

GRADO EN INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

**Análisis de las herramientas Lean aplicadas a una
empresa del tipo de fabricación Engineering to Order.
Propuesta de implantación en OMIO Atelier & Design.**

Presentado por:

VICENTE BARBERÁ TORMO

Dirigido por:

ISABEL MUNDI SANCHO

CURSO ACADÉMICO 2023-2024

Agradecimientos:

Quería agradecer a mi familia que ha estado durante todos estos años conmigo apoyándome y dándome fuerzas para seguir cada día. Además, agradecer en especial a mi pareja que me ha ayudado a dar ese último empujón al final de esta etapa. Por último, a mi tutora la cual ha hecho posible la realización de este trabajo.

RESUMEN

La industria de la producción personalizada en entornos no repetitivos se enfrenta a desafíos significativos relacionados con la eficiencia, los costos y la calidad de los productos acabados. La implementación de Lean Manufacturing, con sus raíces en el Sistema de Producción Toyota, ofrece un enfoque que hay que adaptar para abordar los problemas a los que se enfrenta esta tipología de empresas (Engineer-To-Order o ETO, por sus siglas).

El objetivo principal del TFG es evaluar la viabilidad y los beneficios de integrar prácticas Lean en OMIO Atelier & Design, adaptando estas metodologías al contexto específico de la producción ETO. El estudio se estructura a partir de un marco teórico exhaustivo que abarca los principios fundamentales de Lean y su aplicación potencial en un entorno de producción altamente personalizado, abordando los desafíos específicos que afrontan las empresas ETO al implementar técnicas Lean. Esta revisión bibliográfica destaca la limitada madurez de los estudios sobre Lean en empresas ETO.

Después se realizará un análisis completo de un proyecto específico de OMIO permitiendo una evaluación precisa de su impacto, mediante entrevistas semiestructuradas con representantes de la empresa. La investigación identifica varias áreas clave para la mejora, incluyendo la necesidad de sistemas de control robustos y mejores técnicas de planificación, permitiendo desarrollar una propuesta metodológica adaptada a OMIO y diseñada para mejorar los procesos de producción y la eficiencia operativa.

La investigación futura debería centrarse en validar estos hallazgos con una muestra más amplia y evaluar cuantitativamente los beneficios del Lean en empresas ETO.

PALABRAS CLAVE: Lean Manufacturing, Punto de desacoplamiento (CODP), Ingeniería a medida (ETO), Método del camino crítico (CPM), 5 eses (5S), Kanban.

ABSTRACT

The custom production industry in non-repetitive environments faces significant challenges related to efficiency, costs, and the quality of finished products. The implementation of Lean Manufacturing, with its roots in the Toyota Production System, offers an approach that needs to be adapted to address the problems faced by this type of companies (Engineer-To-Order or ETO, for short).

The main objective of the thesis is to evaluate the feasibility and benefits of integrating Lean practices at OMIO Atelier & Design, adapting these methodologies to the specific context of ETO production. The study is structured around a comprehensive theoretical framework that covers the fundamental principles of Lean and its potential application in a highly customized production environment, addressing the specific challenges that ETO companies face when implementing Lean techniques. This literature review highlights the limited maturity of studies on Lean in ETO companies.

Subsequently, a comprehensive analysis of a specific OMIO project will be conducted, allowing for an accurate assessment of its impact, through semi-structured interviews with company representatives. The research identifies several key areas for improvement, including the need for robust control systems and better planning techniques, allowing for the development of a methodological proposal adapted to OMIO and designed to improve production processes and operational efficiency.

Future research should focus on validating these findings with a broader sample and quantitatively assessing the benefits of Lean in ETO companies.

KEYWORDS: Lean Manufacturing, Customer Order Decoupling Point (CODP), Engineering to Order (ETO), Critical Path Method (CPM), 5S, Kanban

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	7
2.- OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	9
2.1.- Objetivo General.....	9
2.2.- Objetivos específicos	9
3.- ESTRUCTURA DEL TRABAJO	10
4.- MARCO TEÓRICO	11
4.1.- METODOLOGÍA LEAN.....	11
4.1.1.- Principios fundamentales	11
4.1.2.- Herramientas y técnicas esenciales.....	16
4.2.- ENGINEERING TO ORDER (ETO).....	37
4.2.1.- Punto de Desacoplamiento.....	37
4.2.2.- Engineer-to-Order (ETO).....	39
5.- METODOLOGÍA: CASO LEAN-OMIO	43
5.1.- Descripción de la empresa	43
5.2.- LEAN OMIO: Heramientas Lean específicas en OMIO. Propuesta de implantación en dos etapas.....	45
5S.....	46
VSM	47
Kanban.....	47
Just-In-Time (JIT)	48
Jidoka.....	48
Integración con diseño.....	49
Revisión y Ajustes.....	49
Gestión de Recursos Humanos.....	49
Evaluación del rendimiento.....	50
6.- RESULTADOS.....	54
6.1.- Aplicación preliminar de las 5S.....	54
6.2.- Aplicación preliminar a un proyecto/pedido representativo.	57
6.2.1.- Mapeo del Flujo de Valor (VSM Actual)	57
6.2.2.- Identificación de oportunidades de mejora.	59
6.2.3.- Propuestas de mejora.	60
6.2.4.- VSM futuro	62
6.3.- Plan de implantación (CPM) de la primera etapa.....	64
7.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.	69
7.1.- Conclusiones.....	69
7.2.- Futuras líneas de investigación.	71
8.- BIBLIOGRAFÍA	73
9.- ÍNDICE DE FIGURAS	76
10.- ÍNDICE DE TABLAS.....	77

1.- INTRODUCCIÓN

La empresa enfrenta desafíos significativos relacionados con la falta de orden y organización en la fábrica, la gestión deficiente de inventarios, y la ausencia de un sistema de control de calidad estructurado. Estos desafíos no solo afectan a la eficiencia operativa sino también la capacidad de la empresa para satisfacer de manera constante las necesidades de personalización y calidad exigidas por su mercado objetivo.

La implantación de Lean Manufacturing es fundamental para abordar estos problemas al reducir desperdicios mediante la identificación y eliminación de procesos que no agregan valor, reduciendo costos y tiempos de producción, mejorando la calidad gracias al establecimiento de controles de calidad más rigurosos y procedimientos estandarizados para reducir errores y aumentar la satisfacción del cliente, aumentando la flexibilidad al mejorar la capacidad de adaptación a los pedidos mediante la estandarización y la optimización de procesos y, por último, fomentando una cultura positiva mediante el desarrollo de un entorno de trabajo que promueva la mejora continua y la adaptabilidad al cambio.

Sin embargo, la implantación del Lean manufacturing depende en gran medida del tipo de fabricación, ya que debe adaptarse a esta para ser efectiva. Cada tipo tiene sus propias características, por lo que es necesario ajustar las herramientas y principios de Lean para maximizar los beneficios. Así como la implantación de Lean Manufacturing en la fabricación en masa suele ser más directa, en la fabricación personalizada se requiere una adaptación significativa de Lean Manufacturing para manejar la alta variabilidad y la personalización. En este caso, la implantación del Lean supone un desafío único debido a la naturaleza personalizada de sus operaciones (Strandhagen et al, 2018). Además, la fluctuación en la demanda de productos personalizados hace que la planificación y gestión del inventario sean particularmente desafiantes. Adoptar un enfoque de producción ágil y sistemas de inventario justo a tiempo puede permitir a las empresas ajustarse rápidamente a los cambios en la demanda sin incurrir en excesos de inventario o falta de recursos (Olhager, 2003).

Uno de los motivos por los que varía la complejidad en la implantación de esta es el lugar en el que se encuentre en Punto de Desacoplamiento del Cliente, CODP de ahora en adelante, dentro del proceso de adición de valor a los materiales. El CODP indica la posición en la cual

se pasa de procesos impulsados por previsiones de demanda a procesos impulsados por la demanda real (Wikner, 2014). Esto significa que, así como en la fabricación en masa puede ser una implantación más directa, en la personalizada y bajo demanda requiere una adaptación significativa para manejar la alta variabilidad y personalización por parte del cliente.

La relevancia de este trabajo en este contexto radica en su potencial para transformar significativamente las operaciones de la empresa, asegurando su sostenibilidad y éxito a largo plazo.

2.- OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1.- Objetivo General

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería de Organización Industrial es la creación de un proyecto de implementación de los principios y prácticas de Lean Manufacturing en el proceso de fabricación de una empresa del sector Contract situada en Valencia, España. El lector debe saber que la empresa para la que se va a hacer el proyecto no es una empresa típica de fabricación de productos en masa, sino una empresa que trabaja con muchos clientes de los que el tipo de productos demandados puede variar de sobremanera. Por esto, se cogerá un proyecto representativo a estudiar para mostrar a la empresa cómo se podría haber hecho de una manera más eficaz y eficiente utilizando las herramientas seleccionadas de dentro de la metodología Lean. Esta empresa se llama OMIO Atelier & Design.

2.2.- Objetivos específicos

1. Analizar las herramientas del Lean Manufacturing
2. Analizar las empresas tipo ETO
3. Proponer las herramientas relevantes para OMIO Atelier & Design
4. Proponer una guía de implantación para OMIO Atelier & Design

3.- ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El trabajo realizado se ha dividido en dos partes; la primera crear un marco teórico con fundamento para sobre la metodología Lean y las empresas que trabajan bajo pedido, llamadas Engineering To Order. Esta primera parte se ha logrado gracias a la búsqueda de documentación científica y extracción de la información pertinente. La segunda parte se centra en el caso práctico de OMIO Atelier & Design en el cual se va a implantar el proyecto una vez terminado el documento. Esto se ha conseguido gracias a las entrevistas con los empleados y con los proveedores correspondientes para la obtención de la información principalmente para la creación del VSM actual.

4.- MARCO TEÓRICO

A continuación, se realiza un análisis exhaustivo de la bibliografía existente, que permitirá describir de manera detallada las bases teóricas y prácticas sobre las que se fundamenta la metodología Lean Manufacturing y sus principales herramientas. Este análisis incluirá una revisión de conceptos clave como el enfoque en la eliminación de desperdicios, la mejora continua (Kaizen), y la optimización de procesos a través de técnicas específicas como 5S, Kanban, Just-In-Time (JIT), y Value Stream Mapping (VSM). Además, se examinarán las características distintivas de las empresas que operan bajo el modelo Engineer-To-Order (ETO), destacando los desafíos únicos que enfrentan, como la gestión de la variabilidad, la personalización de productos y los tiempos de entrega extendidos. Este análisis permitirá contextualizar la aplicación de las prácticas Lean en el entorno particular de las empresas ETO, facilitando una comprensión integral de cómo pueden adaptarse estas herramientas para maximizar su efectividad en dichos entornos.

4.1.- METODOLOGÍA LEAN

4.1.1.- Principios fundamentales

Definición y origen

Lean Manufacturing, también conocido como Lean Production, es una filosofía de gestión enfocada en la minimización del desperdicio dentro de los sistemas de fabricación, al mismo tiempo que maximiza la creación de valor para el cliente final (John Krafcik, 1988). La esencia de Lean radica en la identificación y eliminación sistemática de todas las formas de desperdicio en los procesos, desde la sobreproducción y el exceso de inventario hasta tiempos de espera innecesarios y defectos en la producción (Carreras, 2010).

Los orígenes de Lean Manufacturing se remontan al Japón de la posguerra, específicamente al Sistema de Producción Total, de ahora en adelante TPS, desarrollado por Taiichi Ohno y Eiji Toyoda. En un entorno de recursos escasos y una necesidad crítica de eficiencia, debido a la Segunda Guerra Mundial, el TPS fue diseñado para mejorar los procesos de producción, reducir

costes y responder de manera más flexible a las fluctuaciones de la demanda (Socconini, 2019). Aunque el TPS fue la incubadora de Lean, las raíces de esta filosofía pueden trazarse aún más atrás, hasta el Sistema de Fabricación Ford (FPS) y los métodos de trabajo estandarizados y la producción en masa introducidos por Henry Ford en la primera mitad del siglo XX. Sin embargo, a diferencia del enfoque de Ford, que enfatizaba la eficiencia a través de la especialización y la producción en masa, el TPS y, por extensión, Lean, se centran en la flexibilidad, la calidad y la eliminación de desperdicios (Iuga & Kifor, 2013).

La innovación clave del TPS fue su enfoque en la eliminación del "Muda" (desperdicio), junto con "Muri" (sobrecarga) y "Mura" (inconsistencia), considerados los tres principales impedimentos para la eficiencia. Taiichi Ohno identificó siete tipos de desperdicio en los procesos de producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, sobre procesamiento, inventario, movimiento y defectos. Más tarde, se añadió un octavo desperdicio relacionado con el no aprovechamiento del talento y habilidades de los trabajadores (Chaudhari & Raut, 2017).

El TPS también introdujo conceptos revolucionarios como "Jidoka" (automatización con un toque humano), que permitía a las máquinas detenerse automáticamente en caso de un problema, evitando la producción de defectos; y "Just-In-Time" (JIT), un sistema que busca mejorar el flujo del proceso de producción y reducir el inventario al mínimo necesario (Rüttimann & Stöckli, 2016).

El interés en el TPS y en Lean se disparó a nivel mundial tras la publicación del libro "The Machine That Changed the World" por Womack, Jones y Roos en 1990. Este trabajo, resultado del estudio del Programa Internacional de Vehículos Motorizados del MIT, destacó la superioridad del sistema Lean sobre el modelo tradicional de producción en masa. Desde entonces, Lean se ha adaptado y aplicado en muchas industrias y contextos, desde la fabricación hasta los servicios y la atención sanitaria, demostrando su versatilidad y efectividad más allá de su origen automovilístico.

Aunque Lean se suele describir según sus herramientas y técnicas, su verdadera esencia es filosófica. Se basa en principios de respeto por las personas y mejora continua (Kaizen). La idea es que los empleados, empoderados para identificar y resolver problemas, son el motor de la mejora y la innovación. Este enfoque humanista distingue a Lean de otros sistemas de

producción, enfatizando el desarrollo de una cultura corporativa que valora la contribución de cada individuo (Gupta & Jain, 2013).

Los 5 principios Lean

Como se menciona en *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, escrito por Jones y Womack (1996), el enfoque Lean ofrece una estrategia para definir valor, organizar las acciones que generan valor siguiendo un orden óptimo, ejecutar estas tareas de manera continua cuando sean requeridas y efectuarlas con una eficiencia creciente, tal y como queda reflejado en la Figura 1. “El pensamiento lean es lean porque proporciona un método de hacer más y más con menos y menos –menos esfuerzo humano, menos equipamiento, menos tiempo y menos espacio-, al tiempo que se acerca más y más a ofrecer a los clientes aquello que quieren exactamente”.

Primer principio: Especificar el valor

El primer principio de Lean se centra en entender y definir claramente el valor desde la perspectiva del cliente “El valor sólo puede definirlo el consumidor final” (Jones & Womack, 1996). Cada producto o servicio debe evaluarse según su capacidad para satisfacer las necesidades y deseos del cliente, estableciendo así qué es lo que este quiere pagar. Esta comprensión del valor es crítica, ya que establece el objetivo hacia el cual todos los procesos de producción deben estar alineados. En un mercado cada vez más competitivo, la capacidad de una organización para precisar el valor desde la perspectiva del cliente determina su éxito (Jones & Womack, 1996).

Segundo principio: Identificar el flujo de valor

Tras la definición del valor, se identifica su flujo. Este engloba todas las acciones concretas necesarias para que un producto específico atravesara las tres tareas de gestión críticas de cualquier negocio (Jones & Womack, 1996):

1. Resolución de problemas: Comienza en la fase de concepción, continúa a través del diseño detallado y la ingeniería, y concluye con el lanzamiento a producción.
2. Gestión de información: Desde la recepción del pedido hasta la entrega del producto.
3. Transformación física: Desde la materia prima hasta la entrega del producto terminado al consumidor.

Tercer principio: Flujo

Con los desperdicios identificados y eliminados, el objetivo se convierte en asegurar que los pasos restantes en el proceso de producción fluyan de manera suave y continua, sin interrupciones, retrasos o cuellos de botella. Crear flujo significa diseñar y organizar los procesos de trabajo de manera que los productos se muevan a través de la producción de forma rápida y eficiente (Jones & Womack, 1996). En la práctica, esto puede implicar cambios en la disposición física de la maquinaria, la implementación de equipos multifuncionales, o la adopción de tecnologías que permitan una comunicación más fluida. Un flujo continuo permite a las empresas responder de manera más ágil a las demandas de los clientes y reducir los tiempos de ciclo.

