externo a la compañía supone sorprendentemente muy poca diferencia". (Womack et al., 1991)

Fueron los japoneses los que primeramente se dieron cuenta y, a partir de ahí, decidieron cambiar radicalmente las formas de establecer las relaciones, por otro lado, las empresas occidentales, aunque intentaron cambiar, siguieron manteniendo la base y el fondo del sistema tradicional.

En el actual sistema, los componentes eran diseñados por los ensambladores. El número de empresas proveedoras de piezas norteamericanas era muy superior al de las compañías japonesas, esto era debido a que la primera de ellas suministraba piezas, mientras que la japonesa ofrecía equipos completos. Para resumir este aspecto, podemos decir que:

Los proveedores de piezas son introducidos demasiado tarde en el proceso de diseño y tienen muy poco margen de maniobra para mejorar un diseño que luego se convierte en difícil y caro de fabricar. Estos se encuentran bajo una enorme presión en el precio por parte de un comprador que no entiende sus circunstancias y problemas.

En Europa, los fabricantes de automóviles han sido siempre más pequeños y numerosos que los de Norteamérica, por ello, no han tenido la oportunidad de hacerlo todo por sí mismos, como Ford o GM. Además, en Europa, siempre ha habido tradicionalmente fabricantes de componentes -como Bosch, GKN y SKF- líderes en la tecnología dentro de su área. El mercado europeo de componentes era el más importante de mundo.

Los fabricantes europeos, siempre han tenido tendencia a agruparse mucho más que los norteamericanos, en el sentido físico y en relaciones a largo plazo, esto se parece mucho a los japoneses, aunque el número de suministradores para los ensambladores ha sido más elevado al del caso japonés.

Como resumen de la era de la producción en masa, las empresas norteamericanas dominaron durante varias décadas la industria automovilística. En el año 1955 sus cifras ascendían al 95% de ventas en el mercado de Norteamérica, y aproximadamente un 75% del resto del mercado mundial. Fue casualmente este mismo año, el año que cambió la tendencia, empezó lentamente a aumentar la participación de las importaciones de automóviles en Norteamérica. Fue debido a su pronta perfección de la producción en masa, por lo que no se podía sostener a dichas empresas de Estado Unidos en lugares de liderazgo, debido a que, a mediados de los años 50, la producción en masa ya se había introducido en los países competidores de Estados Unidos. Todas las grandes compañías europeas, como Citroën, Renault, Austin, Morris, etc., ya habían visitado las grandes instalaciones de Ford y empezaron a aplicar sus métodos.

Entre los años 50 y los 70, las marcas europeas compitieron con las firmas de Norteamérica de manera creciente en Europa y comenzaron a introducirse con éxito en los mercados automovilísticos exteriores.

El éxito y la prosperidad de estos años propició a que la producción en masa continuará como sistema de producción, tanto en Europa como en Norteamérica. Se llega a la conclusión de que se produce una situación de estancamiento en el sistema de producción en masa en ambos continentes, que, de no ser por el descubrimiento en Japón de una nueva industria del motor, podría haber seguido así durante años. Esta reciente industria consistía en una nueva forma de hacer bien las cosas, a la que llamamos Producción Ajustada (Lean Production). Fue la crisis del 73 la que propició el despertar de las compañías europeas y norteamericanas, ya que se dieron cuenta de que la superioridad de la japonesa era real, a partir de ahí, salió a la luz la necesidad urgente de introducir modificaciones en sus marcas. (Womack et al., 1991)

Más tarde, llegó una crisis económica generalizada que junto al aumento en los precios de los carburantes motivó un descenso importante en la demanda, esto supuso una situación muy difícil para muchas compañías.

Además, y por difícil que parezca, los propios Estados Unidos comenzaron a experimentar una fuerte competencia en su propio territorio por parte de los productores japoneses. Por ello, las compañías se vieron en la necesidad obligada de mejorar su eficiencia mediante innovaciones en el proceso y el producto.

Todo esto fue más necesario en los productores occidentales, ya que pasaron de una época en la que eran líderes de mercado, y ahora se enmarcaban como seguidores en los nuevos métodos de producción y organización.

Sin lugar a dudas por aquel entonces, y casi con toda seguridad a día de hoy, el modelo de producción más eficiente era la producción ajustada (Lean Production), el sistema ideado por la compañía Toyota fue el que marcó el sendero a andar para la industria automovilística mundial entonces, y a día de hoy se abre camino en muchos más sectores como en la construcción o en los procesos administrativos, por ejemplo. Volviendo al hilo, para la supervivencia de la compañía era de necesidad máxima su implementación o una profunda reforma del modelo de producción en masa tradicional. Estos nuevos modelos implicaban enormemente y de manera directa a los distintos proveedores en el sistema productivo y en la política de las empresas, y como siempre de la mano, la industria auxiliar tuvo que transformar también sus sistemas de producción y de abastecimiento a los diversos fabricantes.

Como hemos podido ver, el sistema de producción ajustada (Lean Production) es un método ideado por la empresa Toyota a finales de los años 50 que cambió de manera radical la forma de fabricar automóviles y también, la relación entre la industria principal y la auxiliar. Esta relación se basó en la cooperación y en la confianza entre ambas partes, muy al contrario que en el modelo de producción en masa.

Hablando de la actualidad, “en los últimos años se ha producido un reajuste en la configuración de la estructura empresarial de los productores de vehículos, debido a una serie de absorciones y fusiones entre los más grandes fabricantes mundiales. Esto se encuadra dentro de un movimiento iniciado alrededor de los años 80 para la internacionalización creciente de la producción y el mercado automovilístico, motivado principalmente para la reducción de costes de fabricación, ya que cada vez son más ajustados los márgenes de beneficio de las compañías, debido a la creciente competencia que sufren a nivel internacional. De la mano de dichas fusiones empresariales, se continua con el proceso de innovación constante en los diferentes sistemas de fabricación, que afecta directamente a la industria auxiliar. La tendencia actual es la de concentrar alrededor de la planta de ensamblaje un número alto de fabricantes de componentes, para conseguir que la comunicación y coordinación entre ambos sea mejor y más sencilla. En la investigación y el diseño también existe una gran vinculación entre industrias principal y auxiliar, con el objetivo de adaptar a la perfección las piezas a las cadenas de producción y a las diversas necesidades que tiene la industria principal” según Ortiz-Villajos (2001).

3. LEAN

3.1. Filosofía LEAN.

A modo recordatorio, vamos a definir la filosofía LEAN como un sistema cuyo principal objetivo es el de reducir y eliminar los llamados desperdicios o “mudas”, pero, además, al tratarse de una filosofía integral, va de la mano de una serie de conceptos, que juntos conforman la base de la metodología.

Con sus orígenes en la industria automotriz japonesa y la confrontación de los sistemas de producción japonés y estadounidense, se desarrolló esta filosofía de gestión integral que incluía entre otras cosas, el diseño de sistemas para mejorar o hacer más eficientes los procesos de las organizaciones. Durante el proceso de desarrollo de la metodología se fueron sumando una serie de herramientas que sería clave para el éxito de ésta como: kanban, 5`s, flujo continuo, Jidoka, TPM, SMED, 5 porqués, que se convierten en indispensables para una adecuada implementación del sistema. (Dennis, P., 2007)

Estas herramientas y algunas más las estudiaremos más adelante.

3.2. Lean Construction.

Este nuevo modelo productivo está siendo aplicado, en la construcción, hace más de 20 años a nivel académico y está experimentando una mayor intensidad e implementación práctica desde el 2007 aproximadamente, con sede principal en los Estados Unidos, en donde existen diversos análisis y estudios que confirman altos niveles de rendimiento en cuanto a reducción de costes, cumplimiento de plazos, aumento de calidad, incremento de productividad y seguridad, mejora en la gestión del riesgo y por supuesto, un mayor grado de satisfacción por parte del cliente. En el modelo se le da una importancia superlativa al trabajo en equipos, buena comunicación a todos los niveles, mejora la visión del conjunto del proceso al completo, ayuda a la pronta identificación de fallos, seguida de su correspondiente resolución rápida y eficaz y nos guía hasta una mayor autogestión (cita Gutiérrez Constanza, 2017).

Se podría decir que es una nueva manera de producir, con el objetivo claro de eliminar y/o reducir el mayor número de pérdidas en recursos que utilizemos para construir un proyecto, generando el máximo valor posible para el cliente.

Esta visión sobre la eliminación de los desperdicios es muy importante, esto es debido a que los niveles de pérdidas en la construcción a nivel global son demasiado altos. Se han elaborado multitud de muestreos acerca de los diferentes tipos de trabajo dados en la producción, que se pueden clasificar en:

-Trabajo productivo (TP).

-Trabajo contributivo (TC).

-Trabajo no contributivo (TNC).

Estos muestreos nos dicen que en torno a la tercera parte de la producción en las obras de construcción está formada por desperdicios.

Esta metodología LEAN Construction tiene su base en la gestión integral de toda la vida del proyecto en construcción, con los objetivos marcados de entrega a tiempo y planificación del proyecto desde el diseño, durante la ejecución y hasta la entrega final al cliente.

3.3. Tipos de desperdicio “muda”

Como ya hemos comentado, dentro de esta metodología, está considerado como un término recurrente la identificación y supresión de todos los desperdicios, esto incluye todas las actividades o procesos por las que un cliente no está dispuesto a pagar o que simplemente no agreguen valor al producto final, pero que, aun así, suponen un consumo de recursos dentro de la compañía. (Imai, M., 2012)

Todos los desperdicios o mudas consideradas como tal se clasifican dentro del sistema de acuerdo a las categorías siguientes:

-**SOBREPRODUCCIÓN:** cuando se fabrica una cantidad mayor a la que ha sido demandada por parte del cliente, quizás por la creencia de tener la necesidad de un inventario de seguridad o disponer de piezas para reponer las que sean defectuosas, desperdicio de materias primas o retrasos en la producción. Esto genera un desperdicio considerable, esto es debido a que se necesita un espacio adicional para almacenaje de estos productos innecesarios en muchos casos, además, claro está, el incremento de costos de producción y de almacén.

-**INVENTARIO:** almacenamiento sistemático de los materiales que se utilizan en la fabricación del producto, sin embargo, cuando se produce sobreproducción es inevitable disponer de sobreinventario de materia prima, productos en proceso y ya terminados.

-DEFECTOS: en resumidas cuentas, se trata de todo producto final que no cumple con unos estándares de calidad establecidos, y que por tanto no son aptos para su venta. Éstos deberán ser incorporados de nuevo a la cadena de producción para volver a manufacturarlos o, en su defecto acabar con ellos como material de desecho.

-MOVIMIENTOS: todo tipo de movimiento innecesario de personal directamente involucrado en el proceso de fabricación o de material necesario, que no agregue valor final al producto acabado, pudiendo ser una consecuencia de un mal diseño u organización del área de trabajo.

-PROCESOS: este se produce cuando el mismo proceso no está elaborado de una forma en la que el flujo del trabajo del producto se constante o se incluyan en él actividades que no agreguen valor, siendo causa por lo general por un fallo en la sincronización del proceso.

-ESPERAS: cualquier tipo de parón o espera que se produzca durante la fabricación del producto, gráficamente se refleja cuando ya sea trabajadores o maquinarias, se encuentran parados debido a falta de material o fallas en las máquinas.

-TRANSPORTES: se refiere a los transportes innecesarios ya sea de materiales o de operarios, de un lugar a otro dentro de la fabricación del producto. (Imai, M., 2012)

Se debe mencionar que estos desperdicios son considerados estándar dentro de la metodología LEAN, pero hay constancia de una creencia adicional que incorpora la visión del desperdicio de talento, capacidades y habilidades del personal involucrado en el área de producción, se puede añadir por tanto a la definición tradicional un nuevo desperdicio considerado como talento no utilizado. (Cudney E., 2013)

En su libro *Lean Production Simplified*, Pascal Dennis (2007) considera una variante de este último desperdicio comentado, definido como 'desconexión del conocimiento' (Dennis, P., 2007) en el que quiere hacer referencia a la falta de comunicación y conexión entre los diferentes agentes que intervienen en el proceso de producción, pudiendo ocurrir en niveles horizontales y verticales, ocasionando una desalineación de la organización respecto al sistema LEAN y, por tanto, se rompa la estructura del sistema.

En la actualidad, existen discrepancias a la hora de considerar este último desperdicio, debido a que no interviene de manera directa en el proceso de producción y, además, tampoco agrega directamente valor al producto final, es por ello que, dependiendo del tipo de organización y el posible impacto de este concepto en el sistema, se puede llegar a integrar o no en el proceso de identificación y análisis de los desperdicios en una compañía.

A continuación, describiremos los cinco principios básicos dictaminados por Womack y Jones (1996) para conseguir mejorar la productividad y eliminar los desperdicios. (Ruiz Arias, 2016)

1. VALOR, se trata de crear valor para el cliente final, para ello, se debe conocer que desea el cliente por el cual estará a disposición de pagar para así, satisfacer sus necesidades. Es un término difícil de definir, pero podríamos catalogarlo como el aprecio que el cliente le da al producto para poder satisfacer su necesidad a un determinado costo y en el momento en el que lo necesite.
2. VALUE STREAM (flujo de valor), la conocida cadena de valor nos permite identificar las actividades que agregan valor y las que no lo hacen. Esta cadena está formada por todas las tareas que se necesitan para transformar las materias primas y la información en un producto final acabado, va desde la concepción de la idea, el diseño, la ejecución hasta la entrega del proyecto.
3. FLUJO, a continuación de haber identificado toda la cadena de valor, el siguiente paso es el de crear flujos continuos en todos los diferentes procesos.
4. SISTEMA PULL, es el encargado de reducir o eliminar todo el exceso de inventario y la sobreproducción existente.
5. PERFECCIÓN, este principio se basa en la realización de los proyectos mediante procesos que agreguen puro valor, sin ningún tipo de desperdicio. Esto se consigue aplicando el Kaizen (mejora continua), con la estandarización de procesos y con un correcto plan de acción.

Gracias a diversas organizaciones como el Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC), creado en el 1993 y constituido por investigadores y profesionales en ingeniería y arquitectura nivel global, la aplicación de la metodología LEAN se ha podido difundir por el mundo. Son muchas las empresas que han asegurado sus éxitos alcanzados mediante la implementación del sistema LEAN, como es el ejemplo de McGraw Hill Construction, que, según un estudio realizado a dicha empresa en el año 2013, se revela que han conseguido un 85% de beneficios. (Pons, J. F., 2014)

3.4. Herramientas LEAN.

A continuación, en el presente apartado analizaremos las distintas herramientas que se utilizan en Lean Construction.

