



Guía de soporte para su
implementación y utilización

LEAN

Fundamentos,
metodología y
aplicación práctica

2026

GRUPO DE TRABAJO

- Sara Lara Palmero. AIRBUS COMMERCIAL
- Sílvia Blazquez. AERNNOVA
- Jaime Vila. ALTER TECHNOLOGY
- Inocencia García. GMV S.A.

índice

1.	HISTORIA Y CONCEPTOS LEAN	04
2.	ESENCIA Y OBJETIVOS DE LEAN	06
3.	PRINCIPIOS DE LEAN	08
4.	BENEFICIOS DEL PENSAMIENTO LEAN	12
5.	LEAN 4.0 (LA UNIÓN CON LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL)	14
6.	APLICACIÓN: HERRAMIENTAS LEAN	16
7.	APLICACIÓN DE METODOLOGÍA, CASOS PRÁCTICOS:	26
	• CASO 1: WORKSHOP VSM	26
	• CASO 2: IMPLANTACIÓN DE 5S	36
	• CASO 3: IMPLEMENTACIÓN LEAN EN UN DESARROLLO SOFTWARE	40
8.	CONCLUSIONES	42

01 Historia y conceptos LEAN

¿Qué es LEAN?

LEAN es una filosofía o cultura de gestión orientada a maximizar el valor entregado al cliente mediante la mejora continua de los procesos y la eliminación sistemática de desperdicios, reduciendo de forma sostenida el Lead Time de extremo a extremo (end-to-end).

La implementación del LEAN requiere identificar, priorizar y eliminar de forma sistemática el desperdicio, desplegando para ello las herramientas LEAN apropiadas, que se detallarán más adelante en esta guía.

Desperdicio es todo lo que consume recursos y no añade valor que el cliente esté dispuesto a pagar por ello. Por tanto, es el cliente quien determina el valor de los procesos.

Bajo la filosofía LEAN, la verdadera ventaja competitiva son las Personas de dentro de la organización. Es la riqueza de sus ideas la que permite la mejora continua de los procesos. Las personas son el activo más importante

Las raíces de Lean se encuentran en el Sistema de Producción de Toyota (Toyota Production System, TPS). Sin embargo, el térmi-

no «Lean» no fue acuñado por Toyota, sino por investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) a principios de la década de 1990.

Toyota lo desarrolló en Japón en los años 50, particularmente gracias al trabajo de Taiichi Ohno y Eiji Toyoda. Con el tiempo, estos conceptos se sistematizaron y fueron llevados a otras industrias fuera de la automoción o de manufactura, como salud, servicios, software, logística y más, debido a su eficacia para aumentar la eficiencia y la calidad, así como entregar valor.

El término “LEAN” fue popularizado por el libro “The Machine That Changed the World” (1990) de Womack, Jones y Roos, en el que se analizó el éxito del sistema de producción de Toyota frente a los métodos tradicionales occidentales. Identificando el enfoque de Toyota como más eficiente y centrado en el cliente. Para describirlo, acuñaron el término “LEAN Production” (producción ajustada), haciendo referencia a su capacidad de hacer más con menos.



02 Esencia y Objetivos de LEAN

La esencia de LEAN se basa en crear más valor para el cliente con menos recursos, y consiguiendo un flujo continuo. Esto se logra eliminando actividades que no generan valor (desperdicio), mejorando los flujos de trabajo y empoderando a los empleados de todos los niveles para identificar problemas y proponer soluciones. Para ello, es necesario conseguir un cambio cultural o de hábitos, de manera que cada uno de los empleados se plantee en su día a día y en su ámbito de trabajo, qué tareas de todas las que realiza aportan valor para el cliente y cuáles no. La Mejora Continua solo es posible con la participación de las personas de la organización. Cada empleado sabe cuáles son los problemas que existen en su ámbito de trabajo y las mejores soluciones para resolverlos.