Cuarto principio: Pull (Atracción)

El primer efecto visible de la evolución desde departamentos y lotes a equipos de producto y flujo es que el tiempo necesario para ir desde la concepción al lanzamiento, desde la venta a la entrega y desde la materia prima al consumidor, desciende de manera notable. Este sistema, se aleja del tradicional enfoque de producción push, donde se fabrica basándose en previsiones, hacia un sistema pull que responde directamente a la demanda real del cliente. En un sistema pull, la producción se inicia solo cuando hay una demanda específica, lo que minimiza el inventario en proceso y reduce el espacio y capital invertido en stock no vendido (Jones & Womack, 1996). Este principio se apoya fuertemente en la comunicación efectiva a lo largo de la cadena de suministro y requiere una comprensión clara de la demanda del cliente para evitar escasez o excesos de producción.

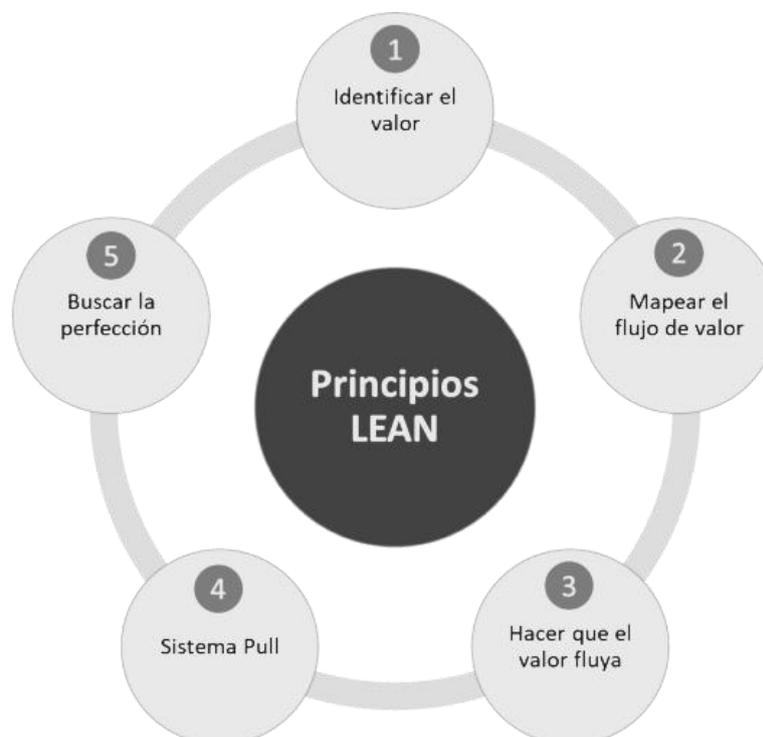
Quinto principio: Perfección

A medida que las organizaciones comienzan a definir claramente el valor, a reconocer integralmente el flujo de valor, a asegurar un flujo constante en las fases que generan valor para productos específicos, y permiten que los consumidores tiren de ese valor hacia ellos desde la empresa, empiezan a experimentar una mejora en su funcionamiento y un aumento en la satisfacción de sus empleados (Jones & Womack, 1996).

El quinto y último principio de Lean es una invitación a la mejora continua. Buscar la perfección es un reconocimiento de que siempre hay espacio para mejorar los procesos, los productos y los servicios. Este principio anima a las organizaciones a no conformarse con el estado actual, sino a estar siempre en la búsqueda de formas para reducir aún más los desperdicios, mejorar la calidad y aumentar la eficiencia. La perfección, en el contexto de Lean, no es un destino final, sino un viaje continuo.

Figura 1

Los 5 principios de Lean Management



Nota: Representación gráfica de los 5 principios Lean. Tomada de Lean Construction de Iván Rubio Pérez, 2021, Instituto Mexicano de Lean Construction.

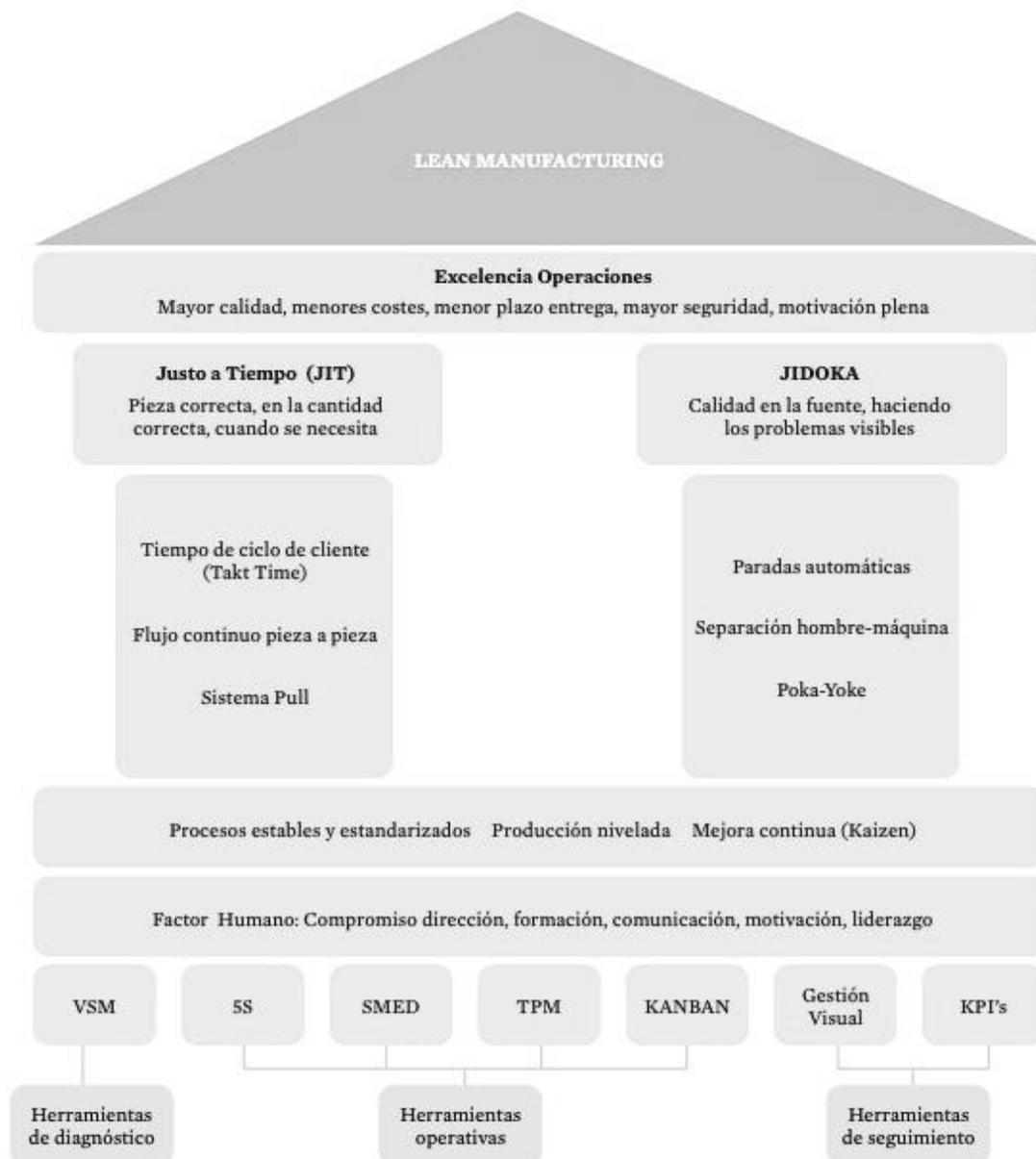
2.1.2.- Herramientas y técnicas esenciales

Just In Time (JIT)

La Metodología Lean tiene su origen en este sistema de producción desarrollado por Toyota en los años 50. El modelo se representa mediante “la casa Toyota” (Figura 2) e ilustra como diferentes elementos y herramientas de Lean contribuyen conjuntamente a la excelencia operativa en la producción. En el nivel más alto, el objetivo global del Lean Manufacturing se define como la búsqueda de mayor calidad, costes reducidos, tiempos de entrega más cortos, seguridad incrementada y motivación completa. Debajo de este objetivo, se presentan estrategias clave como Justo a Tiempo (JIT) y Jidoka, que aseguran la producción eficiente y la calidad desde el origen. Más abajo, principios operativos como el tiempo de ciclo del cliente (Takt Time) y técnicas de error a prueba (Poka-Yoke) establecen los ritmos de producción y los controles de calidad. En la base, las herramientas de diagnóstico y operativas como VSM, 5S, y Kanban, apoyan la implementación práctica de estos principios, asegurando que los procesos sean estables, estandarizados y en constante mejora. Cada nivel de esta estructura contribuye al fortalecimiento de los pilares fundamentales de Lean, facilitando un flujo de trabajo coherente y eficiente que impulsa la mejora continua en la organización.

Figura 2

Adaptación TPS actualizada a casa Toyota



Nota: Tomada de *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación* (p. 18), por Hernández Matías y Vizán Idoipe, 2013, Fundación EOI.

Una de las ideas a subrayar es el flujo continuo, lo que significa que te mueves con un solo producto a lo largo de cada paso del proceso sin agruparlo en un lote. Esto lleva a una reducción del proceso de trabajo al mínimo teniendo la capacidad constante de proveer los productos terminados al consumidor, evitando una muda incontrolable. Luego, el *takt time*, un concepto que describe el ritmo al cual los productos tienen que ser producidos para conseguir llegar a la demanda del cliente. Una empresa no quiere solamente producir bienes, también quiere que salgan de fábrica al mismo ritmo que el que la demanda pide. Respecto al cuarto principio de la metodología, el sistema *pull*, es una manera de producir bienes que funciona aguas arriba, lo que significa que las señales visuales que generan información aguas abajo desencadenan la acción en el paso anterior del proceso (Golhar & Stamm, 1991).

Así, los elementos fundamentales son:

1. Minimización del inventario ya que propone que son una de las principales mudas y que deben reducirse lo más posible. Por eso la existencia del flujo continuo y el sistema *pull*.
2. En JIT, la calidad es fundamental y tiene que estar integrada en todo el flujo porque no hay inventarios excesivos para compensar productos defectuosos. Por lo tanto, se hace hincapié en detectar y solucionar problemas de calidad en su origen, lo que a menudo requiere que las máquinas se detengan para corregir cualquier problema antes de continuar la producción.
3. Requiere una colaboración estrecha y confiable con los proveedores, ya que la entrega oportuna de materiales de calidad es crucial. Las empresas a menudo trabajan con proveedores locales o implementan políticas que aseguren la entrega rápida y fiable de materiales para no interrumpir la cadena de producción (Cheng & Podolsky, 1996).

Los principales beneficios de su aplicación correcta son:

- Reducción de la pérdida de inventario ya que no se acumulan bienes que el cliente no necesita.
- Reducción en el coste de almacenes ya que no necesitas almacenar durante mucho tiempo el producto fabricado.
- Le da al fabricante más control ya que puede disminuir o aumentar el ritmo de producción de los productos basados en la demanda (Business School 101, 2022).

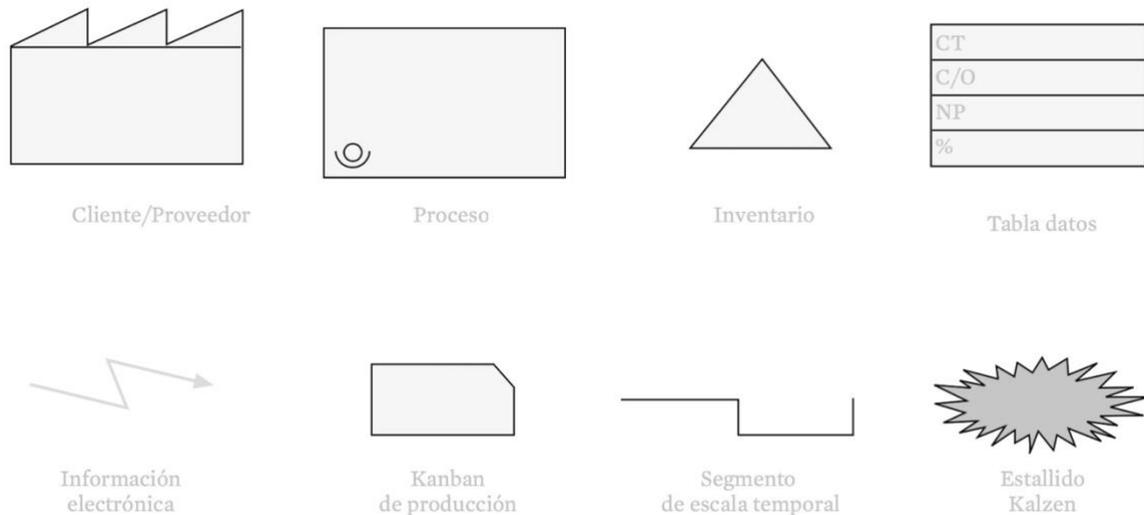
Value Stream Mapping (VSM)

El Value Stream Mapping (en adelante VSM), es una técnica diseñada para analizar detalladamente los flujos de materiales e información desde el proveedor hasta que se cumple con las expectativas del cliente (Serrano, 2007). El objetivo de esta herramienta de diagnóstico es mapear todas las actividades, tanto las que agregan valor como las que no, que son necesarias para transformar la materia prima en producto terminado. Esta tarea se realiza para identificar oportunidades de mejora, utilizando principios del lean. A partir de aquí, se busca esquematizar un estado futuro óptimo y lanzar proyectos de mejora basados en los hallazgos (González et al, 2018).

Primero hay que seleccionar el producto o servicio (o familia) ya que no se puede aplicar a los procesos generales porque el flujo de valor puede variar significativamente dentro de la misma empresa. Luego se forma a un equipo interfuncional que incluye representantes de todos los pasos del proceso que “mapea” el estado actual utilizando símbolos estándar, recopilando datos cuantitativos y representando las líneas de flujo. Cada símbolo representa una etapa específica en el flujo de valor, como el transporte, la inspección, el retraso, etc (Figura 3). Es importante que todos los miembros del equipo comprendan estos símbolos para poder interpretar correctamente el mapa (Hernández & Vizán, 2013).

Figura 3

Ejemplos de símbolos VSM



Nota: Tomada de Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación (p. 90), por Hernández Matías y Vizán Idoipe, 2013, Fundación EOI.

Basándose en el estado actual, el equipo identifica desperdicios y diseña un estado futuro el cual se implementa mediante un minucioso plan (Serrano, 2007). Para que la implementación del VSM sea exitosa, es crucial que todos los niveles de la organización estén involucrados y comprometidos con el proceso. Esto incluye a la alta dirección, los gerentes de línea y los trabajadores de primera línea.