- **Las 5''S''**: las 5''S'' hacen referencia al mantenimiento integral de todo el conjunto laboral que engloba una empresa, empezando por equipos, maquinaria y terminando con las zonas de trabajo de cada operario. Fue desarrollada por Toyota en los años 60 para acondicionar los sitios de trabajo de la mejor manera posible y así, conseguir unos rendimientos más grandes y unas tasas de eficiencia superiores por parte de los operarios. La secuencia de fases que requiere la aplicación de esta herramienta son descritas mediante cada una de las definiciones que en el idioma japonés comienzan por S. (Días, 2017)

En referencia a la construcción, es muy complicado que se cumplan los principios de orden y limpieza, es una tarea muy compleja debido al constante movimiento de materiales, herramientas y una más que frecuente generación de residuos, esto hace complicada la labor, y muchas veces se ocasionan accidentes debido a ello.

Las 5''S'' agrupan las siguientes tareas:

- Seiri = Organización
- Seiton = Orden
- Seiso = Limpieza
- Seiketsu = Control visual
- Shitsuke = Disciplina

Seiri (Organización), consiste en retirar todos aquellos elementos que no sean necesarios para las tareas o actividades de la zona de trabajo, ya sea la obra de construcción, la oficina o el almacén.

Seiton (Ordenar), una vez cumplimentada la primera etapa de organizar lo que sea necesario, no disponemos a ordenar todos esos elementos que vamos a usar, colocándolos según su uso y distribución adecuada del área de trabajo.

Seiso (Limpiar), el área de trabajo debe permanecer siempre limpia, así conseguimos tener tanto materiales, herramientas y equipos perfectamente situados y en buen estado, o marcados para ser sustituidos a mayor velocidad.

Seiketsu (Estandarizar), se trata de definir y establecer una serie de normas y procedimientos a cumplir en toda la empresa, que nos permitan prevenir el desorden y los deshechos que se producen diariamente.

Shitsuke (Disciplina), se tendrá que convertir en una costumbre arraigada en la cultura de la empresa, el efectuar todos los procedimientos correctos de los cuatro principios mencionados anteriormente.

Una vez aplicada adecuadamente la herramienta 5"5" se podrán conseguir una serie de ventajas que mejorarán la gestión de un proyecto cualquiera:

- Reducción de tiempos de ejecución que se traduce en reducción de costes.
 - Reducción y/o eliminación de fallos y defectos, aumentando a calidad del producto.
 - El inventario se reduce notablemente.
 - Creación de zonas libres, para un desplazamiento libre, y mejora de la comunicación entre operarios.
 - Ambiente agradable y buena imagen de la empresa.
 - Con el tiempo, los miembros de la empresa aprenden a trabajar bajo un orden y mantenimiento en su zona de trabajo.
 - Se consigue una mayor seguridad laboral, reduciendo los accidentes.
 - Se aumenta la productividad en todos los aspectos.
-
- **Lean Project Delivery System (LPDS):** herramienta de integración con la que conseguimos observar todas las fases del proyecto desde un punto de vista Lean. Permite el trabajo colaborativo durante todo el proceso de producción del proyecto, se realiza el trabajo por fases empezando por la definición del proyecto, el diseño, el suministro, la ejecución, el uso y el posterior mantenimiento del mismo, será necesario que se cumplan en cada fase las distintas actividades que han sido programadas.

Además, es importante que el cliente forme parte activa en la gestión y ejecución junto al grupo de diseño y el constructor, esta involucración generará un mayor interés en el proyecto por parte de los componentes del equipo.

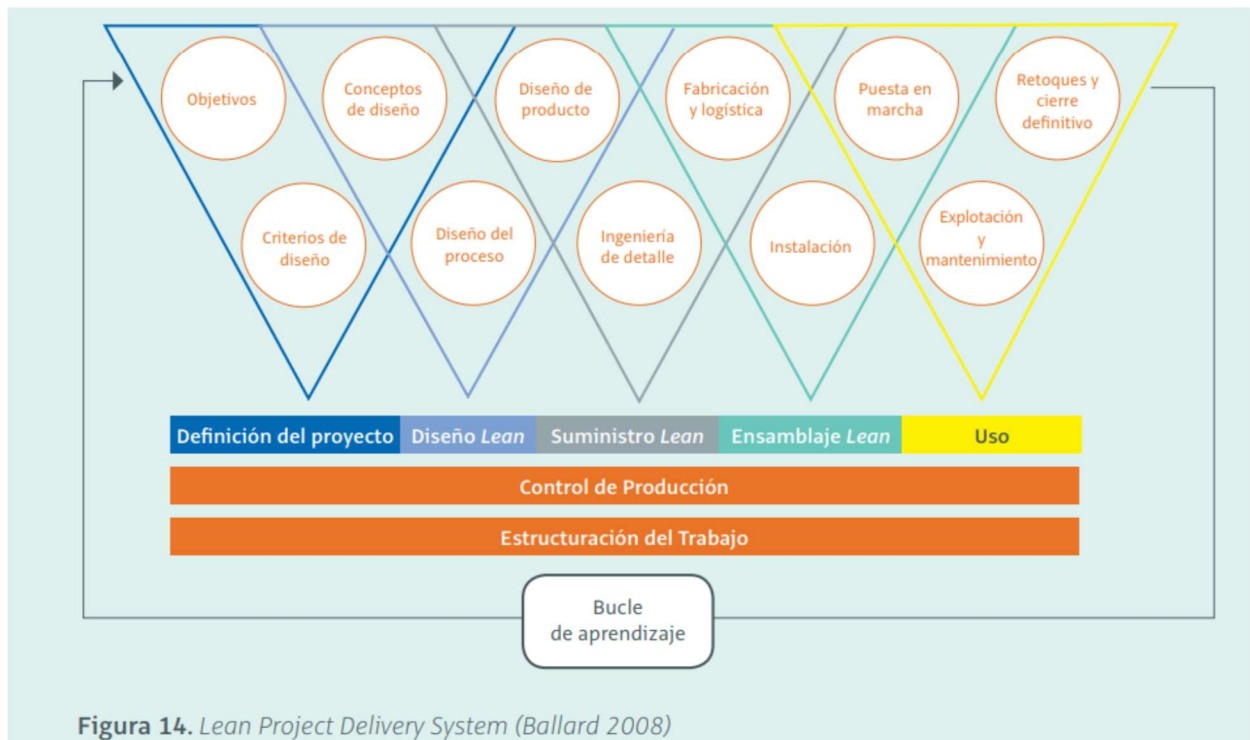


Figura 14. Lean Project Delivery System (Ballard 2008)

Imagen 1. Fases de desarrollo con la herramienta LPDS, Introducción a Lean Construction, Juan F. Pons

En la imagen 1 aparecen las cinco fases que componen el desarrollo al completo de un proyecto de construcción, vamos a detallar cada una de ellas:

- I. **Definición del proyecto**, en esta parte deben trabajar juntos arquitectos, ingenieros, constructores y el cliente, aquí se deben definir con claridad todas las condiciones y requerimientos que contemplará nuestro proyecto.

Es el cliente el que establece el coste y será el equipo el que realiza sus cálculos teóricos que deben ser menores que el precio que acepta el cliente.

- II. **Diseño Lean**, se deben generar numerosas alternativas, teniendo en cuenta los requisitos de diseño y el coste objetivo, para que al final una de ellas sea la alternativa de diseño elegida, cumplimentando con los requerimientos del propietario y tratando de generar el mayor valor posible.

Mientras se está desarrollando el proyecto, es muy significativa la generación rápida y sincronizada de alternativas para poder tomar decisiones siempre en busca del beneficio para el proyecto.

Es tanta la importancia de esta generación de alternativas, que puede ser posible que el proyecto vuelva a la fase número 1, si es que se ha encontrado una oportunidad de mejora considerable y que esté acorde con los condicionantes y requerimientos establecidos.

- III. **Suministro Lean**, este concepto forma parte de la filosofía de suministrar únicamente la cantidad necesaria en el momento requerido.

Para poder iniciar esta etapa es primordial tener el requisito fundamental de la definición clara del diseño del producto y del proceso, esto es para que todo el sistema sea conocedor de lo que tiene que producir.

- IV. **Montaje o ejecución Lean**, lo principal en este paso es disponer de la información del proyecto lo más definida posible, los materiales necesarios, la mano de obra a emplear, las herramientas y el resto de componentes que puedan servir de utilidad.

Utilizaremos el sistema del último planificador para tener un control sobre la producción y asegurar un flujo continuo de información y materiales durante toda la ejecución del proyecto. Este sistema nos será de mucha utilidad para la planificación, el control y el cumplimiento de las actividades del proyecto.

Otro de los aspectos a considerar es la necesidad que tienen los diferentes responsables de la ejecución del proyecto, como son los jefes de obra o encargados, de estar capacitados y familiarizados con la nueva filosofía que estamos aplicando en la producción, deben manejarse en la aplicación de herramientas del modelo Lean, lo que implica realizar un trabajo colaborativo, y también enseñar a los demás miembros del equipo.

- V. **Uso y mantenimiento**, en esta fase final se ejecutan los trabajos de retoques definitivos y puesta a punto, para poder entregar el proyecto al cliente para su uso.

- **Target Costing (Coste objetivo).**

La principal característica de esta herramienta es que permite realizar una gestión de las empresas y los negocios desde el valor del cliente, Target Costing trabaja muy de la mano con el cliente, siempre en busca de mejorar los flujos de valor, reduciendo desperdicios y aumentando la productividad.

Lo ideal para obtener el mayor rendimiento de esta herramienta es comenzar a utilizarla en el inicio del diseño del proyecto, aun así, es posible también su aplicación en productos o proyectos ya existentes con sus respectivos flujos de valor actuales.

Esta herramienta se inicia debido a la necesidad de identificar cuáles son los aspectos o apartados que crean valor para los clientes.

A continuación, se establece el coste permitido que muestre ese valor, que será el coste de venta quitándole el beneficio, que será establecido como un plan de negocio de la compañía.

Al final, el producto que será vendido debe ajustarse a los requerimientos y necesidades de valor del cliente y siempre dentro de unos márgenes de beneficio que establezca la empresa.

Ahora se debe compara el coste permitido en relación al coste de la cadena de valor y se calcula la diferencia. Si descubrimos que el coste de fabricación es superior al coste permitido, debemos mejorar para que los costes reales sean iguales a los permitidos y así, alcanzar un precio de venta de acuerdo al valor que generamos hacia el cliente.

Esta herramienta es como un plan de acción que se encuentra constantemente en movimiento, incorporando cambios a la hora de comercializar, vender, diseñando o en la logística del proyecto o producto.

Como observamos en la siguiente imagen 4, el funcionamiento de Target Costing comienza entendiendo las necesidades reales que tiene el cliente, para descubrir cuál sería el valor que quiere el cliente y así, poder fijar un precio que refleje ese valor.

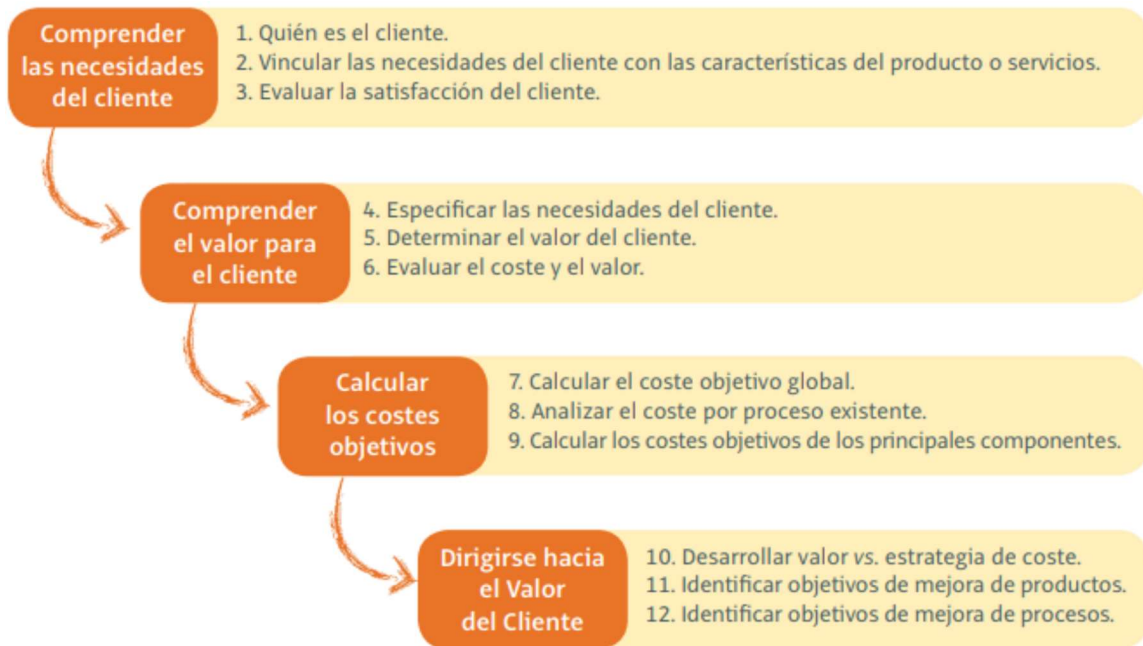


Figura 17. Los 12 pasos del Target Costing. Adaptado de Maskell (2009)

Imagen 2. Los 12 pasos de Target Costing, Adaptado de Maskell (2009), Introducción a Lean Construction, (Juan Felipe Pons)

• Integrated Project Delivery (IPD)

Podemos hablar de IPD como la evolución del LPDS, se trata de un proceso colaborativo que incorpora e integra a personas, estructuras, sistemas y prácticas de empresa, aquí se aprovechan las capacidades y el talento de los trabajadores para alcanzar un resultado de proyecto superior y siempre, aumentando el valor para el cliente.

Se debe trabajar de esta forma desde el comienzo en el diseño hasta la entrega final del proyecto en la que forman parte el cliente, el proyectista, la constructora, consultores independientes y los subcontratistas, es muy importante que exista confianza para que esta herramienta funcione de forma correcta, en esta confianza se basa la colaboración que permitirá a los integrantes concentrarse en el objetivo final, entregar el proyecto a tiempo y con una calidad adecuada.