Los objetivos principales que LEAN persiguen para una organización son:

- Mejorar la calidad de los productos o servicios, y la eficiencia de los procesos.
- Reducir desperdicios (tiempos muertos, sobreproducción, errores, etc.)
- Aumentar la productividad, entregando más valor con menos recursos.
- Disminuir los tiempos de entrega (lead time).
- Incrementar la satisfacción del cliente.
- Mejorar la flexibilidad y capacidad de adaptación.
- Fomentar una cultura de mejora continua, involucrando a todo el equipo humano

¿Cómo se consigue el cambio cultural?

Es necesario tener una sistemática que ayude a cada uno de los empleados, a identificar desperdicios y a eliminarlos, y un convencimiento y soporte por parte de la dirección, que permita implantar dicha sistemática dedicando los recursos necesarios para tal efecto.

Cuando las personas se involucran con la Mejora Continua, se detecta lo que no aporta valor (desperdicios) y se colabora en su eliminación. Esto hace que las personas se sientan orgullosas y satisfechas con el trabajo, por el mero hecho de haber participado en la mejora del propio puesto de trabajo y de la empresa. Han aportado algo valioso. Esto supone una fuente de auto motivación que empuja a seguir actuando de esta forma.



03 Principios de LEAN

LEAN se apoya en los siguientes principios fundamentales:

1. Definir valor desde la perspectiva del cliente.

El valor es aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar, ya sea dinero, tiempo o atención.

Definirlo correctamente permite enfocar esfuerzos en lo que realmente importa y evitar invertir recursos en elementos sin utilidad real.

- **En manufactura:** el cliente puede valorar la rapidez, la calidad o la facilidad de uso de un producto. Por ejemplo, una impresora que destaca por su velocidad y simplicidad genera más valor que otra llena de funciones avanzadas poco usadas.
- **En software:** el valor se mide en funcionalidad útil, experiencia del usuario o capacidad de resolver un problema real. Añadir características que no se utilizan es desperdicio.
- **Servicios (sanidad, hostelería, educación, logística,...):** Se valora mejorar la calidad de los servicios, atención, rapidez, etc, sin incrementar los costes.

En todos los casos, el valor se define desde la necesidad del cliente, no desde la complejidad técnica o la cantidad de trabajo.

2. Mapear o Identificar el flujo de valor, (todos los pasos del proceso) para crear un producto o servicio.

El flujo de valor es la secuencia de pasos necesarios para llevar una idea hasta el cliente.

Mapearlo permite distinguir entre actividades que agregan valor y las que generan desperdicio (esperas, retrabajo, pasos innecesarios) y facilita priorizar mejoras.

- **En manufactura:** el flujo incluye aprovisionamiento, fabricación, agregación del valor al producto, montaje, control de calidad, embalaje y entrega. Si hay esperas prolongadas o traslados innecesarios, se pierde eficiencia.
- **En software:** el flujo abarca desde la concepción de una funcionalidad hasta su despliegue y uso en producción. Si entre desarrollo y pruebas hay días de espera o pasos manuales repetitivos, se interrumpe el valor.

- **Servicios (sanidad, hostelería, educación, logística,...):** el flujo incluye cualquier servicio, desde que se solicita hasta que se finaliza. Por ejemplo, En un hospital, el flujo de valor para una cirugía incluye la cita, los exámenes previos, el ingreso, la operación y el seguimiento postoperatorio. Si hay una espera innecesaria de 3 días entre los exámenes y la cirugía, se identifica como un punto de mejora en el flujo de valor.

Problemas que nos podemos encontrar:

- No contar con todas las personas necesarias para hacer el mapeo del proceso, y se quedan fuera partes relevantes, con lo cual se obtiene un mapeo que no es real.

- Resistencia de los departamentos a compartir datos reales, ocultando “colchones” de tiempo o inventarios fantasmas, por miedo a la penalización.

3. Eliminar desperdicios

LEAN identifica ocho tipos de desperdicios (muda) — todo aquello que consume recursos sin generar valor para el cliente.

El desperdicio no siempre es visible: puede ser físico (materiales) o invisible (tiempo, conocimiento, motivación).