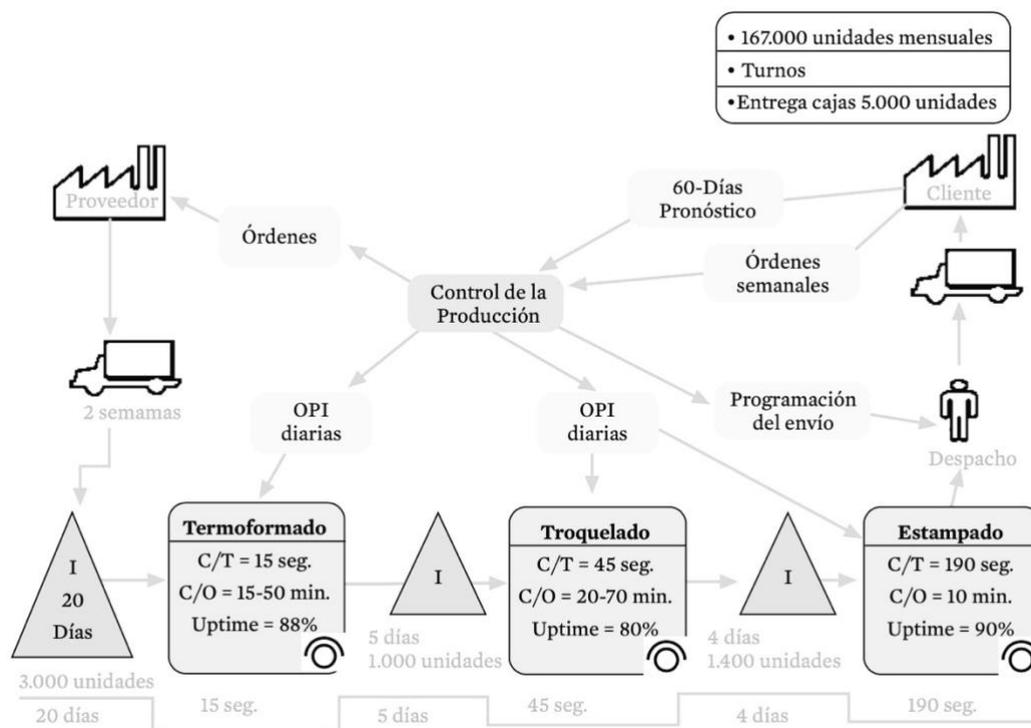
La aplicación correcta de esta técnica puede generar información valiosa con la que se pueden identificar y reducir desperdicios, incluyendo la sobreproducción, esperas innecesarias, transporte y movimiento excesivo, lo que lleva a una mejora en la eficiencia y reducción de costos. En un mundo en el que los gustos del cliente varían tanto, es fundamental pues, además de mejorar la calidad del producto o servicio y por tanto la satisfacción del cliente, aumentar

la flexibilidad operativa, permitiendo a las empresas adaptarse a los cambios de la demanda. Además, el VSM mejora la comunicación y visibilidad entre los departamentos, fomentando una cultura de mejora continua que impulsa la innovación y eficiencia a lo largo de toda la organización (Guaila & Defazm, 2014).

Esta herramienta es una de las principales generadoras de ventajas operativas y estratégicas en las organizaciones. La principal y en la que es más efectiva es en identificar todas las formas de muda permitiendo eliminarla o reducirla significativamente. Ayuda a detectar los puntos donde ocurren los defectos o de comprometer la calidad, permitiendo implementar mejoras específicas que aumentan la calidad del producto final. Facilita una mejor comprensión de los flujos de materiales, lo que permite a las empresas adaptarse más rápidamente a los cambios en la demanda del cliente y las condiciones del mercado. Esto mejora la capacidad de respuesta de la empresa y fortalece de sobremanera su competitividad (Hernández & Vizán, 2013).

Figura 4

Ejemplo de mapa de flujo de valor



Nota: Tomada de *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación* (p. 93), por Hernández Matías y Vizán Idoipe, 2013, Fundación EOI.

Tal y como se muestra en el ejemplo de la Figura 4, el VSM se centra en el flujo de valor en su conjunto, en lugar de en los procesos individuales. Esto permite a las empresas identificar las áreas de desperdicio y las oportunidades de mejora en todo el flujo de valor, en lugar de solo en ciertos procesos. Además, es una herramienta valiosa para la planificación estratégica. Al visualizar el estado futuro, las empresas pueden utilizar el VSM para planificar y priorizar sus iniciativas de mejora. El VSM no es un documento estático, sino que debe actualizarse continuamente para reflejar los cambios en los procesos y las condiciones del mercado. Esto asegura que el mapa siga siendo relevante y útil para la empresa (Hernández & Vizán, 2013).

Sistemas Pull y Kanban

Pull (Atracción)

Pull, en términos sencillos, significa; “que nadie aguas arriba debería producir un bien o servicio hasta que el consumidor, aguas abajo, lo solicite” (Jones & Womack, 1996). Una de las mejores maneras de entender la lógica y lo que supone el pensamiento pull sería empezar con el consumidor final y trabajar aguas arriba pasando por todas las etapas para llevar el producto o servicio deseado. Se podría decir que el objetivo principal de este sistema es asegurar que se produzca solo lo necesario, en el momento necesario y en las cantidades necesarias con el objetivo de reducir los desperdicios y aumentar la calidad (Liker, 2004).

Los principios en los que se basa este sistema son principalmente:

1. Demanda del cliente como impulsor de la producción lo que significa a grandes rasgos que la producción está directamente vinculada a la demanda específica del cliente.
2. Minimización de inventarios como consecuencia del primer principio.
3. Mejora de la flexibilidad y la respuesta.
4. Reducción de costes y aumento de la eficiencia.

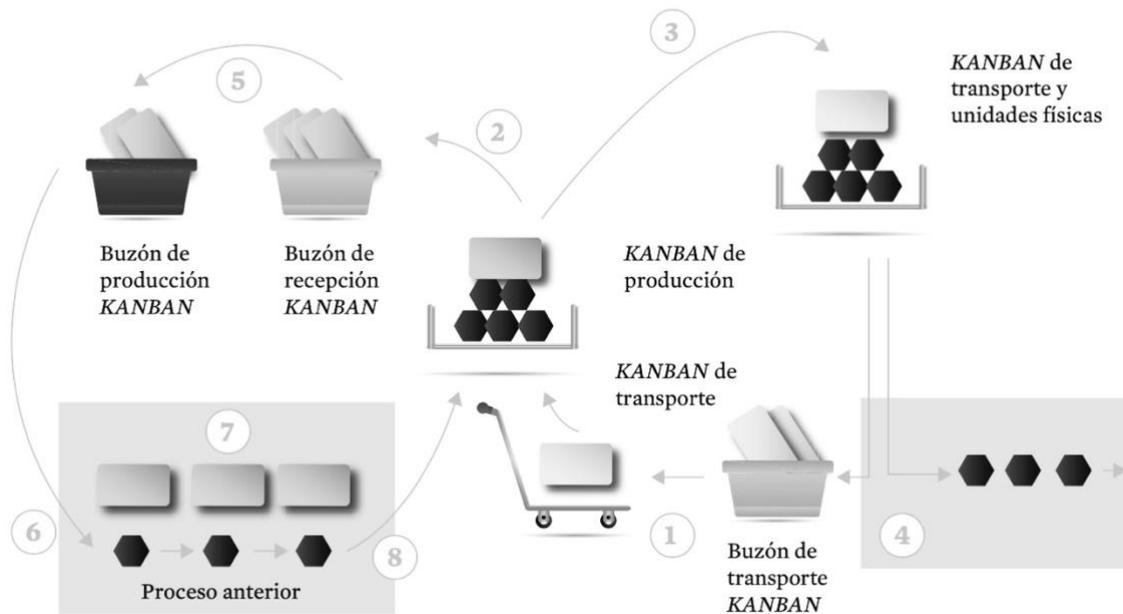
Implementar un sistema pull a menudo involucra el uso de herramientas como Kanban, que es una de las metodologías más conocidas para facilitar la producción pull. La comentaremos luego más detenidamente pero así grosso modo, Kanban utiliza señales visuales (generalmente tarjetas) para indicar cuándo se debe reabastecer o producir más productos. Estas señales ayudan a regular el flujo de trabajo y aseguran que cada componente de la cadena de producción tenga la información necesaria para actuar de acuerdo con la demanda actual (Liker, 2004).

Kanban

El sistema pull necesita un control, otro sistema de seguimiento que no falle y esta es la herramienta operativa Kanban. Un sistema de control y programación de la producción que se basa en el uso de tarjetas o señales visuales. Este método, cuyo nombre proviene del japonés y significa "tarjeta" o "señal", simplifica la gestión de la producción. Kanban fue desarrollado dentro del Toyota Production System en Japón después de la Segunda Guerra Mundial,

diseñado para gestionar eficazmente los inventarios y la producción en las líneas de montaje de automóviles (Japan Management Association, 2018). Un esquema de su funcionamiento se muestra en la Figura 5.

Para implementar el sistema Kanban de manera efectiva, es fundamental entender que se trata de un método de control de producción que utiliza tarjetas o señales visuales para gestionar el flujo de trabajo y materiales. El sistema asegura que cada etapa del proceso productivo solo inicie la producción de nuevas piezas o productos finales cuando los componentes necesarios se retiren de la etapa anterior, lo que sincroniza perfectamente el flujo de materiales (Hernández & Vizán, 2013). Las tarjetas Kanban se adhieren a contenedores o envases que almacenan materiales o productos específicos, mostrando la cantidad exacta que cada uno debe contener. Esta configuración facilita la comunicación de las órdenes de fabricación a lo largo de las distintas estaciones de trabajo, proporcionando información vital (Figura 6) como la identificación y el código de la pieza a fabricar, la ubicación del centro de trabajo de donde provienen las piezas, el destino de fabricación, la cantidad de piezas a producir y el lugar de almacenamiento de los productos terminados (ROBLES, 2015).

Figura 5*Esquema del sistema Kanban*

Nota: Tomada de *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación* (p. 76), por Hernández Matías y Vizán Idoipe, 2013, Fundación EOI.

La implementación comienza con la selección de un flujo de trabajo adecuado para la aplicación de Kanban y la definición clara de los puntos de control y los niveles de inventario para cada artículo. Se diseñan y distribuyen las tarjetas Kanban que se utilizarán en esos puntos. Un ejemplo de diseño de una tarjeta Kanban se muestra en la Figura 5. Es crucial capacitar al personal para que comprendan cómo funciona el sistema y su rol dentro del mismo (Hernández & Vizán, 2013).

Figura 6

Ejemplo tarjeta Kanban

Descripción de producto				ID de producto	
Tarjeta Kanban				1/3	
Cantidad	250	Lead time	6 días	Fecha de pedido	
Proveedor	Soluciones Industriales SA			Fecha de entrega	
Solicitado por	J. Pérez		Tarjeta 2 de 3		
			Ubicación	Estantería R8	

Nota: Tomada de *Logistica360 Supply Chain Management*.

Los beneficios de Kanban incluyen la reducción de inventarios, ya que ayuda a reducir el costo de almacenar exceso de inventario al producir solo lo necesario, el aumento de la flexibilidad al mejorar la capacidad de adaptación a los cambios en la demanda de los clientes, y la mejora continua al facilitar la identificación de cuellos de botella y problemas en los procesos. La implementación de Kanban requiere una evaluación cuidadosa de la cadena de suministro, capacitación del personal y el uso de herramientas tecnológicas como software de Kanban digital para seguimiento en tiempo real y análisis (ROBLES, 2015).

5S para la Organización

Esta herramienta representa la implementación estructurada y sistemática de principios de orden y limpieza en el lugar de trabajo, que evoluciona de prácticas menos formales y metódicas previamente establecidas en la organización de los medios de producción. El nombre "5S" se deriva de las iniciales en japonés de cinco palabras que comienzan con "S": *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* y *Shitsuke*. Estos términos significan, respectivamente: eliminar lo que no es necesario, organizar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y sostener la disciplina.

El concepto de 5S, aunque debería ser familiar para cualquier empresa, desafortunadamente a menudo resulta novedoso. Esta técnica se utiliza globalmente con excelentes resultados debido a su sencillez y efectividad, convirtiéndola en la primera herramienta que debe implantarse en cualquier empresa que inicie la implementación de Lean Manufacturing. La 5S produce resultados tangibles y cuantificables fácilmente visibles y con un impacto significativo en poco tiempo (Hernández & Vizán, 2013). Además, proporciona una forma indirecta de hacer que el personal reconozca la importancia de los pequeños detalles, demostrando cómo la calidad y el bienestar de su entorno laboral dependen directamente de sus acciones, fomentando así una actitud positiva hacia su lugar de trabajo.

Los principios de 5S son intuitivos y su implementación no requiere conocimientos especializados ni grandes inversiones financieras. Sin embargo, tras su aparente simplicidad se oculta una herramienta poderosa y versátil que muchas empresas no han aprovechado completamente. Su adopción pretende eliminar síntomas disfuncionales que pueden afectar gravemente la eficiencia de una organización (Hernández & Vizán, 2013). Varios de estos síntomas pueden ser:

- Aspecto sucio de la planta: Esto se refiere a la limpieza y mantenimiento de máquinas, instalaciones y técnicas empleadas dentro de la planta.
- Desorden: Pasillos bloqueados, herramientas dispersas y desorganización de embalajes, que dificultan el flujo de trabajo eficiente.
- Elementos rotos: Incluye desde mobiliario dañado hasta cristales rotos, señales y topes inadecuados, e indicadores defectuosos que pueden comprometer la seguridad y la funcionalidad del espacio de trabajo.
- Falta de instrucciones sencillas de operación: La ausencia de directrices claras y accesibles para el manejo correcto de equipos y procesos.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo: Falta de compromiso o cuidado por parte de los trabajadores hacia su entorno laboral, lo que puede reflejar una cultura organizacional deficiente.
- Movimientos y recorridos innecesarios de personas, materiales y utillajes: Ineficiencias en el diseño del espacio de trabajo que resultan en pérdidas de tiempo y esfuerzo, aumentando los costos operativos.

La implementación de las 5S en una empresa suele seguir un proceso estructurado de cinco etapas, que requiere la asignación de recursos, la adaptación a la cultura organizativa existente y la consideración cuidadosa de los factores humanos. Es fundamental que la dirección de la empresa comprenda y esté convencida de que las 5S requieren una inversión significativa en tiempo por parte de los operarios y que las actividades iniciadas deben mantenerse de manera continua.

Para facilitar la comprensión y el compromiso del personal con este sistema, es crucial preparar material didáctico que explique la importancia de las 5S y los conceptos básicos de esta metodología. Un paso inicial efectivo en la implementación de las 5S es seleccionar un área piloto dentro de la organización para concentrar los esfuerzos iniciales. Esta área debe ser bien conocida y elegida por su alta probabilidad de éxito temprano, lo que puede proporcionar resultados significativos y motivadores (Hernández & Vizán, 2013).

Este planteamiento focalizado no solo sirve como un ejercicio de aprendizaje, sino que también establece un precedente para el despliegue posterior de las 5S en toda la organización. Los comportamientos y hábitos establecidos mediante la implementación de las 5S facilitan la adopción de otras técnicas de Lean, ya que el personal estará más acostumbrado a los principios de eficiencia y organización.

Implementar las 5S también puede servir para romper con los procedimientos antiguos y adoptar una nueva cultura que priorice el mantenimiento del orden, la limpieza, la higiene y la seguridad como aspectos esenciales del proceso productivo y de los objetivos generales de calidad de la organización. Por lo tanto, la estrategia de las 5S es un paso crítico hacia el desarrollo de una cultura Lean en profundidad (Hernández & Vizán, 2013).

A continuación, se detallan las etapas necesarias para implementar las 5S.

Eliminar (Seiri)

La primera etapa de las 5S implica la clasificación y eliminación de todos los elementos innecesarios o inútiles en el área de trabajo. La pregunta clave es: “¿es esto útil o inútil?”. Este proceso distingue entre lo que es esencial y lo que no lo es, facilitando la gestión eficiente del espacio y los recursos. La implementación de Seiri se lleva a cabo mediante el uso de

"tarjetas rojas" (Figura 7) que sirven para identificar y marcar aquellos elementos que podrían no ser estrictamente necesarios.

Figura 7

Tarjeta roja para almacén

ALMACÉN DE REFACCIONES		No.
TARJETA ROJA		
Fecha:	Turno:	
Responsable:		
Material/Artículo:		
Cantidad:		
PLAN DE ACCIÓN		
Buscar código		
Reubicar		
Codificar		
Eliminar		
Otro(especifique):		
Comentario:		
Fecha p/concluir acción:		

Nota: Tomada de Implementation of the 5S methodology in a reference store por López y Barrios de Diciembre del 2019

Este método simplifica la toma de decisiones sobre si un objeto debe ser conservado o descartado, lo que a su vez ayuda a mantener el lugar de trabajo despejado de estorbos y elementos prescindibles que pueden conducir a despilfarros tales como manipulaciones y transportes innecesarios, pérdida de tiempo en localizar objetos y la acumulación de materiales obsoletos.

Además, Seiri acelera el desempeño de las tareas al clasificar los objetos según su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de uso. Al prescindir de todo aquello que no se necesita, se libera espacio valioso en los puestos de trabajo, se evitan errores y se facilita la búsqueda y acceso a los materiales y herramientas necesarios, garantizando que solo se disponga de material en buen estado.