A continuación, enumeraremos los principios en los que se basa la herramienta IPD:

1. Confianza y respeto mutuo, esto ocurre cuando los participantes forman parte del trabajo colaborativo y se comprometen a alcanzar el objetivo principal, la entrega, apoyándose unos a otros.
2. Recompensa y beneficio mutuo, todos los integrantes del IPD saldrán beneficiados por colaborar agregando valor añadido al proyecto, mediante incentivos acordes a la consecución de objetivos se recompensa a los participantes del proyecto.

3. Toma de decisiones e innovación colaborativa, el mencionado trabajo colaborativo facilita el intercambio de información y la participación con ideas innovadoras realizadas por los que componen el equipo, estos conjuntos de ideas serán tomadas en función al valor que aporten al proyecto, y serán discutidas y reflexionadas por los participantes.
4. Involucración temprana de los integrantes más importantes, esto se refiere a que los responsables de todas las fases del proyecto tienen que incorporarse lo antes posible al mismo, para así, conseguir una visión general del proyecto lo más amplia posible y poder anticiparnos a los imprevistos.
5. Definir los objetivos lo antes posible, en el mismo momento en el que se empieza con el proyecto debe estar lo más definido posible y todo el mundo debe respetar estos objetivos previamente definidos.
6. Planificación intensificada, la herramienta IPD intenta conseguir un esfuerzo mayor en las planificaciones para así, poder alcanzar procesos más eficientes mientras se desarrolla la ejecución del proyecto, también consigue ir reduciendo los desperdicios.
7. Tecnología acorde con el proyecto global, normalmente se utilizan las últimas tecnologías para proyectos de integración desde el inicio, para conseguir aumentar la funcionalidad y la interoperabilidad. Un intercambio libre de la información nos ayuda a mejorar la comunicación y la relación entre participantes, siendo muy importante para el IPD.
8. Comunicación abierta, esto nos ayuda a definir con claridad las responsabilidades de los integrantes, se debe tener una comunicación directa, abierta y honesta, esta forma de trabajar permite buscar una solución a los posibles problemas de forma inmediata, en lugar de empezar a perder tiempo en buscar culpables.
9. Liderazgo y organización, se debe tener una organización adecuada entre todos los que integran el proyecto, ya que se encuentran juntos con el fin de cumplir objetivos de proyecto. Además, debe existir una persona de referencia como líder de la organización que sea la más capacitada para aspectos de ejecución de obras.

A continuación, mostramos la imagen 3 en la que se pueden observar las fases de un proyecto integrado, en el cual se toman las decisiones en la fase de diseño para que sean efectivas y con un costo menor.

Podemos observar la curva en amarillo donde se muestra la toma de decisiones en la fase de diseño, influyendo de manera positiva en resultados y costes en las siguientes fases hasta finalizar el proyecto.

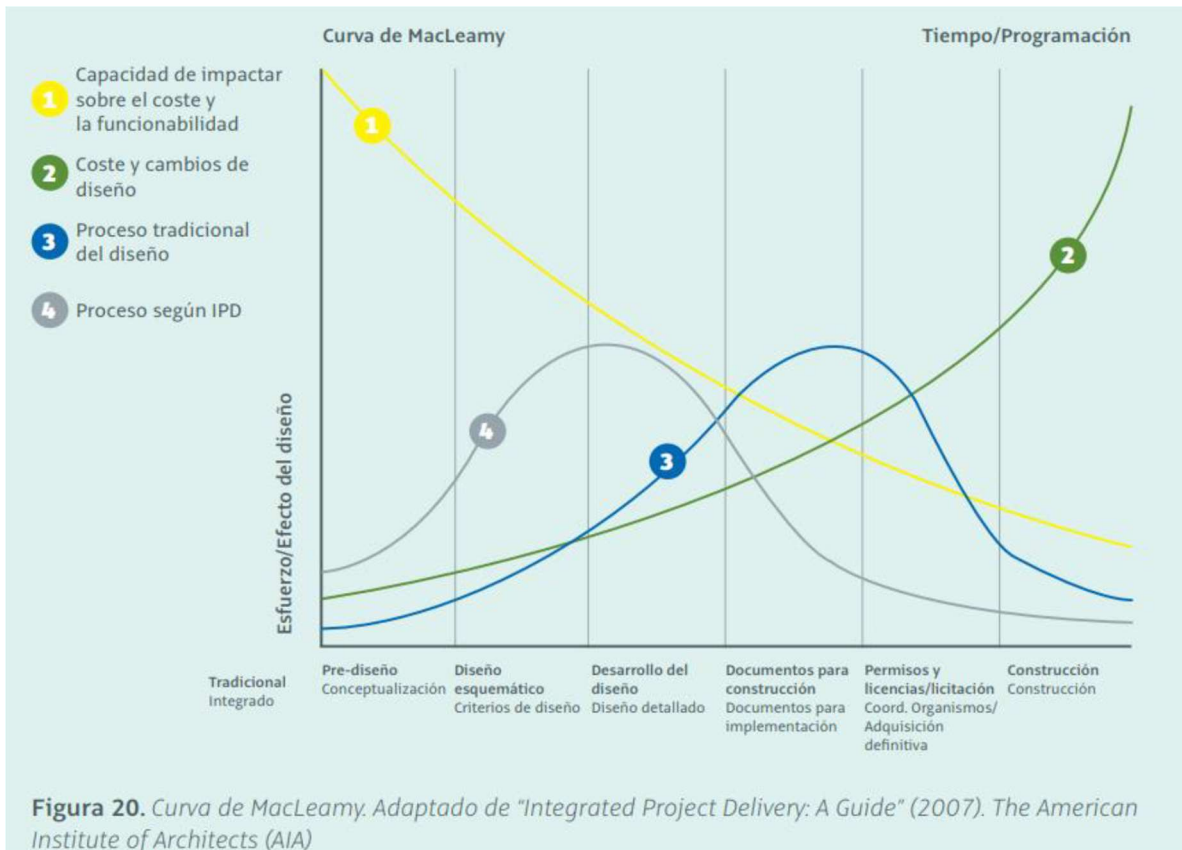


Imagen 3. Fases de un proyecto, Introducción a Lean Construction, (J. Felipe Pons)

- **Last Planner System (LPS)**

Esta herramienta la podemos definir como un sistema de control y planificación de la producción enfocada a proyectos de construcción, fue desarrollada en su origen por Glenn Ballard y Greg Howell a mitad de los años 90, y teorizada con posterioridad en la Tesis Doctoral de Glenn Ballard en el año 2000. Con el transcurrir de los años, esta herramienta se ha convertido en una de las más importantes a la hora de implementar la filosofía LEAN en los proyectos de construcción, además de ser un estándar de Planificación Colaborativa y Planificación Pull. (Pons & Rubio, 2019).

Se basa en el objetivo de aumentar la producción a través de un flujo de trabajo continuo, está desarrollada para hacer más eficientes los procesos de construcción, a la vez que va reduciendo o acabando con los desperdicios generados.

Como hemos comentado, se trata de un sistema colaborativo y debe existir un fuerte compromiso entre los integrantes, cumplimentándose con una buena comunicación entre ellos, para alcanzar una coordinación efectiva, una buena planificación y la entrega del proyecto dentro de los tiempos establecidos.

A continuación, mencionaremos los diferentes componentes de Last Planner System:

- Anticipación en la planificación, no se deberá iniciar ningún tipo de tarea sin que antes se encuentren todos los requerimientos necesarios preparados.
- Compromiso con la planificación, todo el mundo debe aportar y hacer por que se cumpla la planificación, las actividades cuentan con un seguimiento y control con el que se va analizando los porcentajes de tareas cumplidas.
- Aprendizaje, muy importante para el desarrollo del proyecto, a raíz que se va avanzando el proyecto se analizan las actividades que no han sido cumplidas para estudiarlas y encontrar el origen de la causa, a continuación, se plantean una serie de soluciones y acciones para tratar de evitar que se repitan de nuevo.
- En todo proyecto se debe contar con actividades en reserva alternativas para ser capaces de ofrecer soluciones a otras tareas propuestas que no se puedan cumplir.
- El lookahead (cronograma de ejecución a mediano plazo) nos permite identificar y definir nuestras necesidades para concentrar los esfuerzos y estar preparados.

Una vez descritos los principales componentes de Last Planner System, detallaremos las diferentes fases de implantación para incorporar esta herramienta en nuestro proyecto.

Principalmente, se basa en la introducción de planificaciones intermedias y semanales a la general que existe en la obra, se hace un seguimiento de la misma y se va midiendo la productividad a través de los porcentajes de tareas acabadas, además de eliminar la causa raíz por la que se produce el incumplimiento de la actividad.

En la imagen 6, aparecen las distintas fases por las que tiene que pasar un proyecto de construcción, estas fases serán detalladas a continuación.

- Plan maestro, aquí se muestra la viabilidad de los plazos y los hitos de obra, este tipo de tareas programadas permanecen en el programa maestro, a excepción de que se ordene que alguna tarea no debe realizarse.

Una vez que tengamos este plan acabado por completo, se comenzará a elaborar la planificación por fases de cada hito del proyecto.

- Planificación anticipada, las tareas que se encuentren programadas tienen que estar en la ventana de búsqueda anticipada hasta el momento en el que el planificador confirme que la actividad puede ejecutarse según el programa.

Las tareas que se encuentran en la ventana de búsqueda, pertenecen a una planificación intermedia con un alcance aproximado de 6 semanas, es decir, una planificación que alcanza cada hito.

- Planificación semanal, relación lo que se puede hacer en función de lo que se debe hacer y lo que se hará en la próxima semana.

En la planificación intermedia se prepara todo lo que se necesita y se eliminan las restricciones con el fin de comenzar la actividad en el momento en el que nos lo diga la planificación por fases.

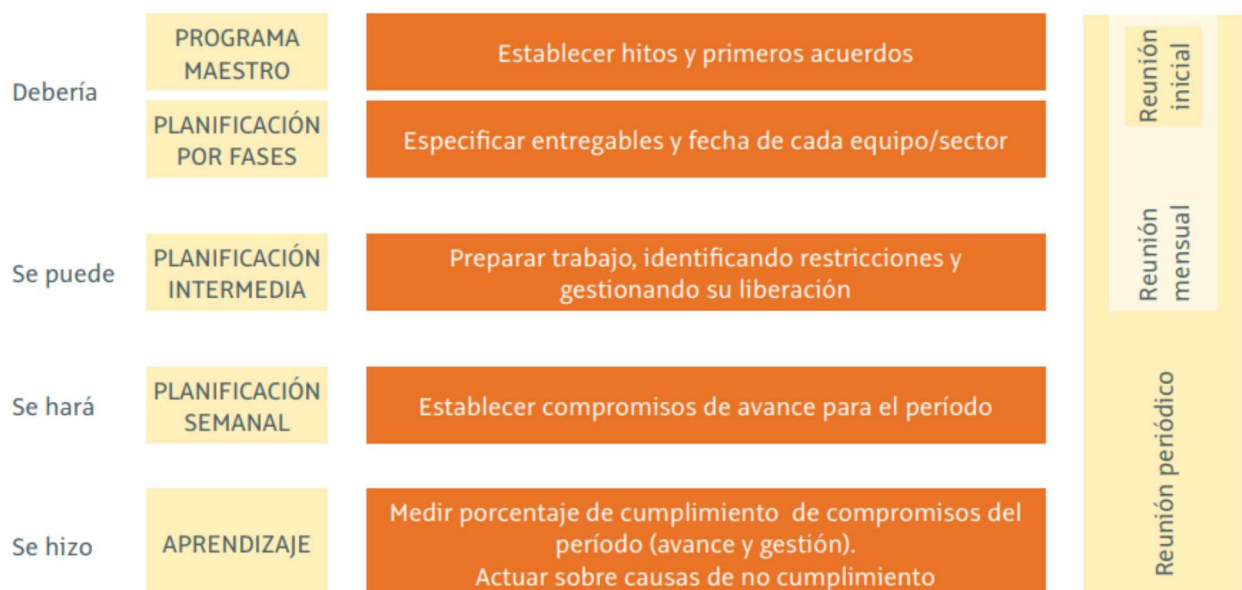


Figura 28. Cuadro resumen de Last Planner System

Imagen 4. Fases de Lean Project System, Introducción a Lean Construcción, (J. Felipe Pons)

- **Value Stream Mapping (VSM)**

Esta herramienta se traduce como “cadena de valor”, y se trata del conjunto de acciones, agreguen valor o no, que son necesarias para movilizar el producto a través de los distintos flujos de trabajo esenciales en una empresa que son: el flujo de producción; este flujo comienza en la materia prima y acaba en las manos del consumidor, y el flujo de diseño; iniciado en el concepto de la idea hasta su lanzamiento para producción. (Rother & Shook, s.f.)

La herramienta VSM también forma una parte importante dentro de la filosofía LEAN, aquí es donde se estudia el proceso del producto al completo, analizando fase a fase todas las tareas que son necesarias para su finalización. Nos permite determinar a qué tipo de procesos pertenece cada tarea para posteriormente, ser capaces de interferir y mejorar el flujo.

Se trata de analizar al completo el flujo de producción y plasmar el estado del proceso que se sigue actualmente, para después introducir posibles mejoras en éste y volver a plasmarlo en un estado futuro, a partir de ahí, se comienza con la implementación.

Esta elaboración del mapa del flujo de valor se realiza a lápiz y papel, permitiendo ver y comprender con mayor facilidad y de forma más gráfica e intuitiva el flujo que sigue tanto el material como la información. Se tiene que seguir una ruta de un proceso de productos desde el cliente al proveedor, elaborar una representación gráfica de cada procedimiento, a continuación, se elaboran una serie de preguntas clave para posteriormente realizar un mapa del estado futuro con el objetivo de mejorar y optimizar todo lo posible el flujo de valor al completo.

Describimos a continuación los principales motivos de importancia de la cadena de valor:

1. Permite observar el flujo de todos los procesos, muestra una visión más global de todo el proceso y no en un único nivel.
2. Facilita la búsqueda de los motivos por los que se generan desperdicios e una cadena de valor.
3. Ayuda en la comunicación a través de un idioma común para hablar sobre los procesos.
4. Dar importancia a las decisiones que se toman respecto a los flujos, permitiendo la discusión y corrección de éstas.
5. Unión entre conceptos y herramientas LEAN para conseguir una producción adecuada.
6. Para el plan de ejecución del proyecto es fundamental, las representaciones del estado actual y futuro se transforman en planos para la implementación de la filosofía.

7. Nos permite observar la relación y conexión entre los flujos de información y de materiales.
8. Se trata de una herramienta cualitativa, en la que se permite describir con detalle el funcionamiento de un proceso para crear un flujo.