Tipo de desperdicio	Descripción
1. Sobreproducción	Producir, ofrecer servicios o desarrollar funcionalidades sin que el cliente lo demande.
2. Esperas	Tiempo muerto entre operaciones, falta de materiales, aprobaciones, entornos no disponibles o falta de un flujo continuo.
3. Transporte innecesario	Movimiento excesivo de materiales, componentes, información, transferencias de trabajo entre equipos o herramientas que hacen perder información
4. Exceso de inventario	Acumular componentes o semielaborados, tareas abiertas, trabajo administrativos, sin demanda.
5. Defectos / Retrabajo/Scrap	Errores que generan productos defectuosos que deben repararse o desecharse, así como tareas que no se realizan correctamente a la primera y requieren corrección o repetición. También incluyen inspecciones adicionales derivadas de procesos incapaces de garantizar la calidad de forma consistente.
6. Sobreproceso	Realizar tareas o controles innecesarios, aplicar materiales extra no solicitados en las especificaciones, documentación redundante, reportes duplicados, burocracia.
7. Movimiento innecesario	Desplazamientos físicos de personas o máquinas ineficientes.
8. Talento no utilizado	No aprovechar la creatividad y conocimiento del personal.

4. Crear flujo continuo, (eliminando interrupciones)

El objetivo aquí es que el producto o servicio avance sin interrupciones ni cuellos de botella, permitiendo una producción más ágil y fluida, y de uno en uno. Asegurando que cada etapa aporte valor sin esperas ni acumulaciones.

El flujo continuo reduce tiempos, mejora la calidad y permite detectar problemas antes.

- **En manufactura:** Por ejemplo, En una línea de montaje, si un operario tiene que esperar 5 minutos a que le entreguen la pieza anterior, se rompe el flujo. Automatizar o equilibrar las tareas entre los trabajadores puede lograr que el trabajo fluya sin paradas.
- **En software:** integración y despliegue continuos (CI/CD) garantizan que el código fluya desde el desarrollo hasta producción de forma automatizada y sin bloqueos.
- **Servicios (sanidad, hostelería, educación, logística,...):** Permite reducir los tiempos de espera y los servicios más personalizados

Problemas que nos podemos encontrar:

- En ocasiones, las máquinas críticas hacen de cuello de botella impidiendo el flujo continuo.



**LEAN NO TRATA DE
TRABAJAR MÁS RÁPIDO,
SINO DE ELIMINAR LO
INNECESARIO PARA QUE
EL VALOR FLUYA”**

5. Establecer un sistema pull, (producir según demanda)

En lugar de producir en función de previsiones, LEAN propone que se produzca solo cuando el cliente lo demande. Así se evita el exceso de inventario y se adapta mejor a las necesidades reales.

- **En manufactura:** se produce bajo pedido. Esto se aplica tanto al producto final, como a la producción de semielaborados, que se reponen cuando sale una pieza del “supermercado”, de acuerdo a las cantidades definidas.
- **En hardware:** se fabrican prototipos o lotes cuando hay validación o requerimiento confirmado.
- **En software:** los equipos inician nuevas historias de usuario del backlog solo cuando liberan capacidad (WIP limitado).
- **Servicios (sanidad, hostelería, educación, logística,...):** Se obtiene un servicio bajo pedido.

El sistema pull sincroniza el ritmo del trabajo con el ritmo del cliente.

Problemas que nos podemos encontrar:

En piezas con un Lead Time elevado y problemas de calidad, puede existir reticencia a trabajar bajo un sistema pull, ya que un fallo puede provocar una rotura de stock difícil de recuperar debido al largo plazo de reposición. Como consecuencia, existe el riesgo de que se ignore el sistema Kanban y se vuelva a operar bajo un modelo push basado en la acumulación de inventario.

6. Buscar el ideal a través de la mejora continua (Kaizen)

Este principio impulsa una cultura de mejora continua, donde todos los miembros de la organización están comprometidos con identificar oportunidades de mejora y hacer pequeños cambios constantes. La perfección no se alcanza de golpe, sino a través de pequeños ajustes continuos y sostenibles.