Ordenar (Seiton)

La segunda fase de las 5S implica organizar meticulosamente los elementos clasificados como necesarios para que su localización y acceso sean rápidos y sencillos. Esto se logra definiendo y marcando claramente los lugares de ubicación de cada elemento para facilitar su búsqueda y garantizar que sean devueltos a su posición original después de su uso. Una actitud común que va en contra de los principios de Seiton es el pensamiento de "lo ordenaré mañana", que a menudo resulta en una práctica de "dejar las cosas en cualquier lugar".

La implementación efectiva de Seiton incluye:

- Delimitar claramente las áreas de trabajo, almacenamiento y zonas de paso.
- Asignar un lugar adecuado para cada ítem, evitando duplicidades, con la máxima de que cada cosa tiene su lugar y debe haber un lugar para cada cosa.

Para poner en práctica Seiton, es necesario tomar decisiones sobre dónde y cómo se deben colocar los objetos, considerando la frecuencia de uso y siguiendo criterios de seguridad, calidad y eficacia. El objetivo es alcanzar un nivel de orden óptimo que permita la producción de alta calidad y eficiencia, proporcionando a los empleados un ambiente de trabajo que favorezca la ejecución correcta y eficiente de sus tareas.

Limpieza e inspección (Seiso)

Seiso, que se traduce como limpiar, implica mucho más que simplemente mantener el entorno de trabajo libre de suciedad. La tercera fase del 5S se centra en limpiar e inspeccionar el entorno laboral para identificar y prevenir defectos antes de que ocurran. La aplicación de Seiso incluye varias acciones críticas:

- Integrar la limpieza en la rutina diaria: Considerar la limpieza como parte esencial del trabajo diario, no como una tarea secundaria o menos importante.

- Considerar la limpieza como una inspección: Adoptar la limpieza no solo como una actividad para mantener el orden, sino como una oportunidad para inspeccionar y verificar el buen estado y funcionamiento de los equipos y herramientas.
- Enfocarse en eliminar las fuentes de suciedad: Priorizar la prevención de la suciedad en lugar de solo tratar sus consecuencias, abordando las causas raíz que llevan a la acumulación de desechos y suciedad.
- Mantener todo en condiciones óptimas: incluye reponer cualquier elemento faltante como tapas de máquinas o documentos, hacer ajustes para el uso más eficiente de los equipos, y reparar o reemplazar los elementos dañados o reparados provisionalmente. El objetivo es mantener las cosas en su estado original o "como el primer día".

La limpieza es fundamental no solo para mantener la estética y la organización, sino que también actúa como una forma de inspección. A través de la limpieza regular, se pueden identificar problemas como fugas de aceite, tornillos sueltos, cables desprendidos, entre otros. Este proceso de limpiar para inspeccionar, inspeccionar para detectar y detectar para corregir es vital para garantizar la operatividad y seguridad en el lugar de trabajo.

Estandarizar (Seiketsu)

La etapa de Seiketsu es crucial para afianzar los objetivos logrados con las primeras tres "S", ya que permite que los beneficios obtenidos se mantengan a largo plazo. La estandarización en esta fase implica adoptar un método estructurado para realizar procedimientos específicos, enfatizando la importancia del orden y la organización en todas las actividades. Un estándar representa el método más efectivo, sencillo y práctico para trabajar, que puede documentarse a través de medios variados como documentos escritos, fotos o diagramas. Una gran barrera para Seiketsu es la falta de consistencia, a menudo manifestada en acciones esporádicas que, si no se corrigen, pueden derivar en la frecuente omisión de los procedimientos establecidos. Implementar esta fase trae múltiples beneficios, como:

- Preservar los niveles de rendimiento obtenidos mediante las primeras implementaciones de las "S".
- Desarrollar y adherirse a normas de limpieza, verificando su correcta aplicación.
- Comunicar a todo el equipo la relevancia de seguir estos estándares.

- Fomentar una cultura de orden y limpieza en la organización.
- Minimizar los errores en las tareas de limpieza que podrían causar accidentes.

Para llevar a cabo una implementación efectiva de una limpieza estandarizada, se pueden seguir estos pasos:

- Definir y delegar responsabilidades claras para las actividades relacionadas con las primeras 3S, asegurando que cada empleado conozca sus tareas específicas, cuándo y cómo realizarlas.
- Integrar las prácticas de 5S en las rutinas diarias de trabajo.
- Revisar periódicamente el cumplimiento y la efectividad de las prácticas establecidas para mantener los pilares de las 3S, evaluando cómo estas prácticas se llevan a cabo y buscando formas de mejorar la aplicación y los resultados.

Disciplinar (Shitsuke)

Shitsuke, que se traduce como "disciplinar" o "sostener", es el quinto y último paso de la metodología 5S en Lean Manufacturing. Este paso es fundamental para asegurar la continuidad y la efectividad de las primeras cuatro S. La esencia de Shitsuke es fomentar el compromiso a seguir las normas establecidas y mantener el orden y la eficiencia logrados con las etapas anteriores.

Es crucial porque se centra en la creación de una cultura de trabajo que valore la adherencia a las normas y la autodisciplina. Sin Shitsuke, los esfuerzos realizados en las etapas previas de 5S podrían perderse, volviendo la organización a sus viejos hábitos y prácticas ineficientes. Este paso ayuda a inculcar un sentido de responsabilidad en cada empleado, asegurando que todos entiendan su papel en el mantenimiento de un ambiente de trabajo ordenado y eficiente.

Control Visual

El control visual es una técnica de gestión que utiliza señales visuales para comunicar información importante de manera rápida y clara a todos los niveles de la organización. Preguntas como ¿Ha sido un buen día de trabajo?, ¿Qué es lo que se espera de nosotros hoy? O ¿Realmente la gente está involucrada? Se suelen contestar cuando una organización aplica

esta técnica de manera correcta (Invest Northern Ireland, 2021). Se centra en la información de alto valor que ponga en evidencia los fallos en el sistema y las opciones de mejora.

El objetivo principal del control visual es mejorar la transparencia y accesibilidad de la información para facilitar la toma de decisiones rápida y mejorar la eficiencia operativa. Al hacer que el estado y los estándares de los procesos sean obvios, el control visual ayuda a mantener la calidad, asegurar la consistencia y acelerar el entrenamiento de los empleados.

En este contexto, el control visual emerge como una herramienta clave de Lean Manufacturing que transforma la gestión especializada en una gestión más simple y transparente, involucrando activamente a todos los empleados. Esta herramienta es fundamental para "estandarizar" la gestión dentro de Lean, asegurando que cada miembro del equipo comprenda claramente cómo sus acciones impactan en los resultados globales de la empresa. Desde la perspectiva Lean, estas técnicas no solo mantienen al personal bien informado sobre el impacto de sus esfuerzos, sino que también les otorgan el poder y la responsabilidad de alcanzar sus objetivos. Esta práctica subraya la importancia de la motivación de los empleados a través de la información en la metodología Lean (Hernández & Vizán, 2013).

El control visual opera bajo el principio de "a simple vista", donde cualquier persona puede entender el estado de las cosas simplemente mirando. Este método depende de la colocación estratégica de herramientas visuales en puntos clave del proceso de producción o servicio (Hernández & Vizán, 2013).

Se pueden destacar los siguientes componentes clave (Invest Northern Ireland, 2021):

- Señales visuales que incluyen etiquetas, colores, luces, símbolos y letreros que indican información sobre el proceso.
- Tableros que muestran métricas clave de rendimiento en tiempo real.
- Demarcaciones en el suelo y guías visuales para indicar áreas de trabajo, rutas de seguridad y ubicaciones de equipos.
- Poka-yoke, dispositivos a prueba de errores que previenen o destacan errores en el proceso.

La implementación efectiva de mecanismos de comunicación visual en una fábrica requiere un cambio cultural significativo y no se logra de la noche a la mañana. Para avanzar hacia un sistema efectivo de participación en la información, es crucial que tanto la dirección como el

personal de supervisión respalden y fomenten este proceso de cambio, comunicando claramente a toda la organización la nueva perspectiva adoptada. Para incrementar las posibilidades de éxito en la implementación de la comunicación visual, se recomiendan los siguientes pasos (Hernández & Vizán, 2013):

- Nunca iniciar un proyecto de comunicación visual sin primero asegurar el compromiso de la compañía con directrices claras y principios previamente establecidos.
- La comunicación visual no debe tratarse como una mera técnica. Si la dirección no adopta este concepto de manera integral, la divulgación de información no trascenderá más allá de ser un gesto superficial y debates intrascendentes.
- Una vez superados los desafíos iniciales entre la dirección y la gestión de la información, se puede comenzar.
- La aplicación de un sistema de indicadores no debe limitarse a colocar gráficos de control de gestión en los lugares de trabajo. Es esencial cambiar la percepción del sistema de mediciones, enfocándose en indicadores de proceso y descentralizando la adquisición, medición, presentación y análisis de los datos.
- Es crucial considerar los aspectos culturales específicos de medición y la cultura del personal al publicar resultados. Permitir que los usuarios participen en la creación de estándares y fomentar el trabajo en pequeños grupos y el contacto informal con la cadena jerárquica puede ser beneficioso.
- Desarrollar un sistema de responsabilidades compartidas entre los departamentos de producción y funcionales como mantenimiento e ingeniería industrial.
- Reorientar las funciones de control de calidad para centrarse más en la observación directa de los hechos y la resolución de problemas, en lugar de supervisar a los individuos en busca de culpables.
- Fomentar la participación del personal de producción en proyectos de mejora continua en sus áreas de trabajo.

Kaizen

La mejora continua, esencial en la filosofía Lean Manufacturing, se sustenta en la constante eliminación del desperdicio y la optimización de procesos. Central para esta filosofía es el espíritu Kaizen, un término japonés que significa "cambio para mejorar", derivado de "Kai"

(cambio) y "Zen" (bueno). Kaizen implica un cambio profundo en la actitud hacia la mejora continua y el aprovechamiento de las capacidades de todo el personal, propulsando el sistema hacia el éxito mediante una cultura de cambios constantes y evolución hacia prácticas superiores (Crisóstomo, & Jiménez, 2021).

Esta cultura de mejora continua, aunque conceptos bien establecidos, enfrenta desafíos significativos en su aplicación práctica dentro del ambiente empresarial, requiriendo un cambio radical en el pensamiento y la organización que debe sostenerse a lo largo del tiempo. Históricamente, la mejora continua tiene sus raíces en las contribuciones de Deming y Juran en calidad y control estadístico de procesos, y fue evolucionada por visionarios como Ishikawa, Imai y Ohno, quienes enfatizaron la importancia de la participación de los trabajadores en la resolución de problemas y el fomento de la responsabilidad personal.

El proceso de mejora continua defiende la idea de que "siempre hay un método mejor" y se caracteriza por avances graduales a través de pequeñas innovaciones y mejoras contribuidas por todos los empleados, incluidos los directivos. Estas mejoras acumulativas conducen a una garantía de calidad, reducción de costos y entrega precisa a los clientes. Sin embargo, cuando las mejoras incrementales se vuelven insignificantes, se necesitan inversiones en nueva tecnología o enfoques radicales como la reingeniería para seguir avanzando (Crisóstomo, & Jiménez, 2021).

Implica una serie de actividades que identifican y eliminan sistemáticamente las prácticas ineficientes usando medidas incrementales, en lugar de esperar a realizar grandes cambios de una sola vez. En la figura 8 se especifican los diez puntos clave del espíritu Kaizen entre los que se encuentran los siguientes factores clave:

- Fomenta y valora las sugerencias de todos los empleados.
- Utiliza equipos pequeños para abordar problemas específicos y encontrar soluciones.
- Sesiones estructuradas donde los equipos se enfocan intensamente en mejoras en áreas específicas.
- Promueve una comunicación franca y abierta entre la gerencia y los empleados.

No obstante, el enfoque Kaizen no está exento de desafíos, especialmente relacionados con la necesidad de un cambio en la mentalidad de los directivos y del personal. Como Maquiavelo

señaló, iniciar reformas es extremadamente difícil debido a la resistencia de aquellos que se benefician del sistema actual y la tibia aceptación de los que se beneficiarían del nuevo. Los empleados, que interactúan directamente con los procesos diarios y a menudo son los más capacitados para identificar y resolver problemas, son cruciales para el éxito continuado de este modelo. Por lo tanto, es fundamental reconocer que la mejora continua no solo es el núcleo del éxito del modelo Lean en Japón, sino también es crucial para asegurar que los beneficios de la implementación de cualquier herramienta Lean sean duraderos.

Figura 8

Tabla de los 10 puntos clave del espíritu Kaizen

Los 10 puntos clave del espíritu Kaizen

1. Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas.
2. En lugar de explicar los que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo.
3. Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora.
4. No buscar la perfección, ganar el 60% desde ahora.
5. Corregir un error inmediatamente e in situ.
6. Encontrar las ideas en la dificultad.
7. Buscar la causa real, plantearse los 5 porqués y buscar la solución.
8. Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una sola.
9. Probar y después validar.
10. La mejora es infinita.

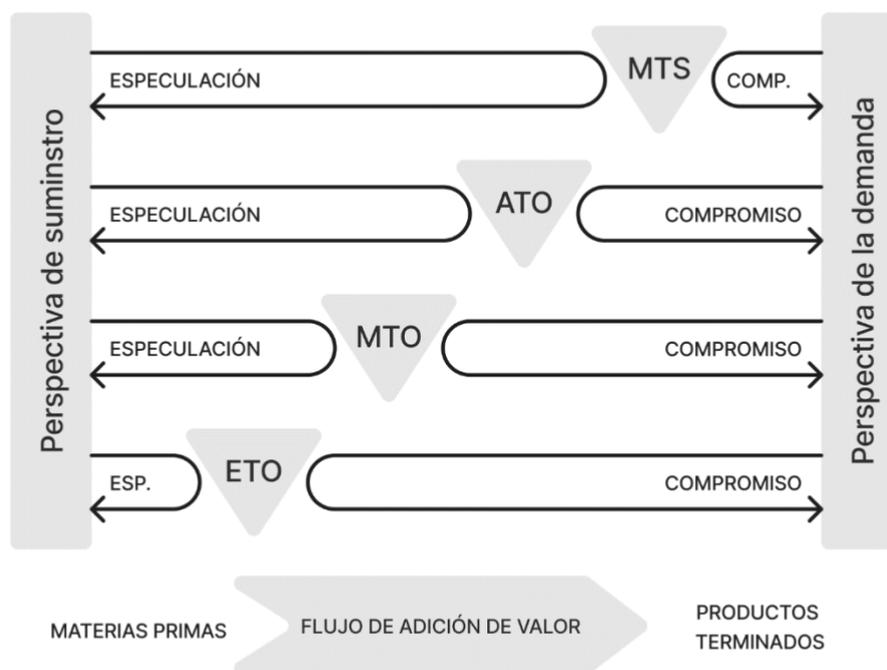
Nota: Tomada de *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación* (p. 29), por Hernández Matías y Vizán Idoipe, 2013, Fundación EOI.

4.2.- ENGINEERING TO ORDER (ETO)

En este apartado, se realiza una revisión bibliográfica sobre los tipos de empresas especializadas en una producción personalizada y exclusiva bajo pedido, además de destacar sus características clave.

4.2.1.- Punto de Desacoplamiento

El punto de desacoplamiento es significativo en la gestión de operaciones y la cadena de suministro ya que indica la posición en donde se pasa de procesos impulsados por pronósticos a procesos impulsados por la demanda real (Wikner, 2014). Si concretamos, el punto de desacoplamiento, a partir de ahora CODP (Customer Order Decoupling Point) por sus siglas en inglés es el lugar en el cual se configura o personaliza un producto específicamente según los requerimientos del cliente. Hasta este punto, las actividades pueden basarse en predicciones y estimaciones de demanda general; más allá de este punto, todas las actividades están directamente influenciadas por las especificaciones del pedido del cliente. Este determina hasta qué etapa del proceso de producción se puede planificar y producir de manera estandarizada, y desde qué punto todo debe ser personalizado. Fue inicialmente desarrollado solamente para los procesos de producción y, en función de su posición en la cadena de valor, se pueden distinguir cuatro estrategias principales de ejecución de pedidos (Wortmann, 1983): Make to stock (MTS), Assemble to order (ATO), Make to order (MTO), and Engineer to order (ETO) según se muestra en la Figura 9. Siendo el desarrollo de este trabajo para una empresa de este último tipo, es el único que se va a desarrollar.