4. IMPLEMENTACIÓN FILOSOFÍA LEAN.

En la actualidad, la competencia a nivel global va creciendo cada vez más y los estándares de exigencia en calidad siguen el mismo camino, debido a la existencia de un gran número de opciones en el mercado. Todo esto desemboca en la utilización e implementación de una serie de estrategias que ayudan a las compañías a optimizar y hacer más eficientes sus procesos de producción.

Como hemos comentado, existen numerosos métodos y estrategias para gestionar los procesos de las organizaciones, dentro de todos estos se encuentra nuestra conocida metodología LEAN o producción ajustada, que mediante la identificación de procesos que no agregan valor al producto y desperdicios, emplean unas determinadas herramientas y técnicas para conseguir la eliminación de estos elementos no valiosos, con la consecuencia lógica de mejorar la eficiencia de los procesos que se lleven a cabo.

Hoy en día, el porcentaje de pequeñas y mediana empresas (pymes) respecto del total de empresas establecidas, representa el 99,8%, además, generan el 72% del empleo y en torno al 52% del PIB. (Morales, E. G., 2011) Mediante las herramientas y técnicas pertenecientes a la metodología LEAN, las empresas son capaces de beneficiarse con ejemplos como: la mejora en la calidad final del producto, entregas al cliente a tiempo, reducción de stock, descenso del tiempo del proceso, pequeños lotes de producción. Hay que tener en cuenta que las metodologías de implementación del sistema LEAN han sido desarrolladas en un contexto de gestión japonés y estadounidense, es por ello que sea tan importante el hecho de establecer una metodología adecuada que tenga la capacidad de adaptarse al contexto de las pymes, con el objetivo final de aumentar el beneficio todo lo posible de esta filosofía, así como de las técnicas y estrategias que provienen de ella.

Es por ello, que se realizará un análisis comparativo de las diferentes perspectivas de implementación desarrolladas en dos pequeñas empresas manufactureras de distinto sector dentro del panorama español, a través del estudio de las propuestas metodológicas aplicadas por cada empresa, el análisis del desarrollo en ambos casos y los resultados obtenidos.

En primer lugar, se debe ser conocedor de las diferentes clases de desperdicios, explicados en el apartado anterior, que se pueden encontrar. El siguiente paso es la elección de las metodologías para poder implementar un sistema LEAN con el objetivo de detectar y eliminar dichos desperdicios.

Para situarnos, y antes de meternos al estudio de las metodologías empleadas por las empresas que hemos seleccionado, vamos a distinguir dos modelos de implementación, dependiendo de cómo se aborde la problemática que queremos solucionar, tendremos los métodos en paralelo y secuencial. (M. F. J Espejo Alarcón M., 2007) En el paralelo se deben identificar y eliminar los desperdicios mediante la utilización de herramientas LEAN, mientras que el segundo enfoque debe ser un proceso secuencial, fijando objetivos a diferente plazo para que al final, se pueda observar el grado de implementación y sus resultados.

A continuación, se muestra una imagen llamada "casa LEAN" que representa la esencia de la metodología de manera gráfica en la **imagen 1**. La base está compuesta por la estabilidad y la estandarización, los pilares los forman el Jidoka y Justo a Tiempo (JIT), que determinan la entrega del producto conforme a la demanda del cliente y la automatización con carácter humano; teniendo siempre en cuenta que la meta primordial de la implementación de esta filosofía es el cumplimiento de compromisos y objetivos previamente establecidos y acordados con el cliente. Finalmente, son considerados los equipos de trabajo con un grado alto de motivación y bien involucrados con el cumplimiento y el seguimiento del sistema. (Dennis, P., 2007)



Imagen 5. Casa Lean. Denis Pascal, *Lean Production Simplified*, 2007.

Por el otro lado, tenemos el enfoque secuencial, el que ejemplificaremos con una imagen de unos de los pioneros en establecer una metodología de implementación (Womack y Jones, 2003), **imagen 6**.

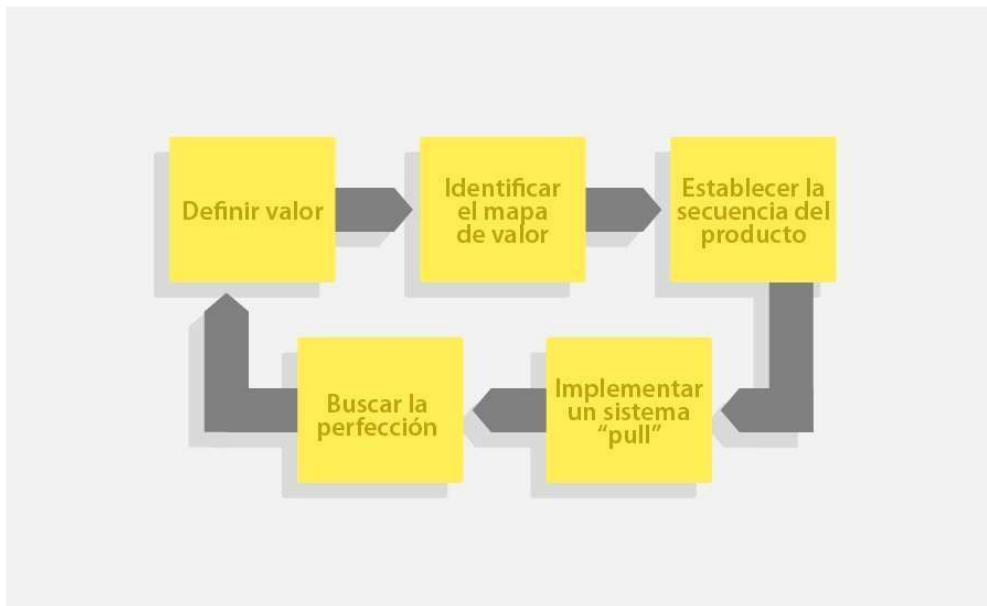


Imagen 6. Modelo Lean Thinking. Adaptación a partir de Womack J.P., Lean Thinking, 2003.

Con este enfoque se permiten identificar las actividades que agreguen valor y las que no hacen, para posteriormente elaborar un mapeo de la cadena de valor, determinar el flujo de producción, adaptarlo a la demanda del cliente y por supuesto, mejorar continuamente (10, 11).

Otro ejemplo más de implementación de la metodología está basado en la relación de Lean con six sigma y la metodología DMAIC, representado en la **imagen 7**. Se parte desde un enfoque estadístico para controlar y reducir la variabilidad de los procesos.

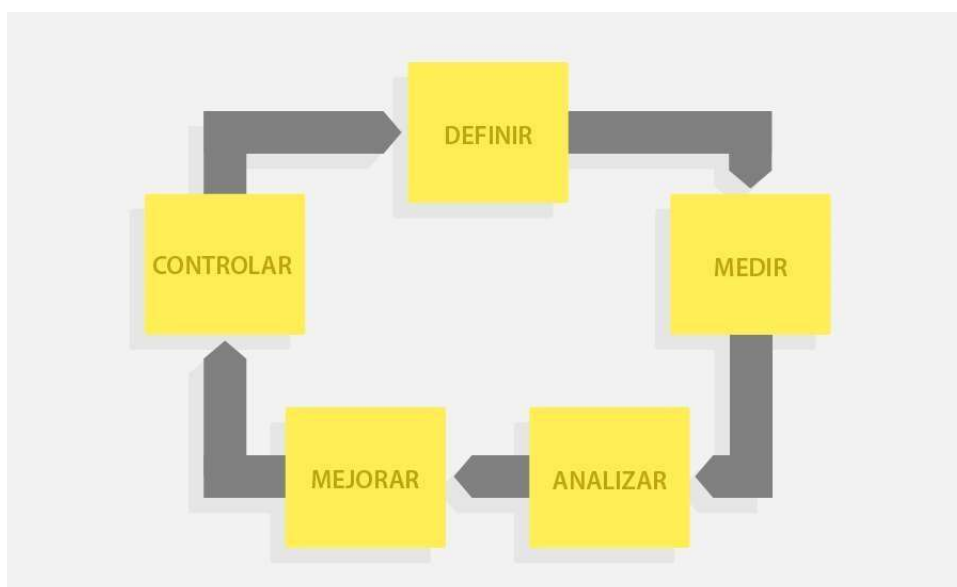


Imagen 7. Modelo DMAIC. Adaptación a partir de Socconini, L. Lean manufacturing paso a paso, 2008.

Ya hemos comentado la existencia de diversas metodologías de implementación, las cuales pueden servir de base para cualquier intento de aplicación, mejorando, añadiendo o adaptando las diferentes partes que la conforman en relación a lo que necesite o se adapte mejor a la organización. A partir de estas metodologías plantaremos nuestra base de análisis de los métodos utilizados en las dos empresas protagonistas de nuestro trabajo.

4.1. Herramientas de gestión.

Tras el estudio de la metodología, podemos observar que los procesos de implementación poseen herramientas de aplicación comunes, que solamente varían en el momento de su aplicación, y que marcan la diferencia entre sistemas de mejora continua y sistema Lean manufacturing (Luna, M. B., 2010), estas herramientas, algunas de las cuales ya hemos detallado en apartados anteriores, son:

- Estabilidad.
- Estandarización de procesos.
- Sistemas ``Pull``.
- Identificación de valor.

También identificamos a continuación una serie de herramientas de aplicación que pueden pertenecer a un sistema de manufactura, pero, además, podrán ser aplicadas de acuerdo a necesidades o requerimientos de una empresa de mejora continua. Destacamos de estas herramientas las siguientes:

- JIT (Just in Time).
- Kanban.
- Jidoka.
- Poka yoke.
- TPM.
- 5`S.
- SMED.
- Kaizen.
- Hoshing planning.
- 5 porqués.
- AMEF.
- 8D.

- Células de manufactura.
- Andón.

También existen, por otro lado, herramientas pertenecientes a una corriente complementaria que añade enfoques adicionales a la metodología, como son:

- Six sigma.
- Control estadístico de procesos.
- DMAIC.
- Balanced score card.
- Administración total de la calidad.
- Lean logistics.
- Lean accounting.

Una vez contempladas las posibles metodologías de implementación y las herramientas que se pueden utilizar en ellas, nos dispondremos a analizar detalladamente como se ha producido el proceso de implementación en cada una de las empresas, y que metodología ha sido aplicada, para posteriormente compararlas y sacar conclusiones.

4.2. Descripción de las empresas.

En el presente apartado, haremos una breve descripción de ambas empresas para poder situarnos en el contexto de cada una de ellas. Será breve puesto que se trata de empresas privadas que no quieren dar a conocer toda la información con la que trabajan, describiremos los aspectos claves de cada una de ellas que nos permitan compararlas y sacar conclusiones acerca de los objetivos que estamos buscando. Nos reservaremos los nombres de ambas compañías para respetar su privacidad.

4.2.1. Empresa Constructora y Despacho de arquitectura.

En torno al año 2005, un grupo de tres profesionales amigos, con distintas experiencias dentro del sector de la construcción (dos arquitectos y un ingeniero civil) decidieron emprender con un nuevo proyecto ambicioso, movidos por una desesperación común, de ver que en la construcción las cosas no se hacían de manera adecuada, o por lo menos, no como ellos creían que se debían hacer.

Fue por este motivo por el cual fundaron un despacho de arquitectura para la elaboración de proyectos adaptados al cliente, llave en mano, pero además ejercían como constructora, introduciendo un jefe de obra de la empresa, al cargo de la ejecución material del proyecto y subcontratando la gran mayoría de partidas. Poco a poco fueron introduciendo obreros contratados en nómina por la empresa, pero la base seguía siendo la de subcontratar.

Fue así como en los primeros años, fueron introduciéndose dentro del mercado de la construcción de viviendas en Valencia, donde tienen su sede central y despacho de arquitectura. Se caracterizaban por adentrarse en un nicho de mercado muy particular, el de clientes con un nivel económico medio-alto, a los que diseñaban el proyecto a su medida y con todos los requerimientos que estos les solicitaban, siempre asesorados por los arquitectos y profesionales de la empresa, para tratar de alcanzar un proyecto lo más adecuado al cliente posible, dentro de unos márgenes establecidos por la empresa.

A los pocos años de su fundación, la compañía decidió dar otro salto distintivo dentro del sector, con el que vieron que podrían labrarse un buen futuro, introduciendo dentro de su abanico de posibilidades, la construcción industrializada. Para que sea más fácil de entender, introdujeron en la empresa la construcción prefabricada, conscientes de que sería una gran oportunidad para seguir evolucionando dentro del mercado y confiando en que éste sería el modelo de construcción del futuro.

Poco a poco, fueron alcanzando un volumen de producción notable, componiéndose la empresa por un total aproximado de unos 30 trabajadores propios, un gran despacho de arquitectura donde se diseñaban todos los proyectos al completo, departamento de compras en el que se cerraban los contratos con proveedores y subcontratistas, y se gestionaban todos los pedidos necesarios de materiales para el proyecto, un departamento de marketing para el trato con los clientes, un departamento de producción en el que se encontraban los jefes de obra encargados de la ejecución

material de los distintos proyectos y unos cuantos obreros en nómina para repartir en las distintas obras, para realizar los pequeños trabajos de albañilería y demás, que no merecía la pena subcontratar.

Como visión de la empresa, se podría decir que buscaban convertirse en la primera opción para sus clientes excediendo sus expectativas. Como misión, quería contribuir al desarrollo del sector de la construcción introduciendo nuevas técnicas de ejecución y mejorando la satisfacción de los clientes, al ofrecer soluciones integrales e innovadoras con proyectos y servicios al gusto del cliente, con unos plazos muy reducidos gracias a la prefabricación de las viviendas, siempre trabajando de la mano con ellos.

Sus objetivos generales como empresa eran introducirse en el mercado como una marca y un estilo distintivos, de ahí los diseños al gusto del cliente y con mucha personalidad, incrementar la satisfacción de los clientes incorporándolos desde el inicio del proyecto para hacerlos partícipes de la construcción de su vivienda, introducir un sistema de construcción innovador para reducir tiempos y costes, la prefabricación, afianzar las competencias del personal para garantizar una calidad del servicio, introducir un servicio de mantenimiento de las viviendas una vez entregadas al cliente y gestionar de manera adecuada todos los requerimientos y solicitudes de sus clientes.