Kaizen es la práctica de aprender y mejorar constantemente — tanto el producto, como el proceso y las personas.

- **En manufactura:** los trabajadores proponen mejoras en la línea de producción que reducen tiempos o defectos.
- **En software:** los equipos celebran retrospectivas periódicas para identificar cuellos de botella, automatizar tareas y perfeccionar procesos.
- **Servicios (sanidad, hostelería, educación, logística,...):** Servicios de atención al cliente, encuestas de satisfacción, formularios de reclamaciones y propuestas de mejora

Problemas que nos podemos encontrar:

- Resistencia al cambio del personal involucrado en los procesos.
- La no propuesta de mejoras por falta de tiempo del personal. Es fácil caer en una dinámica en la que el personal priorice lo urgente y no lo importante. Es necesario establecer tiempo dedicado al pensamiento y propuesta de mejoras.
- En Agile, las retrospectivas poco efectivas: reuniones repetitivas, sin foco o sin impacto real, sin seguimiento de las acciones, que generan desmotivación en el equipo.

7. Estandarizar procesos

Una vez se haya establecido el flujo de valor y mejorado de forma eficiente, esto se deberá documentar y estandarizar para extender a más partes de la empresa cuando sea aplicable.

Una vez se han optimizado los flujos y eliminado desperdicios, se documentan las mejores prácticas para mantener la calidad y compartir el aprendizaje.

- **En manufactura:** se estandarizan métodos de trabajo seguros y eficientes, formando a todos los operarios.
- **En software:** se definen guías de desarrollo, checklist de revisión de código, pipelines de integración y “Definition of Done” para asegurar coherencia.
- **Servicios (sanidad, hostelería, educación, logística,...):** Estandarizar y documentar todos los procesos que incluyan dichos servicios.

Estandarizar no significa rigidez: se trata de crear una base estable para mejorar continuamente.

Problemas que nos podemos encontrar:

- Resistencia a la implementación de los procesos estandarizados por parte del personal involucrado.
- Desactualización y falta de revisión de los procesos y procedimientos implantados.

Los principios LEAN son **universales** porque se centran en el flujo de valor y en las personas.

En una fábrica, el valor se mueve en forma de materiales; en el software, se mueve en forma de **información y conocimiento**.

En ambos casos, el objetivo es idéntico: **entregar valor al cliente con el mínimo desperdicio y el máximo aprendizaje**.

04 Beneficios del Pensamiento LEAN

Implantar una **cultura LEAN** en una organización no se limita a aplicar herramientas o técnicas puntuales; implica transformar la forma de pensar y de trabajar de todos los niveles, desde la dirección hasta los equipos técnicos y operativos. LEAN promueve una **cultura de mejora continua, centrada en el cliente y en la eficiencia sostenible**, tanto en entornos de producción industrial como en el desarrollo de hardware, software o servicios tecnológicos.

Beneficios de Implantar LEAN

Como consecuencia de la implantación de esta metodología y del cambio cultural y de hábitos que provoca, se obtienen múltiples beneficios para la organización, independientemente del tipo de proceso (físico, digital o híbrido), tales como:

- **Mayor eficiencia operativa:** Al eliminar desperdicios y optimizar procesos, se mejora la productividad y se reducen los costes operativos.
- **Mejora en la calidad del producto o servicio:** Al reducir errores y variabilidad, los productos y servicios se entregan con una calidad más uniforme y confiable.
- **Reducción de tiempos y plazos de entrega:** La simplificación de procesos permite ofrecer respuestas más rápidas a las necesidades del cliente. En el desarrollo tecnológico, esto significa reducir el time to market, acortando desde la idea inicial hasta el producto operativo en el cliente. Así, tanto un producto físico, un servicio, o un sistema software llegan antes y con mejor ajuste a la demanda.
- **Ahorros económicos,** incrementando los márgenes, al eliminar todo lo que no aporta valor para el cliente, pero consume recursos. Los márgenes aumentan sin sacrificar calidad ni servicio, y los recursos liberados pueden destinarse a innovación o nuevas líneas de producto.
- **Consecución de objetivos de KPI's** La gestión LEAN impulsa una visión basada en datos: se definen indicadores claros (KPI) para cada proceso, se mide su evolución y se toman decisiones basadas en evidencias.