Figura 9*Posicionamiento del CODP**Nota: Elaboración propia*

La comprensión y gestión de este punto influye de sobremanera en la eficiencia operativa, ya que permite a las empresas optimizar la producción al minimizar el almacenamiento de inventarios que podrían no ser necesarios. Al no producir hasta que se ha confirmado un pedido, las empresas pueden evitar el costo y el espacio asociados con el almacenamiento de productos terminados que tal vez no se vendan. Además, gracias a esto, es más fácil para la empresa responder de manera más precisa a las demandas específicas del cliente, aumentando la calidad y por tanto satisfacción del cliente.

En términos de la cadena de suministro, el punto de desacoplamiento implica que las empresas tengan una muy buena y altamente coordinada relación con sus proveedores ya que estos tienen

que enviar los materiales requeridos en el plazo correcto para optimizar así el uso de recursos y el espacio de fabricación (Rudberg, & Wikner, 2004).

4.2.2.- Engineer-to-Order (ETO)

Definición y Relevancia en la Industria

El modelo de producción "Engineer-to-Order" (ETO) describe un sistema donde el diseño, la ingeniería y la fabricación solo se inician una vez que se ha validado un pedido del cliente (Powell et al, 2014). Por esta razón, esta estrategia ocupa la posición más extrema a la izquierda en el marco del Punto de Desacoplamiento del Cliente (CODP) previamente mencionado.

En un entorno tradicional de ETO, los productos son diseñados específicamente para cada cliente, altamente personalizados y producidos en pequeños volúmenes. Los procesos son generalmente únicos, intensivos en mano de obra y frecuentemente requieren trabajadores altamente cualificados (Powell et al, 2014). En esencia, las empresas ETO se caracterizan por realizar producciones únicas, lo que implica que deben rediseñar, al menos en parte, el producto para cada cliente. Adicionalmente, las operaciones se desarrollan en un ambiente heterogéneo e impredecible (Adrodegari et al, 2015), marcado por un alto grado de dinamismo y complejidad, con factores tanto externos como internos a la organización. En concreto, la complejidad alude a la cantidad y similitud de los factores considerados en una situación de toma de decisiones, mientras que el dinamismo se refiere al grado en que varían con el tiempo (Birkie & Trucco, 2016).

Un aspecto fundamental en el entorno de este tipo de empresas es la planificación, que pretende gestionar los pedidos coordinando recursos, procesos, cadena de suministros y clientes, entre otros factores. De esta manera, las empresas que adoptan una estrategia de ETO abordan el desarrollo de productos y la producción desde una perspectiva de gestión de proyectos.

Critical Path Method, a partir de ahora, CPM, es una herramienta de gestión de proyectos utilizada para planificar, programar y coordinar tareas dentro de un proyecto (Llach i Porcell, 2021). Fue desarrollada en la década de los 50 por la Marina de Estados Unidos junto con la

empresa Booz Allen Hamilton para gestionar el programa de los misiles Polaris (Griffin, Thomas & McMurtrey, 2022).

En relación con las tendencias emergentes en la industria de ETO, los clientes actualmente exigen productos aún más personalizados, a precios competitivos y con tiempos de entrega más cortos. A este fenómeno se le conoce como "compresión de personalización-respuesta". En este contexto, los elementos cruciales para asegurar pedidos en las empresas ETO incluyen el diseño, la rapidez en la entrega y la flexibilidad (Olhager, 2003); mientras que el precio, aunque importante, se considera un factor secundario, sirviendo más como un criterio de calificación del pedido (Amaro et al, 1999).

Características clave

Este tipo de empresas tienen características que las distinguen de otros modelos en el sector manufacturero. Estas características impactan directamente en cómo se gestionan los proyectos, desde la concepción inicial hasta la entrega final del producto. Se remarcan las siguientes (Olhager, 2003):

1. Personalización completa según las especificaciones exactas del cliente. Cada producto es único, diseñado y fabricado para cumplir con los requerimientos particulares de un proyecto específico.
2. Ciclos de producción de vida variables a causa de la naturaleza de los pedidos. Cada proyecto puede requerir un período diferente basado en su complejidad y requisitos.
3. Alta dependencia del equipo de ingeniería para que trabaje de manera estrecha con los clientes para desarrollar soluciones óptimas.
4. Gestión de proyectos intensiva ya que cada uno puede ser considerado como un prototipo lo que requiere planificación, seguimiento y ajustes constantes a medida que avanza la producción.
5. Importancia crítica de la correcta gestión de la cadena de suministro para que los materiales necesarios estén disponibles en el momento adecuado y con las especificaciones requeridas.

6. Riesgo y complejidad en la cotización. Cada una debe considerar muchos factores inciertos como pueden ser el tiempo de diseño, la fabricación, los costos de materiales y las complicaciones potenciales durante la producción.
7. Colaboración continua con el cliente debido a que las especificaciones pueden cambiar durante la fase de diseño y producción (Strandhagen et al, 2018).

Desafíos y oportunidades

Las empresas tipo ETO se enfrentan a desafíos únicos debido a la naturaleza personalizada de sus operaciones, pero estos mismos retos presentan oportunidades significativas para diferenciarse y capturar valor en mercados específicos (Strandhagen et al, 2018).

Uno de los principales desafíos en las empresas ETO es la gestión de la complejidad del producto. Cada proyecto es único, lo que requiere soluciones de diseño y producción meticulosamente adaptadas. Esta complejidad puede mitigarse mediante la integración de software avanzado de diseño y planificación que maneje la personalización eficientemente (Birkie & Trucco, 2016). Además, la fluctuación en la demanda de productos personalizados hace que la planificación y gestión del inventario sean particularmente desafiantes. Adoptar un enfoque de producción ágil y sistemas de inventario justo a tiempo puede permitir a las empresas ajustarse rápidamente a los cambios en la demanda sin incurrir en excesos de inventario o falta de recursos (Olhager, 2003).

La dependencia de proveedores específicos para componentes únicos es otro desafío crítico. Esta dependencia puede ser una vulnerabilidad si un proveedor enfrenta problemas de suministro. Para contrarrestar esto, es esencial diversificar la base de proveedores y fortalecer las relaciones de colaboración para asegurar un flujo constante y confiable de materiales necesarios (Strandhagen et al, 2018). Asimismo, la cotización y precios presentan complejidades adicionales, ya que la estimación precisa de costos es complicada por la variabilidad y la singularidad de cada proyecto. Implementar sistemas de cotización que utilicen análisis predictivo y datos históricos puede incrementar significativamente la precisión de las estimaciones, mejorando la rentabilidad (Powell et al, 2014).

Los tiempos de entrega prolongados, típicos en los proyectos ETO debido a los detallados procesos de diseño y fabricación, pueden ser un punto de fricción para los clientes (Olhager,

2003). La optimización de los procesos internos y la adopción de tecnologías de fabricación rápida pueden ser cruciales para reducir estos tiempos y mejorar la satisfacción del cliente (Strandhagen et al, 2018).

En cuanto a las oportunidades, las empresas ETO están en una posición única para innovar en productos y servicios, ofreciendo soluciones que otros modelos de negocio no pueden proporcionar. Esto les abre las puertas a mercados nicho que valoran la personalización y la exclusividad, como sectores de lujo o alta tecnología (Olhager, 2003). Cada proyecto también sirve como una oportunidad para mejorar continuamente y aprender, ya que las lecciones aprendidas pueden aplicarse para mejorar la eficiencia y la eficacia en proyectos futuros (Strandhagen et al, 2018). Finalmente, la naturaleza colaborativa de los proyectos ETO facilita la construcción de relaciones duraderas con los clientes, lo cual es fundamental para asegurar negocios repetidos y generar referencias valiosas (Olhager, 2003).

5.- METODOLOGÍA: CASO LEAN-OMIO

5.1.- Descripción de la empresa

OMIO Atelier & Design, fundada en 2015 en Valencia, España, es una empresa especializada en la fabricación de mobiliario, estructuras e iluminación auxiliar de alta gama para hoteles y restaurantes de lujo. Con una misión centrada en ofrecer soluciones integrales de desarrollo y fabricación de productos, OMIO se esfuerza por ser el socio preferido a nivel mundial para agentes de compra, estudios de diseño y propiedades hoteleras. La visión de la empresa es convertirse en líderes globales en el desarrollo y fabricación de productos, reconocidos por su capacidad para trabajar con una amplia gama de materiales y por proporcionar soluciones innovadoras y personalizadas que superen todas las expectativas.

En términos de cultura empresarial, OMIO valora la excelencia, la innovación, la colaboración, la orientación al cliente y la sostenibilidad. Estos valores se reflejan en su compromiso con prácticas de fabricación responsables y en su enfoque en la artesanía tradicional, asegurando que cada pieza no solo sea funcional sino también una obra de arte.

Está formada por cerca de 20 personas de las cuales 6 están en montaje, otras 5 en el departamento de ingeniería, 3 en gestión de proyectos, 2 comerciales, 1 en marketing y la otra en administración. El ambiente de trabajo es complicado, un ambiente en el que la gente está muy motivada por su aprendizaje y por la naturaleza de los productos, pero también desmotivada por la existencia de un desorden constante en los procesos y en la planta de producción. En ciertos momentos en los que se va a contrarreloj se añaden las tensiones por los tiempos a los habituales por la falta de organización de los procesos y el desorden en fábrica.

Se distingue por su enfoque único en la personalización, fabricando productos completamente únicos por pedido, desde estructuras de acero hasta colgantes de mimbre y botelleros diseñados específicamente para cada espacio. La empresa maneja tanto proyectos pequeños como grandes pedidos de hasta 200 piezas, dependiendo de las necesidades del cliente.

Los principales clientes de OMIO incluyen estudios de diseño y constructores de hoteles y restaurantes, principalmente en España, Europa y el Caribe. Además de la fabricación, OMIO ofrece servicios de consultoría para ayudar a los clientes a resolver problemas complejos de producto, lo que demuestra su capacidad para fabricar y contribuir creativamente al diseño.

El proceso de producción comienza con un diseño detallado por parte del equipo de ingeniería, seguido de la adquisición de materiales y piezas que se ensamblan en la fábrica para finalmente enviar el producto terminado al cliente.

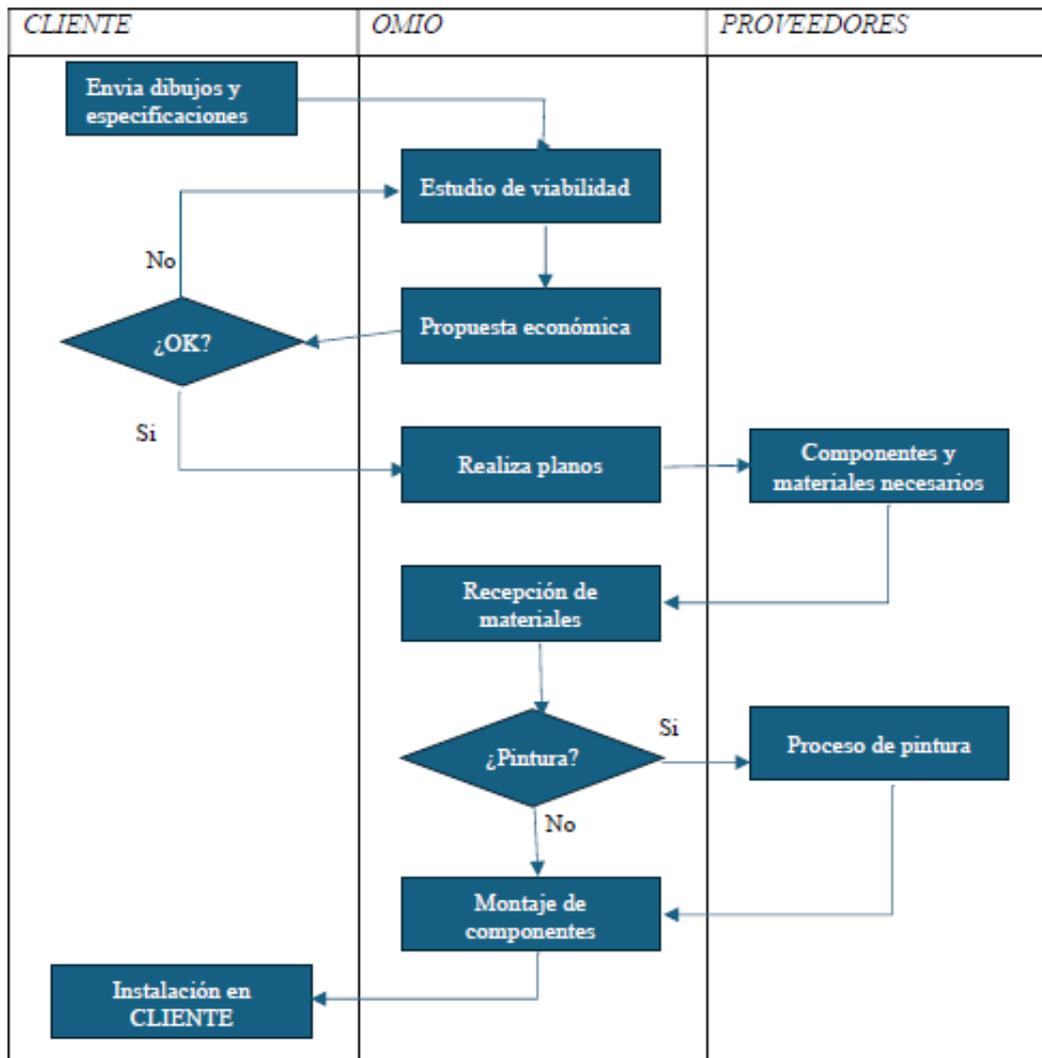
De manera general el flujo de producción de OMIO consiste en los siguientes pasos (Figura 11):

1. *Envío dibujos y especificaciones por parte del cliente.*
2. *Estudio de viabilidad y propuesta económica por parte de OMIO.*
3. *OK por parte del cliente y puesta en marcha del proyecto.*
4. *Realización de los planos de fabricación y envío a los proveedores correspondientes.*
5. *Recepción de piezas, almacenamiento o reenvío a otro proveedor para otro proceso (pintura).*
6. *Montaje de los artículos en fábrica.*
7. *Envío a destino definido por el cliente.*
8. *El equipo OMIO instalará los artículos.*

Respecto a sus suministradores, la empresa mantiene una relación sólida y positiva con sus proveedores, aunque enfrenta desafíos ocasionales relacionados con la calidad de los materiales. No obstante, estos problemas son la excepción más que la regla. El control de calidad se realiza "a ojo", lo que refleja una necesidad de formalizar procesos para asegurar consistencia y excelencia en cada producto.

Figura 11

Flujo general de producción de OMIO



Fuente: Elaboración propia

5.2.- LEAN OMIO: Herramientas Lean específicas en OMIO. Propuesta de implantación en dos etapas.

El propósito del proyecto es mejorar la eficiencia y productividad del proceso de producción en OMIO Atelier & Design, aprovechando los principios y herramientas Lean Manufacturing. Para ello, hay que adaptar estas herramientas a las necesidades específicas de esta empresa, una empresa con los requerimientos del cliente muy dispares y por eso los productos varían entre sí.

A partir del estudio realizado en el marco teórico, es posible destacar las mejores herramientas a aplicar en proceso de producción de OMIO. Así, se identifican las siguientes herramientas Lean como especialmente relevantes para el contexto OMIO: 5S, Just In Time (JIT), Kanban y Value Stream Mapping (VSM), Jidoka, integración del diseño, políticas de RRHH, KPIs. Estas herramientas, ya detalladas en el marco teórico, se adaptarán a las necesidades específicas de la empresa, considerando sus características únicas como una empresa de tipo ETO.

5S

Seiri

En OMIO, se realizará una revisión exhaustiva de todas las herramientas y materiales presentes en el área de montaje de lámparas. Se eliminarán todos los elementos innecesarios, reteniendo únicamente aquellos que se utilizan con mayor frecuencia. Esto reducirá el desorden y facilitará un entorno de trabajo más eficiente.

Seiton

Cada herramienta y equipo en OMIO se asignará a un lugar específico claramente identificado. Esto permitirá a los empleados localizar rápidamente las herramientas necesarias, reduciendo los tiempos de búsqueda y mejorando la eficiencia del montaje.