La actividad económica principal era el diseño y construcción de viviendas unifamiliares prefabricadas, aunque también utilizaban el sistema tradicional de construcción, pero cada vez menos. En sus inicios, comenzaron con proyectos todos dentro de la comunidad valenciana, pero con el paso del tiempo, ampliaron sus horizontes a otros lugares, como Barcelona, Madrid o Mallorca. Actualmente, el mayor número de proyectos en ejecución se encuentra en la Mallorca, donde han abierto una pequeña sede, para reuniones con clientes y entre miembros de la empresa, además de contar con trabajadores residentes.

Una vez que hemos descrito brevemente los datos más relevantes de la empresa que nos permitan situarnos en el contexto, a continuación, detallaremos el proceso completo de los proyectos dentro de la compañía, desde que se capta al cliente y se inicia con el diseño, pasando por la ejecución hasta la entrega final. Es aquí donde identificaremos algunos de los problemas por los que la empresa decidió comenzar a implementar la filosofía LEAN en su forma de trabajar.

En primer lugar, desde el departamento de marketing se realiza una labor de publicidad y búsqueda de clientes dentro de un nicho de mercado específico, que ya hemos comentado, clientes con un nivel económico medio-alto que busquen una vivienda unifamiliar con un diseño moderno y muy particular, acorde con sus gustos. Una vez que se capta al cliente, entra el departamento de arquitectura, que empieza a modelar la idea del proyecto de la mano del cliente, asesorando y mostrándole el abanico de posibilidades que existen para tratar de llegar a la que más contente al cliente. Este es uno de los aspectos distintivos de la empresa, se involucran mucho con el cliente hasta el punto de crear una relación que, en muchas ocasiones, va más allá de un mero contrato comercial de compra-venta. Poco a poco se va dando forma al proyecto, en todos sus sentidos, desde el diseño hasta todos los componentes que forman la vivienda, acabados, fontanería, electricidad, urbanismos, exteriores, jardinería, etc., todo es diseñado por la empresa con la ayuda de algunas empresas subcontratadas para cálculo estructural, dimensionamiento de componentes, cimentaciones, deslindes, etc.

Durante este proceso, y es aquí donde se dieron cuenta del primer problema importante, muchos detalles se quedan sin definir ya sea por falta de tiempo o por falta de estudio del proyecto, y cuando llega el momento de la ejecución empiezan a florecer aspectos que no se han tenido en cuenta. Esto nos lleva a numerosos retrasos en tiempos, elevación de costes, repetición y corrección de trabajos ya finalizados, terminaciones con poca calidad, mala imagen ante los clientes, desgaste de trabajadores, etc. En resumen, la falta de definición del proyecto se traduce en multitud de problemas cuando pasa a la fase de ejecución.

Una vez que el diseño del proyecto llega a manos del jefe de obra, comienza la fase de ejecución material, y es en ella donde comienzan las incongruencias. Es aquí donde me doy cuenta que, a pesar de trabajar el diseño del proyecto de la mano del cliente, introducir nuevas técnicas innovadoras de construcción y contar con grandes profesionales del sector como participantes del proyecto, la gestión del proyecto brillaba por su ausencia.

Se encontraron numerosas causas de que existían aspectos en los que la empresa estaba fallando y, por lo tanto, se traducían en pérdidas de todo tipo, ya sea económicas, de prestigio o de plazos.

- Tiempo improductivo, el personal en muchas ocasiones se quedaba sin trabajos productivos, debido a la falta de definición, por lo que tenían que esperar que se decidiera como solucionar algunos problemas o esperar que otros trabajos acabaran para poder continuar.
- Actividades sin aporte, debido a los mismos problemas anteriores, en muchas ocasiones se realizaban actividades de acondicionamiento que no sumaban al proceso, espera de máquinas excavadoras, o de trabajos de otros gremios.
- Desorden, no se establecía un estándar de higiene en el lugar de trabajo, solo se realizaba limpieza cada dos o tres días, al tener ya limitaciones de espacio, esta falta de orden e higiene limitaba más los procesos de acondicionamiento.
- Materiales inadecuados o fuera de plazo, se realizaban los trabajos con los materiales que llegaban pedidos desde el departamento de compras en otra localización, en muchas ocasiones, llegaban fuera de tiempo o no se adaptaban a la situación de la obra, pinturas con excesivos tiempos de secado, acabados que el cliente no estaba informado y por lo tanto en desacuerdo, etc.
- Falta de supervisión, por exceso de trabajo o falta de personal no se realizaba un adecuado seguimiento de la obra, dando lugar de nuevo a descontentos por parte del cliente o problemas en obra. La falta de fluidez de información y comunicación entre el departamento de arquitectura y el de producción, suponía malentendidos acerca de los acabados y terminaciones que se habían acordado con el cliente, pero no se reflejaban adecuadamente en los planos del proyecto utilizados por los jefes de obra.



Imagen 8. Diagrama de cola de pescado, causa-efecto de baja productividad de la empresa.

En la imagen 8, se observan las causas por las que los proyectos tenían baja productividad, afectando principalmente al área de control de calidad de los procesos.

Estas son las principales causas de baja productividad que afectaban a los procesos de ejecución de los proyectos, y que dieron lugar a que la empresa decidiese implementar una nueva metodología de trabajo. En el siguiente apartado describiremos los pasos seguidos por la compañía y las herramientas elegidas para tratar de implementar la metodología, cómo se introdujeron en los procesos, cómo fueron adoptadas por el personal y que resultados fueron obteniendo.

4.2.2. Empresa de maquinaria hortofrutícola.

Nuestra segunda empresa en cuestión, fue creada en torno al verano del pasado año 2020, es por lo tanto una empresa joven, con apenas un año de vida. Fue creada por un empresario que ya poseía otra empresa de mayor tamaño con un socio, de la misma naturaleza, sin embargo, quiso probar a dirigir una empresa propia de menor tamaño. Rescató a 9 trabajadores de la empresa grande, ya con experiencia en el sector, y los instaló en un taller de soldadura y montaje con el objetivo de realizar maquinaria hortofrutícola para un cliente principal, y otros más de menor importancia. Contrató para la oficina técnica de la empresa, un diseñador, un responsable de compras y contratos y un encargado general, cuyo objetivo era coordinar todo el taller con la empresa, organizando y gestionando los proyectos desde la oficina hasta la ejecución en taller.

Debido a su experiencia en la otra empresa, el gerente y fundador de la empresa, decidió implementar una metodología más moderna para la gestión de la empresa, para corregir y mejorar las formas de trabajo tradicionales que siempre habían usado con anterioridad. Por este motivo, contrató al encargado general, un ingeniero mecánico con cierta formación y conocimientos acerca de las nuevas metodologías de trabajo, como el caso de LEAN. Al ser una empresa nueva, desde prácticamente el inicio se fueron introduciendo procedimientos y costumbres alineadas con la metodología LEAN, además de una herramienta LEAN ya mencionada como el método de las 5''S'', que explicaremos más adelante.

Esta empresa, para mi gusto, contaba con un gran potencial, debido a la experiencia de todos los trabajadores de taller en materia de fabricación y además, la casi completa exclusividad de colaboración con un solo cliente, el cual encargaba los trabajos que necesitaba y enviaba toda la información del proyecto prácticamente al completo, es decir, la definición del mismo estaba casi completa, contaba con diseño 3D, listado de materiales, planos de ejecución, de montaje, de soldadura, proveedores más afines, etc. El grado de definición del proyecto era muy alto y esto, facilitaba mucho el trabajo. Por ello, fue sencillo implementar una metodología de trabajo innovadora y acorde con los requerimientos de la empresa.

El proceso de los proyectos era el siguiente, el cliente lanzaba una solicitud de presupuesto de la mano de toda la información acerca del proyecto, desde la oficina técnica se elaboraba una oferta consultando con proveedores y encargados de taller, calculando precios de materiales y mano de obra, se enviaba la oferta y una vez aceptada por el cliente, se ponía en marcha el proyecto. Se establecía una planificación de trabajos de taller, pedidos y periodos de entrega para el cliente, reflejada en una pizarra calendario en la oficina técnica, donde se podía ver con facilidad cuando llegaba el material, plazos de los trabajos para taller, inicio y final del proyecto, recursos asignados, etc. Además, se realizaban reuniones semanales donde participaba el gerente de la empresa, encargado de taller y encargado general, allí discutían acerca del estado de los proyectos, las soluciones a imprevisto o indefiniciones, el trabajo para la próxima semana y se introducían algunas nuevas directrices para la mejora de procesos dentro de la empresa.

Como podemos observar, parecía más sencillo la implementación de nuevas metodologías debido a las condiciones de la empresa, de nueva formación, sin costumbres preestablecidas, número reducido de trabajadores, lo que conlleva una mayor facilidad en la gestión, lugar de trabajo fijo y controlado, en el taller era más cómodo el control y seguimiento de proyectos desde la oficina técnica. Todo marchaba bien, pero lo más complicado resultó ser acostumbrar a los trabajadores que venían de otra empresa tradicional, a aplicar y seguir las directrices de trabajo de la nueva metodología. Venían ya mal acostumbrados, la limpieza y el orden brillaban por su ausencia, a pesar de tener un planificación detallada e intuitiva no le prestaban mucha atención, preguntando directamente a la oficina cuáles eran los plazos de entrega y de materiales, la coordinación no era del todo fluida ya que algunos venían de trabajar sin planos y sin indicaciones técnicas más que las de su propia experiencia, etc.

Es por ello, que se decidió implementar una herramienta que se creyó más oportuna y adecuada para tratar de solventar estos problemas comentados y alcanzar una mayor productividad en los proyectos. Al igual que hicimos con la empresa constructora, en el siguiente apartado describiremos los pasos seguidos por la empresa y las herramientas elegidas para tratar de implementar la metodología, cómo se introdujeron en los procesos, cómo fueron adoptadas por el personal y que resultados fueron obteniendo.

4.3. Metodología y herramientas aplicadas.

4.3.1. Metodología empresa de construcción.

A raíz de las causas que producían la improductividad en la empresa de construcción, mencionadas con anterioridad, se plantearon varias alternativas para su posible solución, resaltando 3 metodologías capaces de optimizar la productividad, que son:

- LEAN: modelo de gestión para la reducción o eliminación de pérdidas en los sistemas, a la vez que aumenta la generación de valor para el cliente final. Para conseguir esto, usa una pequeña cantidad de recursos, únicamente los estrictamente necesarios para conseguir un crecimiento.
- SIX SIGMA: metodología para mejora de procesos, reduciendo la variabilidad de éstos, optimizando y reforzando cada fase del proceso para eliminar o reducir los errores o defectos que se producen en la entrega final de los productos.
- TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES O LIMITACIONES: enfocada en que todos los sistemas de producción tienen, al menos, un cuello de botella, y su identificación es primordial para poder actuar sobre él ya que es este cuello de botella, el que marcará el ritmo de producción del sistema.

Finalmente, tras un análisis comparativo realizado por la empresa, teniendo en cuenta una serie de criterios como: la calidad de información que se podrá obtener para la aplicación de la técnica, el reconocimiento del sistema a nivel nacional, el nivel de los procesos para la mejora y aplicación de la metodología, los costes de inversión requeridos, el tiempo real y teórico necesario para la implementación de la técnica y los posibles riesgos que puedan surgir debidos a la implementación.

Se concluye que el modelo LEAN es más viable por la cantidad de información existente, su buen reconocimiento en las organizaciones nacionales e internacionales, tiene un procedimiento de implementación y consecución de resultados relativamente pronto, en torno a 2 o 3 meses, con un costo muy reducido se pueden conseguir grandes resultados.

Las otras dos metodologías necesitan una gran cantidad de información estadística, que no se tiene, un tiempo de 3 a 5 meses para su implementación y más aún para obtener resultados. Puesto que se requería de una solución urgente, la empresa se decantó por adoptar la metodología LEAN para tratar solucionar el problema de la improductividad en los proyectos.

A continuación, explicaremos las herramientas y técnicas que se implementaron para la mejora de los procesos de construcción gestión y administración de las obras, en apartados anteriores ya describimos una serie de herramientas que plantea la metodología LEAN, que nos servirá como base para entender aquellas que sean de aplicación para la compañía.

El sistema LEAN Construction se apoya en numerosas herramientas que forman parte de él, éstas se plantean como una manera de simplificar la aplicación del sistema en los distintos procesos de gestión de las obras. Según algunos autores como Womack en 1996, las herramientas no son más que la aplicación de los principios teóricos a la práctica profesional. (Gonzales A., 2013)

Se inicia la implementación principalmente con la aplicación de una herramienta fundamental para llevar un adecuado control de los proyectos de construcción, se eligió esta herramienta como principal, debido a su intervención directa sobre los problemas de gestión e indefiniciones que sufría la empresa en sus proyectos. A continuación, detallaremos los pasos seguidos para la implementación de la herramienta propuesta.

En primer lugar, se tiene que tener en cuenta los distintos componentes de las obras como son, los términos y condiciones, fases, reglas, seguimientos, etc. Para ello, se tienen en cuenta dos pasos, el reconocimiento y definición total del contrato y su modelo de ejecución, y el proceso que se sigue para la aplicación de las herramientas.

Para conseguir un conocimiento total de la obra se realiza una lectura del contrato, enfocándose en las condiciones y requerimientos que deben cumplir los agentes involucrados, en el contexto físico del proyecto, económico, intelectual y el resto de obligaciones. De igual manera se revisan y verifican los condicionantes que deben aceptar y cumplir los clientes o propietarios frente a contratistas.

La información y condiciones que serán verificados en la lectura y revisión de los contratos serán: la naturaleza de los mismo, fechas de adjudicación, datos del cliente y del contratista o constructora, dirección y ubicación de la obra, plazos de ejecución, representantes legales, modalidad de la contratación, cláusulas, costes del proyecto y definiciones.

A continuación, comenzaremos con la descripción de los pasos que se tomaron para la aplicación de la herramienta, **SISTEMA DE ULTIMO PLANIFICADOR (SUP)**, probablemente la herramienta más conocida de la filosofía “LEAN Construction”, enfocada principalmente en la fase de ejecución de la obra, donde florecían algunos de los problemas detectados más significativos. La herramienta fue desarrollada en los Estados Unidos por participantes del Lean Construction Institute (Ballard, 1994 y 2000; Ballard y Howell, 1998) y ha alcanzado una difusión enorme en todo el mundo, sobre todo en los Estados Unidos y en algunos países sudamericanos. En el continente europeo, ha sido menor su uso, relegándose en Gran Bretaña y otras zonas nórdicas como Países Bajos o Dinamarca. Se trata de un sistema que sirve de complemento a los sistemas de planificación tradicionales, ya que, al contemplar la variabilidad y los flujos de trabajo, consigue mejorar con creces estos métodos tradicionales. El sistema trata de aumentar la fiabilidad en la planificación, mejorando por tanto los rendimientos en obra, para ello provee de herramientas de control y planificación bastante útiles y efectivas. El SUP está modelado especialmente para conseguir una mejora en el control de la incertidumbre de las obras, mediante la aplicación de acciones concretas a distintos niveles dentro de la aplicación. (Gonzales A., 2013)

La empresa manejó una metodología estándar para la aplicación del sistema, teniendo muy presente que cada proyecto de construcción será único y distinto en cuanto a diseño, tamaño y ubicación. Vamos a describir paso a paso las fases que se utilizaron para la aplicación de la herramienta.

FASE 1. EL PROGRAMA MAESTRO.

En primer lugar, se incorporó la elaboración del programa maestro. Este programa es el encargado de identificar y definir las tareas que se “**deberían**” hacer e introduce la planificación de todas y cada una de las tareas del proyecto. En éste se determinan todas las relaciones en tiempo y espacio de las distintas actividades que han sido programadas, se fijan todos los hitos parciales que se exigen para cumplir con los plazos estipulados y marcando el alcance y tiempos de las entregas parciales si es que las hay (en el caso de accesos, zonas comunes, bloques independientes, etc).

Es en este grado donde se identifica a todos los agentes participantes en la ejecución del proyecto, desde el jefe de obra, subcontratistas, proveedores y demás agentes externos que puedan intervenir. Para conseguir elaborar el programa maestro se comenzó a realizar la llamada pull session, en las diferentes obras que se encontraban en marcha y las de nueva construcción, se trata de una reunión con los principales representantes de los agentes intervinientes en el proyecto para elaborar una planificación inicial general del proyecto.

Esta reunión, denominada pull sesión, debe ser dirigida por un facilitador según la teoría, cuya misión es la de agilizar y mantener el orden en la reunión. En el caso de la empresa, era el jefe de obra y principal responsable de la ejecución material el que se encargaba de dirigir la reunión, esto se decidió así, ya que él sería el principal representante de la empresa ante el resto de agentes, el más conocedor del proyecto y el que trataría con todos los subcontratistas y proveedores de manera directa, y, por tanto, existiría un mayor nivel de compromiso. Se preparaba una pizarra grande frente al mobiliario de sillas y mesas donde estaba sentado cada participante, y material de escritorio con lápices, bolígrafos, pódit de colores para cada agente y libretas para anotaciones. A continuación, describimos el procedimiento que se llevaba a cabo para desarrollar la reunión:

- I. Se invitaba a la dirección facultativa, representada por miembros de la empresa (arquitecto jefe de departamento, director general de la empresa, arquitecto al mando del proyecto, jefe de departamento de compras y contratos y puntualmente, algún arquitecto secundario también involucrado en el diseño del proyecto), al jefe de obra (miembro de la empresa y encargado de dirigir la reunión), subcontratistas, proveedores y demás involucrados en la ejecución del proyecto a participar en la reunión.



Imagen 9. Ejemplo de asistentes a la reunión pull sesión. Extraída de Google Images.

- II. El encargado de dirigir la reunión efectuaba una pequeña introducción comentando cómo funcionaba la reunión, de que se trataba el sistema que iban a aplicar y que beneficios tendría para cada uno de los participantes la adecuada implementación de LPS en el proyecto en cuestión. Esto era algo bastante novedoso y sorprendía a muchos subcontratistas que tenían un método de trabajo muy tradicional, siempre habían trabajado sí y no les iba mal, sin embargo, supieron adaptarse al sistema con un poco de esfuerzo, y al verse en el punto de mira del resto de agentes involucrados, no querían desentonar ni hacer ver que su empresa no se adaptaba a los nuevos tiempos, es por ello que fue relativamente sencillo, involucrar al personal.

- III. Se entregaban folios de tamaño medio y un bolígrafo a cada subcontratista con diferentes colores, en los que cada uno de ellos debía anotar las actividades a realizar, el tiempo estimado que les llevaría y, sobre todo, identificar los prerequisites que necesitaban para poder efectuar dichas actividades.



Imagen 10. Pizarra donde cada miembro colocaba su actividad por colores y el tiempo que le llevaría.
Extraída de Google Images.

- IV. Se iban colocando actividades empezando por el último proceso, estableciendo la tarea de limpieza como actividad final para la entrega del proyecto, y a continuación se iban colocando que prerequisites se necesitaban y la duración estimada de cuantos días tardaba. De esta forma, se iban añadiendo todas las actividades de los subcontratistas en la parte correspondiente, hasta llegar a la primera tarea necesaria.

En muchas ocasiones, el encargado de la reunión, preparado previamente y con conocimiento de todas las tareas que se debían realizar, era el que ayudaba en algunos momentos de la reunión para que no se quedase ninguna tarea en el aire. También, era el que concienciaba al resto de participantes de que todos estaban involucrados y que dependía de su compromiso adquirido en aquella reunión, el que la planificación y el desarrollo de la obra avanzasen de forma adecuada. Les hacía ver que unos dependían de los otros para poder continuar con la secuencia de tareas, que, si uno fallaba y no cumplía con sus plazos, el resto se retrasaría, llevando a pérdidas de tiempo y dinero al resto de empresas, cuyo objetivo era realizar su trabajo lo antes posibles para utilizar menos recursos. Esta situación parecía ser que tocaba el orgullo de más de un responsable de las empresas subcontratistas, y por ello se planificaban y empleaban los recursos necesarios para cumplir con lo que se habían comprometido, y no quedar mal delante del resto de empresas.



Imagen 11. Colocación de tareas desde la última actividad hasta a primera en el sentido de la flecha.
Extraída de Google Images.

- V. Una vez finalizada la colocación de todas las tareas necesarias, se cogía toda la información y se trasladaba, a cargo del jefe de obra, al programa Project, donde se traducían todo lo acordado en la reunión. Esto nos permitía elaborar una planificación real y comprometida, para gestionar y realizar el seguimiento de la misma de manera adecuada.

Los pasos que se siguieron para la programación intermedia fueron los siguientes:

- I. El jefe de obra se focalizaba para realizar la programación en un plazo visto a 5 semanas, con forme la obra iba avanzando se dejaba atrás una semana y entraba a nuestra programación las tareas de la nueva quinta semana. El jefe de obra debía estar muy pendiente de actualizar la programación y aunque a veces hubiese exceso de trabajo, era obligatorio llevar al día la programación, la empresa empezó a solicitar informes semanales desde la sede central para comprobar que se seguía con las directrices estipuladas.

- II. Era muy importante identificar y establecer todos los recursos necesarios para que fuera posible el desarrollo de las actividades programadas, dentro del plazo de 5 semanas. De nuevo el jefe de obra, como encargado principal, delegaba en los subcontratistas y en el departamento de compras de la empresa, ciertas responsabilidades en cuanto a asegurar estos recursos para el transcurso correcto del proyecto.

- III. Dentro de la plantilla de restricciones realizaremos un grado de descomposición de tarea superior al realizado en el plan maestro, alcanzando un inventario de actividades ejecutables, que serán incorporadas en la programación intermedia.

PASO 3. EL PROGRAMA SEMANAL

Esta programación era la encargada de establecer lo que **“se hará”** durante la semana siguiente de trabajo, dependiendo de los objetivos alcanzados en la planificación semanal acabada, de los estimados en la planificación intermedia y de las restricciones existentes. Las tareas a realizar tenían que pertenecer al inventario de actividades ejecutables establecido en la etapa anterior. Para poder elaborar esta programación era conveniente establecer una reunión, durante la semana, en la cual se efectuase un análisis del cumplimiento de la planificación ya vencida y después, del desarrollo de la planificación de la siguiente semana (Gonzales A., 2013)

PROYECTO Fecha inicio Fecha fin							Diagrama de Gantt	Causas de NO Cumplimiento													
COD.	ACTIVIDAD	RESP.	OBJETIVO			Cumplido (si/no)		SEMANA 1					Tipo					Descripción	Retraso	Medidas correctoras	
			A ejecutar	Ejecutado	% Alcanzado			L	M	X	J	V	Proveedores	Subcontratistas	Equipos	Seguridad y S.	Medio Ambiente				Externos
							8	9	10	11	12										

Imagen 13. Ejemplo de programación semanal. Extraída de Google Images.

Los pasos que se siguieron para la programación semanal fueron los siguientes:

- I. Se realizaba una pequeña reunión semanal con los principales involucrados en la ejecución de la obra para tratar tres temas, el trabajo ejecutado, el seguimiento y control de la semana presente y la planificación para la próxima.

- II. Se hacía revisión de la planificación no ejecutada, investigando acerca de las causas de no cumplimiento de lo planificado, con el fin de corregir desajustes que se pudieran incorporar en la planificación intermedia.

- III. Se realizaba un control de trabajo de la semana presente, solucionando algunas restricciones imprevistas que se generaban en el momento.

- IV. Por último, se efectuaba un plan para la siguiente semana, en él se seleccionaban todas las actividades que se tenían en el inventario listas para ser ejecutada la siguiente semana en función al plan maestro.

Era en el plan maestro donde se iba señalando semana tras semana el avance real de la obra, y en algunas ocasiones era necesario, modificar el plan maestro de acuerdo al grado de cumplimiento. De nuevo, el jefe de obra era el encargado de las gestiones necesarios con el resto de participantes de la obra, para asegurar que el trabajo estuviera listo para ejecutarse en la semana establecida, era necesario anticiparse a los posibles contratiempos que surgieran durante la ejecución del proceso constructivo para obtener el alcance del proyecto en coste, tiempo y calidad.

PASO 4. INDICADORES DE LPS.

De alguna forma había que ir comprobando los resultados del nuevo sistema incorporado. Para ello, se utilizaba el PPC (porcentaje del plan cumplido), indicador para medir la efectividad de la planificación. Medía si los avances a los que se habían comprometido los integrantes se alcanzaban durante cada semana. Se calculaba mediante el número de actividades cumplidas entre el número de actividades totales en el periodo, obteniendo un indicador en porcentaje.

De acuerdo a este indicador de resultado, se podía ir midiendo el desarrollo y avance de las tareas en obra, al igual que identificar y señalar las causas y razones por las que ciertas actividades no se llegaban a cumplir cuando tocaba, para así, seguidamente ir corrigiéndolas si se repetían o para que no volvieran a suceder en un futuro.

CONCLUSIONES

Se puede concluir acerca de la aplicación de esta herramienta a los proyectos de la empresa, que supuso una conversión de éstos en cadenas de pequeños compromisos, que había que ir renovando permanentemente. Por otro lado, las constantes revisiones de compromiso a distintos niveles de la planificación (inicial, semanal y al día) junto con los horizontes de tiempos más próximos, favorecían la fluidez del trabajo de forma mucho más predecible y con menos variabilidad, aumentando la capacidad de reacción frente a imprevistos y por supuesto, de una manera mucho más confiable.

Como hemos observado, el Sistema del Ultimo Planificador, es un sistema de planificación constante y coordinado con todos los participantes que efectuarán actividades dentro de la obra. Esto favorece la readaptación de la planificación general, de manera que un posible retraso de tiempo concreto, no suponía una pérdida de un día en la entrega de la obra, ni si quiera un aumento del coste final. En resumen, las planificaciones tradicionales han funcionado y pueden resultar eficaces, pero no eficientes, recurriendo en muchos casos a aplicación de penalizaciones por incumplimientos de plazos o similar, establecidas en los contratos. Este nuevo modelo de planificación resultaba, sobre todo, muy colaborativo, comprometido y dinámico, alcanzando una eficiencia mucho mayor.

Era coordinado a través de reuniones periódicas de pequeña duración, pero gran importancia, donde jefe de obra, encargado y responsables de subcontratas y proveedores contratados para cada actividad, intervenían libremente y dentro de un ambiente de trabajo y cordialidad. En las reuniones se planificaba el proyecto teniendo en cuenta el plazo de entrega acordado con el cliente.

Lo más importante, es una planificación colaborativa, donde cada subcontratista y proveedor es conocedor del compromiso que adquiere, no solo con la constructora, sino también con el resto de participantes dentro de los trabajos y tareas que pudieran depender de él.

4.3.2. Metodología empresa del metal.

Como hemos comentado, tras un primer análisis y diagnóstico de los problemas que se producían en la empresa en torno a los procesos de trabajo, tras una reunión con el gerente de la compañía, se decide comenzar a implementar el método de las 5''S'', una técnica de trabajo perteneciente a la filosofía de gestión de calidad total, originaria de Japón de a mano de W. E. Deming hace más de 50 años, se encuentra dentro de las técnicas de mejora continua o ''Kaizen''. Todo esto, para tratar de mejorar la productividad, incrementando la eficiencia y dándole importancia a los nuevos métodos de trabajo dentro del taller, que se adaptaba a la perfección para esta herramienta en concreto.

Este sistema de gestión se basa en la búsqueda de generación de entornos que den la capacidad para maximizar los recursos existentes, el tiempo y la productividad en las empresas. Se trata de una herramienta de calidad con la que implementar y definir procedimientos para elaborar un ambiente de trabajo eficiente y agradable, generando un clima de orden, limpieza y seguridad, y facilitando la ejecución de tareas diarias.

Como su propio nombre indica, tiene su base en torno a 5 principios, que empiezan por una S, y tienen el objetivo de alcanzar una zona de trabajo más ordenada, organizada, y limpia de forma permanente y que se mantenga en el tiempo, donde conseguir una mayor productividad, seguridad y mejorar el entorno laboral en el que se trabaja. Es por ello que esta herramienta es la elegida como parte principal de la implementación de LEAN en nuestra compañía, a continuación, describiremos el proceso que se llevó a cabo para su aplicación.

PASO 1. SEIRI (CLASIFICAR).

En primer lugar, se realizó un recorrido por todo el taller identificando restos de materiales y herramientas que quedaban de las actividades realizadas previamente, estos no hacían falta o todavía no se habían usado, sin embargo, ocupaban un espacio en taller generando molestias, que cuando se tuviera que comenzar con una tarea en ese lugar, sería necesario desplazar de sitio para poder trabajar.

En la determinación de cada elemento se aplicó el siguiente procedimiento y según el resultado obtenido se optaría por eliminarlo u ordenarlo de manera adecuada.