Seiso

Se implementará una rutina diaria de limpieza en OMIO, integrando la inspección de herramientas y equipos para detectar posibles defectos. Mantener el área de trabajo en condiciones óptimas ayudará a prevenir problemas y mejorar la calidad del producto.

Seiketsu.

Se establecerán normas visuales y procedimientos para mantener la organización y limpieza logradas en las primeras tres etapas. En OMIO, esto incluirá el uso de etiquetas y señales visuales para asegurar que cada herramienta y material esté en su lugar.

Shitsuke.

Se promoverá la autodisciplina entre los empleados de OMIO a través de formación continua y auditorías regulares. Esto garantizará que se mantengan los estándares establecidos y que la eficiencia lograda sea sostenible a largo plazo.

VSM

1. Revisión de Requisitos.

Al inicio de cada pedido, el equipo de diseño y producción revisará los requisitos del cliente para asegurarse de que se entienden completamente las especificaciones y expectativas.

2. Planificación del VSM Actual.

Se realizará un VSM del proceso de producción actual, identificando todos los pasos necesarios desde la recepción del pedido hasta la entrega final. Este mapeo permitirá visualizar el flujo de trabajo y detectar posibles ineficiencias o cuellos de botella.

3. Planificación del VSM Futuro.

A partir del VSM actual, se diseñará un VSM futuro que incorpore las mejoras propuestas, visualizando un estado optimizado de los procesos de producción. Esto permitirá a OMIO reducir los tiempos de ciclo y aumentar la eficiencia operativa.

Kanban

1. Sistema Pull y Tarjetas Kanban.

Implementar un sistema pull combinado con Kanban para gestionar los niveles de inventario de manera dinámica. Se crearán tarjetas Kanban específicas para cada componente esencial del pedido, como la estructura de acero, los cristales checos taladrados y las tiras de LED.

2. Tablero Kanban Visual.

Integrar las tarjetas Kanban en un tablero Kanban visualmente accesible para todos los trabajadores, facilitando la gestión del flujo de trabajo y los niveles de inventario.

3. Seguimiento Digital del Inventario.

Utilizar tabletas en las estaciones de trabajo para actualizar el estado de las tareas en tiempo real, permitiendo una actualización continua del estado de los componentes disponibles.

Just-In-Time (JIT)

1. Gestión de Proveedores.

Establecer acuerdos de colaboración con proveedores para entregas rápidas y en lotes pequeños, sincronizadas con el calendario de producción de OMIO. Esto minimizará el tiempo de espera por materiales y reducirá el inventario en proceso.

2. Calendario de Entregas.

Desarrollar y compartir un calendario detallado de entregas con los proveedores, asegurando que todos los componentes necesarios estén disponibles justo a tiempo para el montaje.

3. Sincronización de la Producción.

Asegurar que la producción esté alineada con las entregas de materiales, de manera que los componentes lleguen exactamente cuándo se necesitan para el proceso de montaje, evitando demoras y optimizando el flujo de trabajo.

Jidoka

La implementación de Jidoka permite aumentar la capacidad de detectar y responder a anomalías en tiempo real, potencialmente deteniendo la producción para evitar defectos. La adopción de Jidoka afecta la eficiencia operativa, la calidad del producto y la satisfacción del cliente, y es necesario que se integre con las prácticas Lean existentes para crear un sistema de producción más resiliente y adaptable.

Integración con diseño

Otro proyecto importante sería estudiar la implementación de metodologías ágiles en el departamento de diseño de OMIO. Es necesario estudiar las adaptaciones necesarias para integrar metodologías ágiles, enfocándose en mejorar la flexibilidad y la iteración rápida de diseños en respuesta a los requerimientos cambiantes del cliente. Esto implica comparar los ciclos de desarrollo de producto antes y después de la implementación ágil para evaluar los impactos en la velocidad del mercado, la innovación y la colaboración interdepartamental.

Revisión y Ajustes

1. Evaluación del Proceso.

Al final de cada pedido, se evaluará el proceso de producción para identificar áreas de mejora y ajustar la metodología según sea necesario.

2. Actualización del VSM.

Se actualizará el VSM para reflejar cualquier cambio o mejora implementada durante el pedido, asegurando que se mantenga un registro actualizado y preciso del flujo de trabajo.

3. Capacitación Continua.

Proporcionar formación continua al personal para asegurar que estén al día con las mejores prácticas y puedan adaptarse a cualquier cambio en la metodología.

Gestión de Recursos Humanos

1. Capacitación del personal.

Capacitar al personal en las herramientas y principios Lean es fundamental. Los empleados deben sentirse importantes y capaces de detectar deficiencias y actuar sobre ellas. La formación en estas herramientas no solo mejora los procesos, sino que también empodera al personal, aumentando su compromiso y motivación. Para esta capacitación se utilizarán recursos como clases semanales sobre la metodología Lean y prácticas sobre cómo localizar desperdicios y

crear un ambiente de mejora continua. Además, se creará un documento guía que se repasará en estas clases, mostrando ejemplos concretos de la metodología Lean en acción.

2. Cambio cultural.

Implementar Lean conlleva un cambio cultural significativo. Una estrategia de comunicación clara es esencial para mostrar cómo la realización exitosa de este proyecto puede mejorar la vida laboral de todos. Este cambio cultural ayudará a alinear los objetivos individuales con los organizacionales, fomentando una cultura de mejora continua. La gestión del cambio también implicará la comunicación constante de los beneficios y avances del proyecto LEAN-OMIO.

3. Fomentar la participación.

Involucrar a todo el equipo de OMIO es crucial, aunque desafiante, debido a la resistencia natural al cambio. Fomentar la participación activa mitiga esta resistencia, promoviendo un entorno donde todos se sientan parte del proceso de mejora y estén motivados para contribuir. Crear equipos multidisciplinarios para liderar y apoyar la implementación es esencial para asegurar una adopción efectiva y sostenible de las prácticas Lean.

4. Capacitación continua.

La capacitación del equipo de OMIO no debe ser un evento único, sino un proceso continuo. Los costos asociados a la formación continua asegurarán que el personal se mantenga actualizado con las mejores prácticas Lean y pueda adaptarse a cualquier cambio futuro. La formación continua fomentará una cultura de mejora continua y un compromiso sostenido con la eficiencia y la calidad.

Evaluación del rendimiento

Para asegurar la sostenibilidad de las mejoras, OMIO definirá indicadores de rendimiento (KPIs) que permitirán monitorear la eficacia de las implementaciones. Se realizarán revisiones periódicas de los procesos para garantizar que las mejoras se mantengan en el tiempo, apoyadas

por un ciclo de feedback continuo donde se recogerán opiniones y sugerencias adicionales. Distintos KPIs que se utilizarán son:

- Tiempo de ciclo de producción: Medirá el tiempo total desde el inicio del proceso de producción hasta la finalización del producto. Para evaluar la eficiencia de los procesos y la efectividad de las mejoras en la reducción del tiempo de ciclo.

$$\text{Tiempo de Ciclo} = \text{Tiempo de Finalización} - \text{Tiempo de Inicio}$$

- Número de sugerencias de mejoras implementadas: Cuenta el número de sugerencias de mejora propuestas por los empleados implementadas. Con el objetivo de medir la participación de los empleados y la implementación efectiva de sus sugerencias.

$$\text{Número de Sugerencias Implementadas} / \text{Total de Sugerencias Propuestas} \times 100$$

- Reducción de desperdicio (Muda): Medirá la disminución en las cantidades de desperdicio identificado, evaluando así la eficacia de las iniciativas y herramientas .

$$\left(\frac{\text{Cantidad de Desperdicio Inicial} - \text{Cantidad de Desperdicio Final}}{\text{Cantidad de Desperdicio Inicial}} \right) \times 100$$

El proyecto de implementación Lean en OMIO, denominado LEAN-OMIO, es muy ambicioso y llevarlo a cabo íntegramente será un objetivo a largo plazo que queda fuera del alcance de este Trabajo de Fin de Grado (TFG). Así, se pueden definir las siguientes etapas y las herramientas a implantar en cada una de ellas (Tabla 1):

- 1ª ETAPA: A corto/medio plazo (18 semanas aproximadamente)
- 2ª ETAPA: A largo plazo

Tabla 1*Definición de la etapa de implantación por herramienta*

Herramientas	1ª ETAPA	2ª ETAPA	Explicación
<i>5S (planta)</i>	Todas las S's	Seiso, Seiketsu, Sitshuke	Como base de la implantación Lean. A esto le seguirán el resto de las herramientas.
<i>5S (pedidos)</i>	Seiri, Seiton	Seiri, Seiton	Al variar de sobremanera los requisitos de materiales y herraminetas de cada pedido, se implantará Seiri y Seiton para cada pedido para el correcto desarrollo de este.
<i>Kanban y Pull (pedido)</i>	Implantación	Mantenimiento de los sistemas y flujos creados. Adquisición de nuevas herramientas digitales y perfeccionamiento de técnicas.	-Sistema Pull y Tarjetas Kanban. - Tablero Kanban Visual
<i>Just In Time (JIT)</i>	Implantación	Mantenimiento de los sistemas y flujos creados. Adquisición de nuevas herramientas digitales y perfeccionamiento de técnicas.	- Gestión de Proveedores. - Calendario de Entregas. - Sincronización de la Producción
<i>Value Stream Mapping (VSM) (pedido)</i>	VSM actual y futuro	VSM actual y futuro	Tanto en la primera como en la segunda etapa se definirán los flujos de valor en todos los pedidos.

<i>Jidoka</i>		Implantación	Crear estándares y zonas de revisión de la calidad de los productos
<i>Integración del diseño</i>		Metodología Ágil	Una vez la planta esté en orden y todo funcionando bien se enfatizará en los procesos de diseño de los planos de fabricación de los productos en los que se usará la metodología Ágil para la gestión de proyectos.
<i>Políticas de RRHH</i>	Formación inicial	Formación continua	Existirá una formación a lo largo del proyecto de implantación de la primera etapa. Una vez terminada la implantación, se seguirá formando semanalmente al equipo para que no se pierdan los conocimientos.
<i>KPI's</i>	Estudio y definición	Comparación, estudio y definición	En este caso, en el propio proyecto de implantación lleva consigo unos KPIs asociados para comparar el antes y el después.

6.- RESULTADOS

Con el objetivo principal de proponer la implementación de los principios y prácticas de Lean Manufacturing en OMIO, se inicia, de forma preliminar, la implantación de las 5S en la planta de producción y se estudia un proyecto representativo para mostrar a OMIO cómo se podría haber hecho de una manera más eficaz y eficiente utilizando las herramientas seleccionadas de dentro de la metodología Lean.

Por último, se propone el plan de implantación que se deriva de la etapa 1 del proyecto LEAN OMIO.

6.1.- Aplicación preliminar de las 5S

La implementación parcial de las 5S mejora el aspecto de la fábrica y la organización del entorno de trabajo, creando un espacio más eficiente y seguro. Los resultados obtenidos de esta implementación sirven para validar las metodologías propuestas y demostrar los beneficios tangibles de Lean.

Se han aplicado las tres primeras fases de la herramienta 5S para la organización, principalmente, para hacer ver al equipo que con la herramienta Lean y un poco de esfuerzo se pueden lograr grandes resultados.

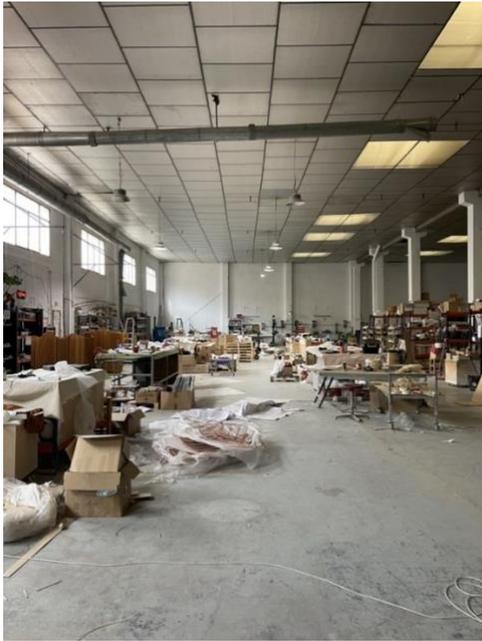
Primero se ha aplicado *Seiri* (Clasificar), eliminando todas las herramientas y materiales innecesarios del área de trabajo para que solo los elementos esenciales permanezcan accesibles, solamente se han dejado en las mesas aquellas que se puedan utilizar en un porcentaje alto de los proyectos. Luego se ha procedido a *Seiton* (Ordenar), donde cada herramienta y equipo se ha asignado a un lugar específico claramente identificado, facilitando así su rápida localización y uso. Y por último *Seiso* (Limpiar) se ha implementado para mantener el área de trabajo en condiciones óptimas, integrando la limpieza como una rutina diaria que también sirve para la inspección de posibles defectos en las herramientas y equipos.

En la Figura 12 se aprecian los cambios en imágenes el antes y el después en las zonas de trabajo.

Figura 12

Imágenes del antes y después de aplicar 5S a la zona de montaje





Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se aplicará *Seiketsu* (Estandarizar), estableciendo normas y procedimientos visuales para mantener la organización y limpieza logradas en las primeras tres etapas, incluyendo el uso de etiquetado y señales visuales. Finalmente, se implementará *Shitsuke* (Disciplinar), promoviendo la autodisciplina entre los empleados para seguir y mantener los estándares establecidos, mediante formación continua y auditorías regulares. La aplicación de esta herramienta no solo reducirá los tiempos de búsqueda y movimiento innecesario, sino que también mejorará significativamente la eficiencia del proceso de montaje al eliminar los cuellos de botella causados por la desorganización.

6.2.- Aplicación preliminar a un proyecto/pedido representativo.

En este apartado se aplica la metodología definida a un proyecto que no salió en el tiempo debido. Este se realizó en 2024 para un grupo hotelero y es representativo de lo que hace día a día la empresa. No todos los proyectos son así, pero tras un análisis se puede decir que este flujo de valor representa un 80% aproximadamente de los proyectos que entran y los procesos que se realizan.

El proyecto consistió en crear unas lámparas colgantes de acero bronce satinado con cristales checos taladrados. El cliente se comunicó con el comercial de OMIO asignado a España. Éste (que ya tenía el contacto pues se había trabajado antes con él) mandó de urgencia unos renders para que OMIO cotizase a lo que respondieron con unos precios que el cliente aceptó. Una vez el cliente envió el OK oficial y se ha procedido al pago de la mitad del importe, el equipo de diseño comienza a hacer los planos de fabricación, proceso que dura dos semanas.

6.2.1.- Mapeo del Flujo de Valor (VSM Actual)

El alcance del VSM será desde la recepción del pedido oficial hasta la salida por la puerta de fábrica, lo que significa que irá del punto 3 al 7 de la enumeración de las etapas que sigue un proyecto tipo indicadas en la *descripción de la empresa* y, más detalladamente, en este pedido, se describen a continuación.