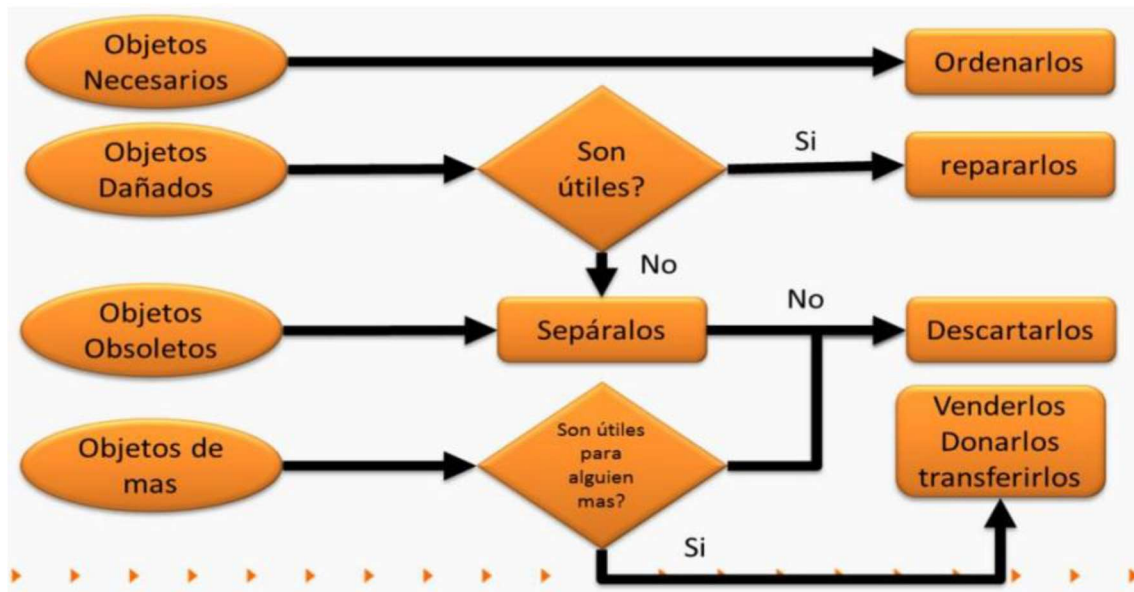


Imagen 14. Análisis de los elementos para el mantenimiento de una adecuada clasificación de materiales y herramientas. Citado por la tesis "Implementación de la metodología 5S para optimizar la logística interna de pequeñas empresas en la ciudad de Machala", Nagua 2016.

Siguiendo el procedimiento explicado se ganó muchísimo espacio en el taller, y se desechó una gran cantidad de materiales y herramientas que realmente no cumplían ninguna función útil para el trabajo, y simplemente seguían ahí porque nadie se había decidido a tomar una decisión.

PASO 2. SEITON (ORGANIZAR)

En la empresa se dispusieron numerosas estanterías para clasificación de materiales y herramientas, además se delimitaron zonas específicas para acopio de materiales, pedidos, utilización de maquinarias, zonas de paso y circulación, de residuos, etc. El taller obtuvo una imagen espectacular, daba gusto recorrerlo, todos los trabajadores quedaron sorprendidos y entendieron que era mucho más cómodo trabajar así, simplemente con que cada uno cogiera la costumbre de ordenar sus herramientas y limpiar su parcela.

Con este principio del método se intentaba llegar a un nivel de ordenamiento óptimo para trabajar con calidad y eficiencia.



Imagen 15. Ejemplo de taller organizado y delimitado por zonas. Extraída de Google Images.

PASO 3. SEISO (LIMPIEZA).

Cuando se consiguió determinar un lugar para cada actividad y/o material, se comenzó con a limpieza y con la delimitación marcada de cada zona, se colocaron multitud de carteles donde se indicaban que cosas iban en cada lugar. Tipos de herramientas, repuestos, materiales de stock, nuevos pedidos, zonas de maquinarias fijas (sierras, aparatos de soldadura, mesas de trabajo, torno mecanizado, etc.)

Este paso fue fácil, y en apenas un día, la totalidad de trabajadores realizaron una labor enorme, limpiando y dejando como nuevo el taller.

PASO 4. SEIKETSU (ESTANDARIZAR)

Una vez realizado el trabajo de orden y limpieza, ahora tocaba mantener ese esfuerzo a lo largo del tiempo, convirtiéndolo en costumbre dentro de la organización. Con la ayuda del gerente, para que los trabajadores fuesen conscientes de la importancia que tenía, el encargado general explico a todo el equipo presente el funcionamiento, es decir, creó el procedimiento para así, generar el hábito posteriormente que cada operario se encargue de dejar cada cosa en su lugar establecido, sin excusas, y de mantener su lugar de trabajo en condiciones de limpieza y seguridad.

Llevó un tiempo acostumbrar a los trabajadores, pero gracias a la insistencia del encargado y al apoyo que recibió por parte del gerente, junto alguna que otra reprimenda necesaria, consiguió crear la costumbre dentro de la empresa y, actualmente, salvo excepción justificada, todos los operarios cumplen a raja tabla con su cometido establecido.

Se diseñó un plano en planta de la empresa delimitando todas las zonas descritas, además de puntos de limpieza, con días estipulados para su retirada, zonas de descanso y comedores, vestuarios y medios auxiliares.

PASO 5. SHITSUKE (CREAR HÁBITO)

Como ya hemos comentado, se debe crear el hábito entre los trabajadores, para que estos procedimientos tengan resultado, no vale con aguantar un par de semanas y luego volver al desorden anterior. Por ello, semanalmente se reunían gerente y encargado general con diversos miembros del equipo y analizaban las zonas de cada grupo de trabajadores para comprobar que se estaban haciendo cargo de ellas, para que estuvieran en condiciones de limpieza, organización y orden, así, se conseguía involucrar a todo el personal en la metodología y que se sintieran parte de un proyecto de mejora, no solo trabajadores que cumplían una función y eran remunerados por ello.

CONCLUSIÓN

Para mi opinión, la aplicación de esta herramienta de las 5''S'' en la empresa de maquinaria hortofrutícola dio lugar a una modificación bastante notable en la forma tradicional de trabajar de los operarios, más acostumbrados al caos y al desorden, que para ellos era lo habitual. Esta herramienta consiguió crear procesos de los cinco principios que se incluyeron en el proceso de fabricación, convirtiendo estos principios en las normas básicas que se debían cumplir en todos los niveles de cualquier proyecto, desde los puestos de taller por supuesto, pero también llegando al trabajo de oficina, donde también se debía mantener el orden y la limpieza en el puesto de trabajo pero además, en la forma de trabajar, a la hora de elaborar planificaciones, informes, presupuestos, archivar información, clasificar datos, etc.

La implementación de esta herramienta en la empresa supuso un fuerte compromiso de todos los participantes, generando grandes beneficios para los proyectos y también para trabajadores, que se encontraban más cómodos en sus puestos de trabajo y empezaron a rendir de formas más eficientes.

La empresa, al conseguir implantar estos principios, alcanzó el tener una muy buena imagen de cara al público, a la hora de ejecutar proyectos y trabajos muy bien organizados y elaborados, produciendo por sí solos la entrada de nuevos pedidos y encargos para la empresa.

4.4. Análisis de resultados.

En primer lugar, realizaremos un análisis de las metodologías de implementación. De los modelos utilizados en ambas empresas podemos observar que las metodologías incluyen una primera parte introductoria de diagnóstico y preparación, para así poder iniciar una concientización y un compromiso previo de la dirección de la compañía, capacitar en base a la metodología y herramientas que se van a utilizar, además de la coordinación, integración y alineación de los objetivos finales del proyecto LEAN con el plan estratégico de la empresa. La segunda fase se basa en el diseño de mediciones (ya sea con herramientas estadísticas o Value Stream Mapping) y en la definición de indicadores clave, para que, en base a todos estos datos, se puedan aplicar herramientas que nos permitan la estandarización de procesos y el ajuste del flujo de producción a un sistema pull, se finaliza con evaluaciones periódicas o estableciendo diferentes fases de control.

RESULTADOS EMPRESA DE CONTRUCCIÓN

Respecto a la herramienta del último planificador, ya ha sido aplicado con éxito en diversos proyectos alrededor de todo el mundo. Un ejemplo demostrado sucedió en Chile, en el Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Universidad Católica de Chile (GEPUC), se estudió y observó el impacto de la implementación del SUP en torno a los 80 proyectos de construcción en un tiempo estimado de unos tres años.

El cumplimiento del Porcentaje de Proyecto Completado (PPC) se incrementó un 20%, aproximadamente, durante ese período y las empresas reportaron mejoras de productividad entre un 6% y un 48%. Cabe destacar que las mediciones fueron obtenidas de casos donde ya existía una aplicación preliminar del SUP por lo que el incremento en el PPC debería atribuirse al aprendizaje y a un progresivo incremento en el grado de implementación del sistema. Antes de poner en práctica el SUP, en la mayoría de los proyectos el cumplimiento de la planificación mostraba un comportamiento errático y un bajo cumplimiento promedio de la planificación semanal, incluso inferior al 50% en algunos casos. (González A., D., 2013)

En lo que respecta a nuestro caso, al incorporar en la empresa algunos aspectos muy básicos del SUP, como la realización de reuniones semanales, control del porcentaje del plan completado y seguimiento de la productividad de las actividades, se registraron evoluciones positivas de los porcentajes de actividades completadas.

Hay que destacar que, incluso en las mediciones de datos más tardías, el grado de implementación observado es todavía limitado lo que permite asegurar que existe un potencial de mejora mucho mayor.

En algunos proyectos sencillos se alcanzaron resultados cercanos al 100% de cumplimiento en plazos y costes. En otros muchos proyectos más complejos fue difícil medir con rigor el impacto de su aplicación por medio de los indicadores que se establecieron, por lo que la evaluación del impacto de la implementación en estos proyectos tuvo en cuenta también aspectos cualitativos. Al ser consultados por su percepción de los impactos que tuvo la implementación, los responsables de los proyectos mencionaron numerosos impactos positivos que se describen a continuación:

- a. Mejora en la gestión y control del proyecto.
- b. Mayor implicación de mandos medios gracias a un papel más activo en la gestión del proyecto y su mayor compromiso con la planificación.
- c. Disminución de pedidos urgentes e imprevistos.
- d. Mayor productividad de los procesos, aunque en algunos casos ésta no pueda ser medida directamente.
- e. Menores plazos de ejecución de las obras

En muchas de los sistemas de gestión tradicionales se gasta mucho tiempo y recursos en elaborar presupuestos y planificaciones de obra. Y está más que comprobado que todas las planificaciones suelen alejarse de la estimada inicialmente, originando una serie de consecuencias encadenadas que obligan a volver a planificar y adaptar los tiempos de ejecución del proyecto. Debido a la falta de flexibilidad de la forma de trabajo tradicional hace que los miembros que intervienen en el proyecto no se acoplen con facilidad a la nueva planificación, y aquí vienen los problemas, el tiempo ya está perdido y el coste para recuperarlo puede ser elevado. Con estas nuevas herramientas se intenta trabajar con una planificación coordinada con todos los agentes involucrados.

Se podría decir que lo más remarcable del sistema, sería el estudio de las causas que dan lugar a incumplimientos de tiempos de entrega. Así, se puede afrontar el problema directamente desde la raíz, evitando que se propague o repita. La comunicación también es otro de los aspectos esenciales, que facilita el reconocimiento de las restricciones que puedan existir.

Se tiene la opinión de los participantes implicados de manera directa en el proceso, esto puede servir de gran ayuda.

En el lado menos positivo, pero es ahí donde radica su gran potencial, es la necesidad, para su adecuado funcionamiento, el compromiso y la transmisión de información correcta para no manchar el resultado final del proyecto. Destacar la obligatoriedad de realizar reuniones semanales entre los responsables, aunque en ocasiones se difícil, debido a la carga de trabajo o responsabilidades. Quizás, el punto más flojo encontrado en el sistema, fue que los altos cargos de las direcciones facultativas eran muy complicados de reunir, para que pudieran validar la toma de decisiones que se realizaba en las reuniones y así, formar parte del seguimiento de los proyectos.

RESULTADOS EMPRESA DEL METAL

Por el otro lado, analizaremos los resultados de la implementación de la metodología en la empresa de maquinaria hortofrutícola.

Al igual que en el ejemplo anterior, la aplicación en la presente empresa requiere de un nivel de compromiso enorme por parte de todos los trabajadores, comenzando y siendo los más importantes, los altos cargos, esto es por el gran cambio que supone estas nuevas técnicas respecto a lo tradicional. Aun así, hay que destacar que en un sector como el del metal, con una gran presencia de riesgos, puede llegar a ser muy beneficioso, de hecho, las herramientas usada tienen una estrecha relación con la seguridad y salud en el puesto de trabajo. Se consigue hacer costumbre con las acciones que se plantean, convirtiendo los principios básicos en tareas cotidianas a todos los niveles de trabajo.

Como ya hemos comentado, los beneficios pueden ser enormes y teniendo en cuenta las características y peculiaridades de la empresa, las acciones a adoptar son de fácil ejecución y no implican un gran esfuerzo, ya que casi siempre se trabaja en un mismo lugar con herramientas similares, su organización, orden y limpieza deben ser ejemplares.

Los trabajadores más veteranos e influyentes son los que deben guiar al resto, que no serán capaces de saltarse los procedimientos teniendo en cuenta, que el resto de operarios experimentados cumplen con ellos a raja tabla.

Como ya hemos comentado en diversos apartados del trabajo, la imagen que muestra la empresa ante clientes, proveedores y demás visitantes, consiguiendo implantar estas medidas, es notablemente buena, adquiriendo un plus de profesionalidad y saber estar, simplemente por la presencia, todo el que vea la empresa se llevará una sensación de trabajo bien hecho y organizado, repercutiendo positivamente en el concepto que tengan de la empresa.

Es por ello, que el esfuerzo en tiempo y costes de la implementación se puede observar con rapidez amortizado por los buenos resultados que aporta, mejora de la imagen y reducción de riesgos laborales, esto ayuda a la llegada de nuevos pedidos a la compañía.