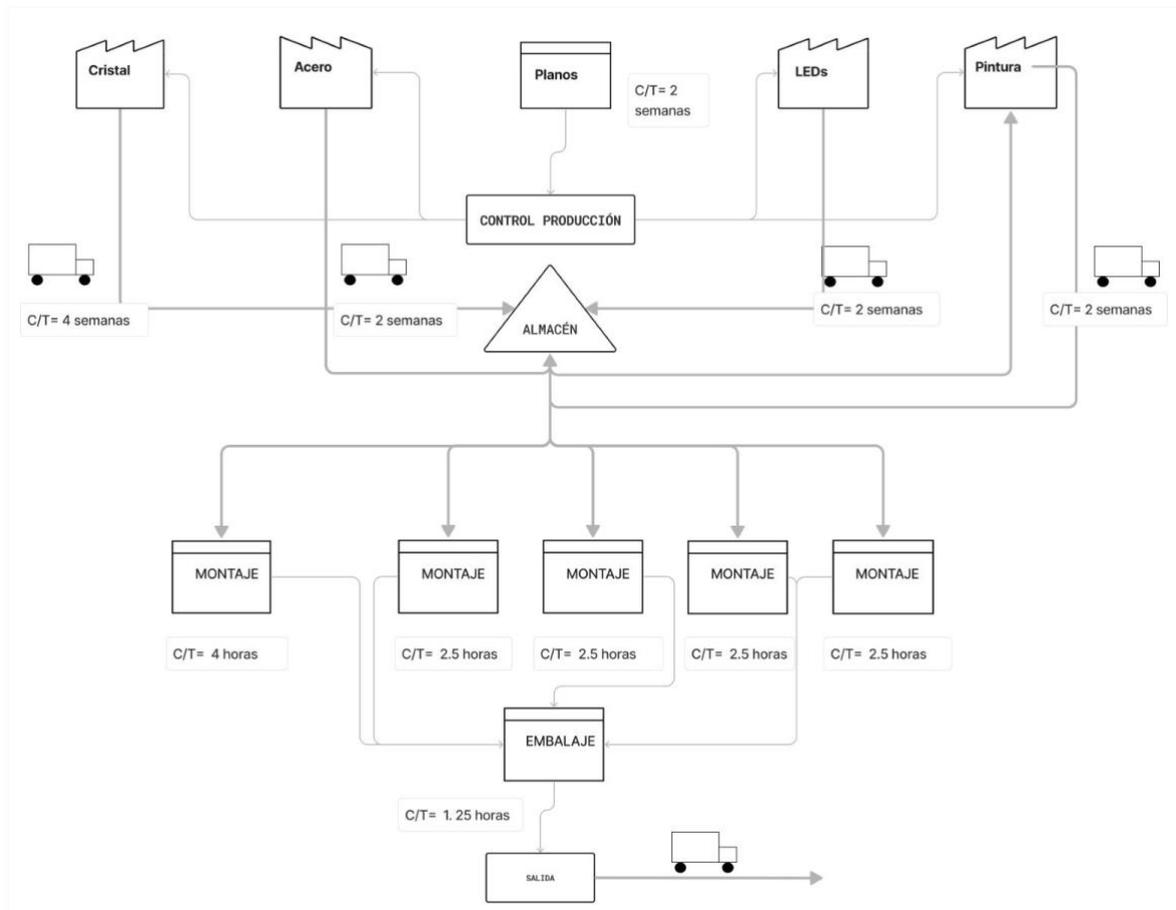
Los planos se envían a control de producción, que empieza a hacer pedidos a los proveedores correspondientes. Empieza por la estructura de acero, se le envían los planos al proveedor el cual corta, curva y suelda la pieza, recogiéndola nosotros dos semanas más tarde. Una vez en fábrica, se inspecciona de manera rápida y si no tiene ningún fallo a primera vista se envía a pintar al proveedor de pintura, de donde se recoge una semana después.

Al mismo tiempo se hacen los pedidos a los demás proveedores, preguntándose antes ¿Qué tenemos aquí?, los cuales envían el cristal y las tiras de led en cuatro y dos semanas respectivamente. Hablando con el responsable del proyecto se sabe que, como los cristales son

especiales, se tienen que traer desde la República Checa y luego agujerearlos y que por eso se tardó tanto tiempo en recibirlos.

Una vez en fábrica todas las piezas se proceden al montaje de la primera, según el responsable de fabricación, la primera siempre es la más complicada y la que más tarda en hacerse (en este caso se tardaron más de cuatro horas). Es porque, y se cita textualmente; “la primera siempre supone un problema, nos sentamos, miramos los planos hechos por el departamento de diseño y nos podemos echar un rato viendo cómo hacerla”. Ya montada la primera, el resto son más sencillas (se tardó en hacer cada una dos horas y media), cada vez que se acababa una, se embalaba y se dejaba en la puerta. Acabadas todas, se avisa a administración para que avise al camión.

El lector podrá observar que en el VSM actual no aparece ningún indicador de productividad asociado a cada proceso, esto es porque en la planta no se mide nada, solamente el tiempo de fabricación. Esto anima de sobremano a implantar tecnología y herramientas para poder definir correctamente la productividad de los procesos, tener datos y por tanto mejorar aquello que se tiene que mejorar. Lo que sí que se puede observar es que se esperó demasiado tiempo a que llegasen los cristales, y lo que podría haber sido un proyecto terminado en 4 semanas se terminó en 6.

Figura 13*Representación del VSM actual*

Nota: Este esquema se generó a partir de las entrevistas con las distintas personas de control

6.2.2.- Identificación de oportunidades de mejora.

Tras identificar el flujo de valor de este proyecto, se observan distintos tipos de muda y cuellos de botella.

1.- El primero es en el proceso inicial de **recepción del pedido y diseño** que dura dos semanas y que por tanto genera un muda de espera, retrasando el inicio de la producción.

2.- **Pedidos a proveedores** por parte de control de producción: existen largos tiempos de entrega de los proveedores con un muda de espera, lo que genera un aumento del tiempo total del proyecto y causa tiempos de inactividad en la producción. La espera para recibir el cristal por parte del proveedor sería uno de los principales cuellos de botella. En la **inspección y pintura de la estructura** se ve un movimiento innecesario de materiales entre la fábrica y los proveedores, pues la estructura terminada pasa de su proveedor a la fábrica de OMIO, teniéndose que llevar al proveedor de pintura. Esto genera un muda de espera, de inventario y de movimiento, incrementando los tiempos de producción y los costos de transporte.

3.- Durante el **montaje de las lámparas**, se requiere mucho tiempo para ensamblar el primer colgante debido a la necesidad de interpretar los planos y reunir las herramientas y equipos necesarios. La desorganización de la fábrica contribuye significativamente a este retraso, ya que encontrar las herramientas adecuadas y definir claramente los roles de cada trabajador resulta complicado. Además, la variabilidad en las habilidades de los trabajadores provoca que algunos terminen sus tareas rápidamente y se queden inactivos, esperando a que lleguen los componentes de las etapas anteriores del proceso.

4.- Una vez se completa la primera lámpara, las herramientas y equipos se distribuyen entre los diferentes puestos de trabajo, asignando a cada persona una parte específica del proceso. Esta situación genera dos tipos de desperdicio: movimiento innecesario y tiempo de espera, lo que resulta en ineficiencias en el espacio de trabajo y tiempos adicionales en la gestión del montaje.

6.2.3.- Propuestas de mejora.

Con respecto al tiempo prolongado en la etapa de diseño, una solución que se propone es la implementación de metodologías ágiles. Capacitar al equipo de diseño en Scrum, dividir el trabajo de diseño en pequeñas tareas manejables con entregas cada dos días, y utilizar herramientas de gestión como Jira o Trello.

Una vez mostrado al equipo de OMIO el VSM actual y el que podría ser el VSM futuro se recomienda empezar el proyecto de implantación Lean trabajando en la planta, solucionando el problema de la desorganización durante el montaje de las lámparas haciendo uso de las 5S.

Se procederá a la implementación de un sistema pull combinado con Kanban para gestionar eficazmente cada componente y ajustar los niveles de inventario de manera dinámica. Este sistema se iniciará con la creación de tarjetas Kanban específicas para cada componente esencial, que en este caso serían la estructura de acero, los cristales checos taladrados y las tiras de LED. Cada tarjeta Kanban contendrá información detallada sobre el componente, incluyendo cantidad mínima y máxima de inventario, y se integrará en un tablero Kanban visualmente accesible para todos los trabajadores.

Además, se establecerá un seguimiento continuo del inventario mediante sistemas digitales y visuales, se utilizarán principalmente las tabletas modelo M8 de Lenovo dispuestas en cada mesa para que los montadores indiquen mediante un simple sistema si han acabado ya su tarea o cuánto queda, permitiendo actualizar en tiempo real el estado de los componentes disponibles. Esto hará que el propio jefe de fábrica pueda ver cómo va la producción y cuando le van a llegar los distintos materiales. Esto facilitará una respuesta rápida ante cualquier variación en el producto o problemas en la cadena de suministro. Para asegurar la eficacia del sistema, se formará al personal en el uso y gestión de Kanban, enfocándose en la comprensión del flujo de trabajo, la importancia de mantener los niveles de inventario adecuados y la correcta interpretación de las señales visuales del sistema Kanban.

En paralelo, se implementará la filosofía Just-in-Time (JIT) en la gestión de proveedores y compras, estableciendo acuerdos de colaboración para entregas más rápidas y en lotes más pequeños, lo que es crítico para la naturaleza variable y personalizada de los proyectos en OMIO. Se negociarán términos específicos con los proveedores para garantizar entregas sincronizadas con el calendario de producción, minimizando así el tiempo de espera por materiales y reduciendo el inventario en proceso. Un calendario detallado de entregas se desarrollará y compartirá con los proveedores, asegurando que todos los componentes necesarios para el montaje de la primera lámpara estén disponibles justo a tiempo para su inicio.

Este se unirá al sistema pull y Kanban digital para generar un control visual a base de señales en planta además de un control completo por parte del jefe de producción.

Este enfoque permitirá que, al recibir los materiales, el equipo de producción tenga todos los recursos necesarios para montar la primera lámpara de manera eficiente. Con esta experiencia, se podrá refinar el proceso para las lámparas subsecuentes, reduciendo significativamente el tiempo de montaje y mejorando la coordinación general del proceso. Este sistema pull con Kanban y JIT no solo mejorará la sincronización de tiempos y la eficiencia operativa, sino que también reducirá los desperdicios de espera y movimiento, optimizando así todo el proceso de producción en OMIO.

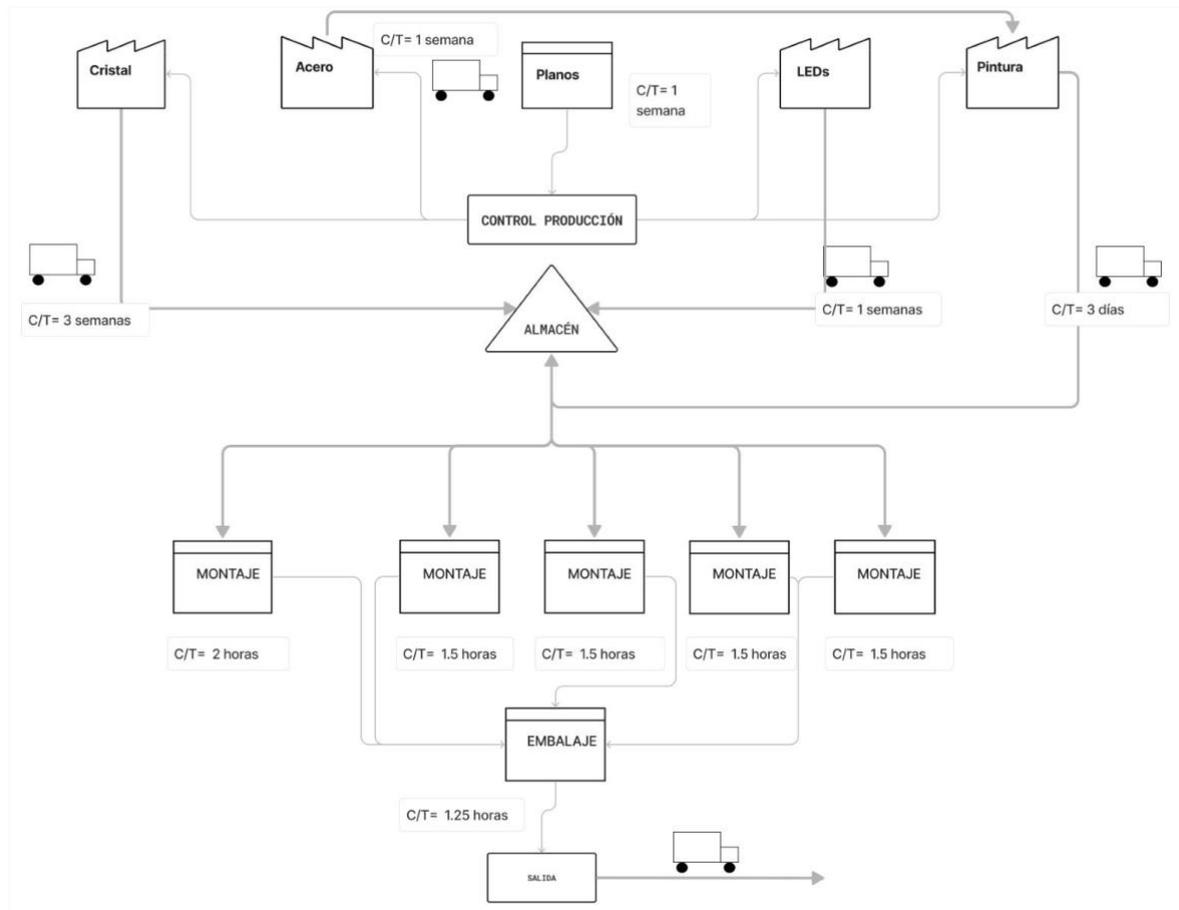
Crear un proceso de inspección integrada ya sea en la puerta de fábrica para que, cuando entrase material que se tuviese que llevar a otro proveedor, se tardase el menor tiempo posible o en el proveedor si OMIO fuese a recoger las piezas correspondientes. Esta solución se podría llevar a cabo en el primer caso delimitando una zona específica para el control de calidad y en segundo con la formación del personal en protocolos de inspección.

6.2.4.- VSM futuro

El VSM una vez aplicado quedaría representado en la Figura 14.

Figura 14

Representación del VSM futuro.



Observamos varias mejoras significativas en el flujo de la Figura 14 y en el tiempo de entrega del proyecto que, al final, es uno de los objetivos principales de este proyecto, de 6.25 semanas a 4.74. A continuación se muestra una tabla comparativa de los tiempos (Tabla 2).

Tabla 2*Análisis comparativo de tiempo de proceso en el pedido piloto*

ETAPA	VSM actual	VSM futuro	Ahorro T°	Herramienta
Diseño	2s	1s	50%	Scrum
Proveedor Cristales	4s	2s	50%	JIT
Otros Proveedores	2s	1s	50%	JIT
Inspecciones proveedores	3d	1d	33%	Jidoka
Pintura	2s	3d	80%	JIT, Kanban
Inspecciones Pintura	2d	1d	50%	Jidoka
Montaje 1ª	4h	2h	50%	Kanban, 5S
Montaje resto	2.5h	1.5h	40%	Kanban, 5S
Embalaje	1.25h	1.25h	0%	Kanban, 5S

6.3.- Plan de implantación (CPM) de la primera etapa.

La primera etapa del proyecto de implementación Lean en OMIO Atelier & Design se centra en la aplicación inicial de las herramientas Lean más críticas para establecer una base sólida para futuras mejoras. Este plan incluye la implementación de las 5S, la integración de un sistema pull combinado con Kanban, y la sincronización con la filosofía Just-In-Time (JIT). Estas acciones se estructuran utilizando la metodología del Camino Crítico (CPM), asegurando que las actividades se realicen de manera eficiente y en el tiempo programado.

Tabla 3

Proyectos a implantar en OMIO en el corto plazo.

1	5S
2	Sistema pull y Kanban
3	JIT

El objetivo es que se implementen de manera no secuencial por lo que debido a la complejidad se ha decidido utilizar la metodología CPM para esto. En la tabla 3, se presentan las distintas actividades dentro de cada uno de los “miniproyectos”:

Tabla 4

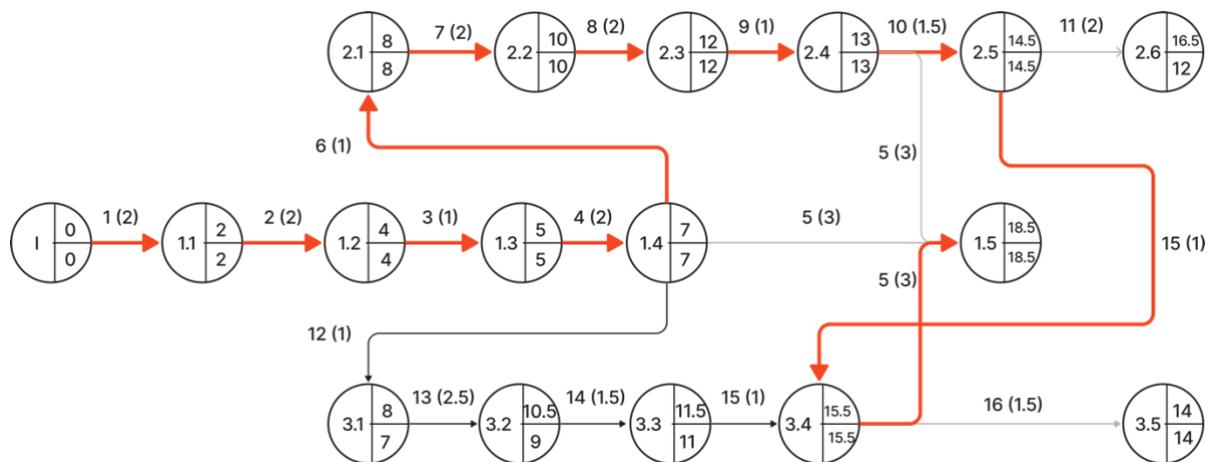
Actividades a realizar en OMIO para la consecución correcta de la implantación del proyecto LEAN-OMIO.

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PREDECESOR	DURACIÓN (semanas)
1	1.1	Seiri	Inicio	2
2	1.2	Seiton	1.1	2
3	1.3	Seiso	1.2	1
4	1.4	Siketsu	1.3	2
5	1.5	Shitsuke	2.4 / 1.4 / 3.4	3
6	2.1	Definición de componentes y flujos de trabajo	1.4	1
7	2.2	Formación del personal en Kanban	2.1	2
8	2.3	Creación y personalización de tarjetas Kanban	2.2	2
9	2.4	Configuraciones de tableros Kanban	2.3	1
10	2.5	Integración de Kanban con sistemas digitales	2.4	1.5
11	2.6	Prueba piloto y ajustes del sistema	2.5	2
12	3.1	Evaluación y selección de proveedores	1.4	1
13	3.2	Negociación de términos JIT con proveedores	3.1	2.5
14	3.3	Desarrollo de calendario detallado de entregas	3.2	1.5
15	3.4	Sincronización de JIT con Kanban	3.3 / 2.5	1
16	3.5	Implantación de monitoreo en tiempo real	3.4	1.5

Nota: Esta tabla se ha generado a partir de la teoría del Método del Camino Crítico y haciendo entrevistas con el equipo para, una vez habiéndoles explicado el significado de cada punto, en cuánto tiempo piensan que se puede hacer cada una de las acciones.

Figura 15

Representación del Camino Crítico.



Nota: Generada a partir de la tabla 2.

Una vez planteado el proceso de implementación con sus correspondientes semanas de duración se observa (Figura 14) que el CPM incluye en primer lugar la implementación de las 5S seguido de pull y Kanban terminando la implantación de esta herramienta en semana 14.5 siguiéndole la correcta sincronización correcta con JIT en la semana 15.5, es decir, una semana después. Todo este proceso termina con Shitsuke como proceso de disciplinar al equipo. Con esto se consigue saber a qué actividades hay que prestar más atención pues si existe algún retraso en alguna de estas existirá sí o sí retraso en la finalización del proyecto que será de 18.5 semanas.

Una vez implementado todo esto, se tendría que conseguir lo siguiente:

1. La realización de un VSM de cada proyecto para optimizar los procesos de producción para reducir tiempos de ciclo en los próximos 4 meses, identificando y eliminando cuellos de botella en la línea de producción mediante la implementación de VSM.
2. Reducir el desperdicio mediante la implementación de prácticas de mejora continua y 5S en el área de producción y mejorar el uso eficiente de los recursos logrando un

aumento de producción por trabajador gracias a la capacitación en Lean y a la reorganización del entorno de trabajo.

3. Mejorar la calidad reduciendo la tasa de defectos con la implementación de sistemas de control visual, capacitando a los trabajadores para identificar y detener la producción en caso de desvíos en los procesos. Asegurando además que el 80% de los productos cumplan con los estándares de calidad definidos, mediante la estandarización de los procesos críticos.

4. Fomentar una cultura de mejora continua dentro de la empresa capacitando al personal involucrado en el área de producción en los principios de Lean Manufacturing dentro de los primeros 6 meses del proyecto. Implementar también un programa de Kaizen que genere como mínimo 3 sugerencias de mejoras al mes y que al menos un 50% de estas se implementen con éxito en un plazo de entre 1 a 6 meses.

7.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

7.1.- Conclusiones

Este estudio fue concebido con el objetivo de evaluar la viabilidad y los beneficios potenciales de integrar las prácticas Lean en los procesos de producción de OMIO Atelier & Design, una empresa que opera bajo el modelo Engineer-To-Order (ETO). Con un marco teórico desarrollado, se identificaron áreas clave donde Lean podría tener un impacto significativo, en especial en la reducción de tiempos de ciclo y la eliminación de desperdicios en las líneas de producción.

El marco teórico construido proporcionó una base sólida para entender los principios de Lean y cómo estos podrían adaptarse a las necesidades específicas de OMIO. Se realizaron evaluaciones exhaustivas de los procesos actuales, revelando varias ineficiencias, especialmente en la organización en planta y la planificación de la producción. Estos hallazgos subrayan la necesidad de una mejora continua y la implementación de sistemas como el Kanban o 5S para gestionar mejor los flujos de materiales y generar un espacio adecuado para el trabajo.

Para alcanzar estos objetivos, se seleccionó un proyecto específico en OMIO Atelier & Design sobre el cual se realizaron análisis detallados y se aplicaron de forma teórica las herramientas Lean (5S, JIT y Kanban). Los resultados de esta aplicación teórica fueron sorprendentes, demostrando cómo estas herramientas pueden mejorar significativamente la eficiencia operativa y la calidad del producto.

Además, se implementaron parcialmente las tres primeras fases de 5S (Seiri, Seiton, Seiso), lo cual ha mejorado visiblemente el aspecto de la fábrica, incrementando la organización y la eficiencia del entorno de trabajo. Estas prácticas iniciales han proporcionado una prueba de concepto sólida sobre los beneficios tangibles de Lean en OMIO.

Basado en el estudio, se anticipa que la implementación de Lean podría mejorar sustancialmente la eficiencia operativa y la calidad del producto. La integración de herramientas como el Value Stream Mapping y el 5S se recomienda como primer paso para visualizar mejor los procesos actuales y establecer un entorno de trabajo más organizado y eficiente. Estas mejoras no solo impulsarían la productividad, sino que también fortalecerían la competitividad de OMIO en el mercado.

El impacto cultural y organizacional de adoptar Lean se prevé como transformador, con un cambio significativo hacia una cultura de mejora continua. La gestión de este cambio implicará desafíos, especialmente en la alineación de todos los empleados con los nuevos procesos y la mentalidad Lean. La capacitación y el compromiso continuo serán esenciales para superar estas barreras y fomentar una adopción exitosa.

En cuanto a los desafíos anticipados, la resistencia al cambio y la integración de nuevas prácticas en los tiempos de entrega ajustados son preocupaciones principales. Se recomienda un enfoque gradual para la implementación, comenzando con proyectos piloto y expandiéndose según se obtengan resultados positivos. Esto permitirá ajustes iterativos y ayudará a construir el caso de negocio para una inversión más amplia en Lean.

Las principales conclusiones del estudio recomiendan que OMIO inicie la implementación de Lean con la capacitación en el marco teórico para todos los empleados y el lanzamiento de un programa piloto centrado en el VSM y el 5S. Estos primeros pasos deberían priorizarse para establecer un precedente de mejora y aprendizaje continuos, asegurando que la empresa pueda adaptarse y responder de manera más efectiva a las demandas del cliente y los desafíos del mercado.

Este enfoque estructurado y teóricamente fundado promete no solo mejorar las operaciones de OMIO sino también infundir una nueva vitalidad en su cultura laboral, preparando el camino para un futuro innovador y eficiente.

7.2.- Futuras líneas de investigación.

Las principales futuras líneas serán las que permitan completar el proyecto LEAN OMIO, es decir, implementar las actuaciones específicas definidas como segunda etapa en el proyecto LEAN OMIO. Una descripción de las mismas, se explica a continuación.

Una futura línea de investigación podría centrarse en la integración de Jidoka, o automatización con un toque humano, en los procesos de producción de OMIO. Este estudio exploraría cómo la implementación de Jidoka puede aumentar la capacidad de detectar y responder a anomalías en tiempo real, potencialmente deteniendo la producción para evitar defectos. La investigación debería evaluar cómo la adopción de Jidoka afecta la eficiencia operativa, la calidad del producto y la satisfacción del cliente, y cómo puede integrarse con las prácticas Lean existentes para crear un sistema de producción más resiliente y adaptable.

Otro proyecto importante sería estudiar la implementación de metodologías ágiles en el departamento de diseño de OMIO. Este estudio investigaría las adaptaciones necesarias para integrar metodologías ágiles, enfocándose en mejorar la flexibilidad y la iteración rápida de diseños en respuesta a los requerimientos cambiantes del cliente. La investigación podría comparar los ciclos de desarrollo de producto antes y después de la implementación ágil para evaluar los impactos en la velocidad del mercado, la innovación y la colaboración interdepartamental.

La investigación sobre el desarrollo y la optimización de indicadores clave de desempeño (KPIs) específicos para OMIO permitiría medir con precisión el impacto de las iniciativas Lean y Jidoka. Este estudio debería identificar los KPIs más relevantes para medir la eficacia de los procesos de producción y diseño, incluyendo tiempos de ciclo, tasas de defectos, y satisfacción

del cliente. Además, podría explorar cómo estos indicadores pueden utilizarse para impulsar decisiones estratégicas y operacionales más informadas.

Una línea de investigación vital sería desarrollar estrategias de recursos humanos que apoyen la implementación y sostenibilidad de prácticas Lean en OMIO. Este estudio exploraría cómo las políticas de RRHH, incluyendo formación, desarrollo de competencias y estructuras de incentivos, pueden ser diseñadas para alentar y reforzar una cultura de mejora continua. Se investigaría la relación entre la satisfacción y retención de empleados y el éxito de las prácticas Lean.

Finalmente, una evaluación económica detallada de la implementación de Lean ofrecería información sobre la rentabilidad de estas iniciativas. Este estudio calcularía el retorno sobre la inversión (ROI) de la adopción de Lean y Jidoka, examinando costos directos e indirectos y beneficios a lo largo del tiempo. También podría explorar escenarios de financiación y coste-beneficio para justificar futuras inversiones en mejora de procesos.

8.- BIBLIOGRAFÍA

- Agyei, W. (2015). Project planning and scheduling using PERT and CPM techniques with linear programming: case study. *International journal of scientific & technology research*, 4(8), 222-227.
- Business School 101. (20 de Febrero de 2022). Just-in-Time (JIT) | Supply Chain Management | From A Business Professor. [Archivo de Vídeo]. Youtube. Just-in-Time (JIT) | Supply Chain Management | From A Business Professor (youtube.com).
- Carreras, M. R. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Ediciones Díaz de Santos.
- Chaudhari, T., & Raut, N. (2017). Waste elimination by lean manufacturing. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 4(5), 168-170.
- Cheng, T. C., & Podolsky, S. (1996). *Just-in-time manufacturing: an introduction*. Springer Science & Business Media.
- Concha Guaila, J. G., & Barahona Defaz, B. I. (2014). *Mejoramiento de la Productividad en la Empresainduacero Cia. Ltda. en Base al Desarrollo e Implementación de la Metodología 5s Vsm, Herramientas Dellean Manufacturing (Bachelor's thesis)*.
- CRUZ ROBLES, D. J. (2015). *Implementación del sistema pull-system-kanban en Faurecia*.
- Crisóstomo, E., & Jiménez, J. (2021). Application of Lean Manufacturing (5s and Kaizen) to Increase the Productivity in the Aqueous Adhesives Production Area of a Manufacturing Company. *Industrial Data*, 24(2), 249-271.
- Daniel T. Jones & James P. Womack (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*.
- Danson, C. N., White, M., Barr, J. R., Bett, T., Blyth, P., Bowley, D., ... & Winstone, T. (2021). A history of high-power laser research and development in the United Kingdom. *High Power Laser Science and Engineering*, 9, e18.

- Golhar, D. Y., & Stamm, C. L. (1991). The just-in-time philosophy: a literature review. *The International Journal of Production Research*, 29(4), 657-676.
- Gonzalez, V., Lozano, S. M. F., Sandoval, W. E. G., Villacreses, K. B., & Vera, D. S. (2018). Modelo del mapeo del flujo de valor-Value stream mapping (VSM) para la mejora de procesos de producción de empresa de Dulcería-café. In *Proceedings of LACCEI International Multi-conference on Engineering Educational Technology (Vol. 2018)*.
- Griffin, M. B., Thomas, J. Y., & McMurtrey, M. E. (2022). The Evolution of Project Management: The Future Is Now?. *Journal of Management Policy and Practice*, 23(2).
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241-249.
- Iuga, M. V., & Kifor, C. V. (2013). Lean manufacturing: The when, the where, the who. *Revista Academiei Fortelor Terestre*, 18(4), 404-410.
- Japan Management Association. (2018). *KANBAN: Y Just-in-time en Toyota*. Routledge.
- Juan Carlos Hernández & Antonio Vizán (2013). *Lean manufacturing. Conceptos, técnicas y aplicación*.
- Joshua Emmanuel. (17 de Julio de 2017). Project Scheduling - PERT/CPM | Finding Critical Path. [Archivo de Video]. Youtube. Project Scheduling - PERT/CPM | Finding Critical Path - YouTube.
- Leksic, I., Stefanic, N., & Veza, I. (2020). The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. *Advances in production engineering & management*, 15(1).
- Liker (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*.
- Llach i Porcell, G. (2021). Optimization of the PERT/CPM project management methodology by implementing the Lean and Agile philosophies.
- Matt, D. T., Dallasega, P., & Rauch, E. (2014). Synchronization of the manufacturing process and on-site installation in ETO companies. *Procedia Cirp*, 17, 457-462.

- Menchaca, A. R. B., Mendoza, R. L. Z., Olguín, I. J. C. P., & Hernández, M. H. O (2019). IMPLEMENTACIÓN DE PULL SYSTEM Y KANBAN EN EL ÁREA DE FABRICACIÓN DE TABLILLAS ELECTRÓNICAS. MEMORIAS DE ESTADÍA INDUSTRIAL, 7.
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2016). Manufacturing system lean improvement design using discrete event simulation. *Procedia CIRP*, 57, 195-200.
- POM_ETH Zurich. (11 de Marzo de 2021). Just-in-time and Kanban [Archivo de Vídeo]. Youtube. Just-in-time and Kanban (youtube.com).
- Rüttimann, B. G., & Stöckli, M. T. (2016). Going beyond triviality: The Toyota production system—lean manufacturing beyond Muda and Kaizen. *Journal of Service Science and Management*, 9(2), 140-149.
- Serrano Lasa, I. (2007). Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos. Universitat de Girona.
- Socconini, L. (2019). Lean manufacturing. Paso a paso. Marge books.
- Strandhagen, J. W., Vallandingham, L. R., Alfnes, E., & Strandhagen, J. O. (2018). Operationalizing lean principles for lead time reduction in engineer-to-order (ETO) operations: A case study. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 128-133.
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. S. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875-1885.
- Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y sociedad*.
- “Triumph of the Lean Production System”, John Krafcik, 1988.
- Villalona Morillo (2018). Propuesta metodologica para la Direccion de Proyectos introduciendo la filosofía Lean Construction para proyectos de construccion tipo residencial en Republica Dominicana.

9.- ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Los principios del Lean Management.

Figura 2. Adaptación TPS actualizada a casa Toyota.

Figura 3. Ejemplos de símbolos VSM.

Figura 4. Ejemplo de mapa de flujo de valor.

Figura 5. Esquema del sistema Kanban.

Figura 6. Ejemplo tarjeta Kanban.

Figura 7. Tarjeta roja para almacén.

Figura 8. Tabla de los 10 puntos clave del espíritu Kaizen.

Figura 9. Posicionamiento del CODP.

Figura 11. Flujo general de producción de OMIO

Figura 12. Imágenes del antes y después de aplicar 5S a la zona de montaje.

Figura 13. Representación del VSM actual.

Figura 14. Representación del VSM futuro.

Figura 15. Representación del camino crítico

10.- ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición de la etapa de implantación por herramienta

Tabla 2. Análisis comparativo de tiempo de proceso en el pedido piloto

Tabla 3. Proyectos que implantar en OMIO en el corto plazo.

Tabla 4. Actividades a realizar en OMIO para la consecución correcta de la implantación del proyecto LEAN-OMIO.