Tal y como cita González A., D. (2013) “En el desarrollo de una metodología Lean surge la duda de cuál es la primera herramienta a implantar, y puede surgir la duda entre aplicar las 5”S” o realizar el trazado de los mapas de cadena de valor. Esta pregunta se la han realizado diversos autores, como José Andrés Lopez de Fez en su blog sobre estrategias Lean, llegando todos ellos a la conclusión de que no hay que olvidar que el Lean Management es una estrategia de gestión, una forma de hacer las cosas que lleva a eliminar en todos y cada uno de los casos lo que no aporta valor. Así que parece adecuado que lo primero que haya que hacer es un VSM con un estado actual y otro futuro, para poder identificar mejor dónde están esas pérdidas de valor. Como parte del estado futuro, se puede proponer un área de trabajo funcionando en un entorno 5”S”. Esto nos permitirá no perder el foco en lo importante: la eliminación del desperdicio. De lo contrario existe un elevado riesgo de quedarnos en un lavado de cara, sin entrar en las profundidades del proceso.”

Podemos concluir que la herramienta utilizada muestra resultados relativamente rápidos, además de un aspecto a tener en cuenta, ya comentado como la imagen, el orden y la limpieza, transmite calidad y rigor, ayudando a mostrar sin miedo nuestras instalaciones ante posibles visitas.

Sin embargo, lo más complicado de esta metodología es mantenerla en el tiempo, es muy fácil desarrollar durante unos meses una política de orden y limpieza, dejando todo impecable, pero con el paso del tiempo vuelvo todo al caos que existía en su momento. Esto sucede cuando lo único que se extrae es la herramienta, sin importar el verdadero significado de la filosofía LEAN, el querer hacer las cosas bien.

Lo más importante es la estandarización de procesos, si no hay un proceso, un procedimiento arraigado que muestre como se deben hacer las cosas, será muy complicado saber dónde nos encontramos, qué debemos hacer y a dónde queremos llegar.

5. CONCLUSIONES

Hay que aclarar que, a lo largo de los años, durante el crecimiento y maduración de la filosofía Lean, se han ido desarrollando diversas herramientas de gestión, como las que hemos nombrado anteriormente, de estandarización y de control del proceso, además de los distintos enfoques para orientar la aplicación de la metodología Lean. Debemos tener en cuenta y considerar detenidamente que, en el intento de implementar el sistema dentro de la empresa, esta se encuentra en funcionamiento y es debido a la necesidad de mejora continua de la empresa o por las exigencias del mercado que se comienza con la aplicación. Bajo esta premisa, debemos ser conocedores que, dependiendo de la situación de cada compañía, la metodología de implementación, así como las herramientas a aplicar son variables. Tampoco es seguro que la aplicación de las bases de la filosofía siempre nos lleve al éxito de la empresa, como en Toyota, ya que como vimos en la historia de LEAN, la compañía General Motors, en su intento por implementar la metodología obtuvo unos resultados muy discretos (Womack J. P., 1990)

A nivel internacional, se ha demostrado que los factores críticos de éxito en la implementación de metodologías LEAN en pymes radican en el compromiso y en el involucramiento de los altos cargos de la organización, de la mano de una comunicación eficiente a todos los niveles de la empresa, se producen dificultades a la hora de mantener los tiempos de entrega de materiales y productos acabados tanto con proveedores como con clientes, y por supuesto, la capacidad de financiación de la empresa.

En términos generales, los principales inconvenientes para una correcta aplicación de la metodología LEAN en pymes, suelen ser:

- Dificultad de adaptación por parte de los proveedores de la empresa a un sistema justo a tiempo, cuando es solo un cliente el que adopta dicho sistema.
- Condiciones de infraestructura de la red de distribución logística.
- Costes elevados para la implementación y capacitación.

-Normalmente, las condiciones laborales de las empresas pequeñas y medianas no fomentan el bienestar de los trabajadores.

Actualmente son muy pocas las pymes que han implementado un sistema LEAN, además, cuando se deciden a aplicarlo se enfrenten a una serie de retos que surgen de la implementación, tales como la falta de conocimiento de herramientas y técnicas, la dificultad que supone cambiar una cultura organizacional ya asentada, enfocarse en objetivos a corto y medio plazo sin realizar una visión integral de la compañía, la resistencia al cambio que aparece de forma inevitable o utilizar modelos cuyas condiciones no se ajustan a las características de las empresas. (Morales E. G., 2001)

Podemos concluir con total seguridad que el factor de éxito más importante a la hora de aplicar cualquier sistema LEAN radica en la elección de la metodología de implementación más adecuada y adaptable a las condiciones que existan en cada empresa en particular, complementando a ésta con los sistemas que ya se encuentren implantados en ella, para así poder conseguir los resultados más beneficiosos derivados de esta filosofía.

A partir del análisis realizado en las empresas podemos deducir que, la implementación de LEAN en pequeñas empresas es viable y se pueden conseguir grandes beneficios, pero siempre teniendo presente que hay que establecer una serie de puntos previos, objetivos claros de por qué, cuándo y cómo se va a aplicar el sistema, además es condición indispensable como punto de partida el involucramiento de todo el personal, pero sobre todo de los altos cargos de la dirección de la empresa para que se pueda completar el proceso con éxito. También es necesario sopesar capacitaciones sobre técnicas, metodologías y herramientas para obtener los objetivos planteados, también se debe incorporar la asignación de recursos (materiales, maquinaria, infraestructuras, recursos humanos, financieros, etc.) para llegar a conseguir las metas establecidas y con todo esto, ser capaces de seleccionar la metodología y herramientas más adecuadas del sistema LEAN.

Como reto futuro, queda como trabajo la investigación y desarrollo acerca de las pymes que estén dispuestas a aplicar la filosofía, para detectar la metodología de implementación adecuada en base a retos y oportunidades encontradas en las empresas, las herramientas de gestión que mejor se puedan adaptar y ajustar al entorno en el que se desenvuelve la organización.

Este proyecto se ha limitado al análisis de herramientas de una forma particular, en su aplicación directa a la gestión de las empresas y proyectos. Las futuras líneas de trabajo posibles que complementarían los aspectos descritos en el actual trabajo de fin de master serían:

- Aplicación metodología Lean Management completa. Para realizar una metodología completa sería necesario modificar los procesos en todos los departamentos de la empresa, en el presente trabajo sólo se ha estudiado la aplicación de técnicas y herramientas a los procesos ya existentes.
- Análisis y estudio de un mayor número de herramientas. Otra línea futura de actuación puede ser afrontar el estudio de otras técnicas más específicas que aquí solo se han visto de forma superficial.

Cita: “El LEAN Management no contiene nada inherentemente japonés, lo que supone que es aplicable en cualquier lugar y cultura” (Daniel Jones).

ANEXO 1. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) AGENDA 2030

Relación del TFG/TFM “Análisis sobre la implementación del modelo de gestión LEAN en empresas de la construcción y del metal” con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.				X
ODS 2. Hambre cero.				X
ODS 3. Salud y bienestar.				X
ODS 4. Educación de calidad.				X
ODS 5. Igualdad de género.				X
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				X
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				X
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.	X			
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.			X	
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				X
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.				X
ODS 12. Producción y consumo responsables.		X		
ODS 13. Acción por el clima.				X
ODS 14. Vida submarina.				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.				X
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				X
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				X

A continuación, describiremos la relación que guarda el presente trabajo con los diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, aprobada por la ONU en 2015, con el fin de mejorar la calidad de vida de todos, una oportunidad para todos los países de trabajar juntos para un futuro mejor, sin dejar a nadie atrás.

Se hará una breve reflexión de los objetivos más identificados con las bases del trabajo y la forma en la que se relacionan, además, se señalarán los principales motivos por los que los fines del trabajo justifican su aportación a esta iniciativa.

El primer objetivo que identificamos es el nº8, basado en la promoción el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos. Este objetivo pretende, entre otras cosas, mantener el crecimiento económico de los países, sobre todo, en los países menos adelantados, estableciendo unos porcentajes mínimos anuales. Por otro lado, pretende la consecución de unos niveles de productividad económica más elevados, mediante la innovación, tecnología, concentración en los sectores de mayor valor añadido y con una utilización intensiva de la mano de obra. En este aspecto, donde nuestro trabajo puede contribuir de manera notoria, a la consecución de este objetivo. Como hemos comentado, la implementación de las diferentes metodologías estudiadas, tienen como principal objetivo aumentar la productividad de las organizaciones, a través de una gestión adecuada de los procesos y con la aplicación de herramientas que fomentan una filosofía del “buen trabajo”.

Esta filosofía, también podemos relacionarla con la creación de empleos decentes, ya que trata de involucrar al trabajador dentro de la empresa, que se sienta parte de ella, creando un clima laboral adecuado, haciéndolo partícipe de los cambios de la empresa, preguntando por su opinión respecto a los temas que le afecten, fomentando su creatividad e innovación ante los procesos que realizan de forma cotidiana y que nadie conoce mejor que ellos mismos, respetando sus derechos, aumentando la seguridad y salud dentro de las zonas de trabajo, etc., mejorando con ello las condiciones generales de los trabajadores. El crecimiento de las pequeñas y medianas empresas, y de las microempresas, y sobre todo en países menos desarrollados, podría verse beneficiado con la implementación de este tipo de metodologías, en las que, en muchas ocasiones, no es necesario una gran inversión económica, simplemente mejorando y estandarizando los procesos y la gestión de la empresa, se pueden alcanzar unos resultados muy beneficiosos. Este objetivo, para mi opinión, es el que tiene un mayor grado de relación con el trabajo y con el que permite desarrollar sus objetivos de manera más beneficiosa.

En segundo lugar, y en menor medida, describiremos la relación con el Objetivo nº9, basado en la construcción de infraestructuras resilientes, promoción de la industrialización sostenible y fomento de la innovación. En este sentido, podemos identificar los fines de nuestro trabajo como la introducción de innovación a nivel de modelos de gestión, ya que trata de mejorar e introducir nuevos procedimientos a los métodos tradicionales ya existentes con el objetivo de aumentar rendimientos y productividad, además de fomentar el uso eficiente y controlado de los recursos existentes, generando un menor desperdicio en este proceso. Esta es, para mí, la escueta relación que guarda el trabajo con el Objetivo de Desarrollo mencionado.

Por último, mencionar la pequeña pero importante relación que guarda nuestro trabajo con el Objetivo nº12, producción y consumo responsable, a priori este objetivo parece estar más relacionado con el medio ambiente natural y los recursos del planeta, pero debemos recordar que el consumo y la producción responsable consisten en hacer más y mejor con menos, y es aquí donde entra nuestra filosofía LEAN, tratándose de unos de sus principios básicos desde sus inicios. Con este objetivo se pretende lograr una gestión sostenible y un uso eficiente de los recursos naturales existentes, y que mejor manera, que aplicando la filosofía LEAN y sus beneficiosos modelos de gestión, sus herramientas para reducir los desperdicios dentro de los procesos y generar menores residuos, sus metodologías para implementar procedimientos estandarizados más eficientes, etc. Como hemos comentado y tratado de demostrar en nuestro trabajo, la filosofía LEAN es aplicable a infinidad de sectores, empezando por la industria manufacturera y acabando por la de construcción. Esto es un ejemplo de que la filosofía se puede adaptar a cualquier tipo de industria, ya que es la idea de mejorar las cosas, encontrar la forma de gestionar racionalmente y mejorar la productividad y eficiencia, la esencia de esta gran aportación al mundo, como es la filosofía LEAN.

BIBLIOGRAFÍA

- Cudney E. (2013). *A. S. F. D. D. Lean Systems: applications and case studies in manufacturing, service, and Healthcare*. Estados Unidos: CRC Press.
- Dennis, P. (2019). *Lean Production Simplified*. Estados Unidos: Productivity Press.
- Días, L. (2017). *Barreras, factores de éxito y estrategias en la implementación de Lean en la Construcción. Una primera aproximación a la situación en España*. Valencia.
- González A., D. (2013). "Aplicación de herramientas Lean en la Gestión de proyectos de Edificación". Trabajo de fin de master, Universidad de Valladolid, Escuela de Ingeniería Industriales, Valladolid. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/7076/TFM-P-115.pdf;jsessionid=5BC76E8D92C93472DD21FEA2CC5B91F2?sequence=1>
- Gutiérrez, A., & Constanza, A. (2017). Tesis "Implementación del sistema Last Planner en edificación en altura en una empresa constructora". Obtenido de http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/4601/a120179_Angeli_C_Implementacion_del_sistema_last_planner_tesis_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Herrandiz E., S. (2009). "Aplicación del Lean Thinking a la Construcción". Tesis de especialidad, Universidad Politécnica de Catalunya, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, Barcelona. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8512/00.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen. A commonsense approach to a continuous improvement strategy*. Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Luna, M. B. (2010). *Luis Fernando Niño. Metodología para implantar el sistema de manufactura esbelta e Pymes industriales mexicanas*, Ide@s Concyteg.
- M. F. J. Espejo Alarcón M. (2007). *Lean Prouction: Estado actual y desafíos futuros de la investigación*. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa. Vol. 13, nº2.
- Morales, E. G. (2011). *Lean Manufacturing como estrategia de competitividad para las Pymes insdutriales del estado de Tlaxcala*.
- Ortiz-Villajos, José María (2001): "Evolución histórica de la industria de equipos y componentes de automoción", en García Ruiz, José Luis y Hernández Marco, José Luis (coords.), Historia del sector del automóvil en España, Actas del VII Congreso de la Asociación de Historia Económica, Universidad de Zaragoza, 19-21 de septiembre, 31 pp
- Pons, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- Pons, J. F., & Rubio, I. (2019). "Lean Construction y la planificación colaborativa, metodología de Last Planner System". Madrid: Consejo general de la arquitectura técnica de España.
- Rother, M., & Shook, J. (s.f.). *Observaciones para crear valor, cartografía de la cadena de valor para agregar valor y eliminar muda*.
- Ruiz Arias, C. (2016). Tesis "Aplicacion de Lean Construction dentro de la guía PMBOK, incorporado en BIM.

Socconini, L. (2013). *Lean Manufacturing paso a paso*. México: Norma.

Turan, H. (2015). *Taylor's Scientific Management Principles: Contemporary Issues in Personnel Selection Perio'*. Journal of Economics, Business and Management.

Womack, James P., Daniel T. JONES and Daniel ROOS (1991): *The Machine that Changed the World*. The Story of Lean Production, New York, HarperPerennial.



A/A: Comisión Académica del Master Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

Valencia, a 06/09/2021

Estimados Sres.:

Por la presente les informo, en mi calidad de tutor/a, mi CONFORMIDAD con la presentación del Trabajo de Fin de Master titulado: *Análisis sobre la implementación del modelo de gestión LEAN en empresas de la construcción y del metal*. Realizado por el/la alumno/a RUIZ LÓPEZ, FRANCISCO JOSÉ como culminación de sus estudios del Master Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil.

Atentamente,

Firmado: Antonio Azorín Carrión