Estos indicadores pueden incluir: eficiencia operativa, tiempo de ciclo, defectos por unidad, velocidad de desarrollo, lead time o disponibilidad del sistema.

De esta forma, LEAN **mejora los resultados globales** de toda la organización.

- **Mayor satisfacción del cliente:** Al centrarse en lo que realmente aporta valor al cliente, aumenta su nivel de satisfacción y fidelidad, puesto que se mejora la calidad y el servicio, sin incrementar el coste
- **Incremento de la motivación del equipo humano:** Las personas se sienten más involucradas y comprometidas cuando sus ideas se valoran y forman parte activa del proceso de mejora.
- **Adaptabilidad y flexibilidad organizativa:** LEAN permite a las organizaciones adaptarse con rapidez a los cambios del mercado o del entorno.
- **Mejor toma de decisiones basada en datos:** LEAN fomenta el uso de indicadores visuales, análisis de procesos y retroalimentación constante para identificar oportunidades y medir el impacto de las mejoras.
- **Cambio de hábitos en los empleados.** El LEAN, al ser una cultura, supone necesariamente un cambio de hábitos. Algunos de los hábitos que en concreto se modifican son los siguientes:
 - **Mayor rigor y disciplina.** La metodología exige una serie de hábitos en este sentido, tales como la puntualidad y asistencia a reuniones, planificación de las tareas a realizar, estimación de objetivos a alcanzar y seguimiento riguroso de las acciones, medibles y ahorros.
 - **Mayor proactividad y liderazgo.** Se establecen equipos de trabajo multidisciplinares, con líderes e integrantes. Esta sistemática otorga un mayor empoderamiento a todas las personas involucradas y potencia estas habilidades.

- **Mejora el trabajo en equipo.** Se configuran equipos multidisciplinares/multidepartamentales. Esto da una visión general del proceso elegido y no solamente de cada una de las partes y permite entender mejor los problemas surgidos en otras áreas y las consecuencias de las acciones de cada uno. Además, se crean hábitos de reuniones de equipo entre las diferentes áreas para la consecución de las acciones
- **Mejora la comunicación.** Derivado del punto anterior, se favorecen las relaciones interdepartamentales y la comunicación posterior entre las diferentes áreas y jerarquías de la empresa
- **Cultura de innovación sostenible:** Con una mentalidad de mejora constante, las organizaciones están en continua evolución, lo que favorece la innovación sin necesidad de grandes disrupciones.



IMPLANTAR UNA CULTURA LEAN EN UNA ORGANIZACIÓN IMPLICA TRANSFORMAR LA FORMA DE PENSAR Y DE TRABAJAR, DESDE LA DIRECCIÓN HASTA LOS EQUIPOS TÉCNICOS Y OPERATIVOS”

05 LEAN 4.0 (La unión con la Inteligencia Artificial)

El LEAN tradicional fallaba en una cosa: dependía de la observación humana (el famoso Gemba) que a veces es lenta o sesgada. El LEAN 4.0 integra la Inteligencia Artificial y el Big Data.

- **De Poka-Yoke a Computer Vision:** En lugar de topes mecánicos para evitar errores, usamos cámaras con IA que detectan defectos en milisegundos.
- **Mantenimiento Predictivo:** Ya no esperamos a que algo se rompa (TPM tradicional) o seguimos un calendario fijo; los algoritmos nos dicen exactamente cuándo fallará una pieza.
- **Gemelos Digitales (Digital Twins):** En lugar de hacer pruebas físicas que generan material desechado, se simula todo el flujo de valor en un entorno digital para optimizarlo antes de tocar una sola pieza.
- **Big Data e IA para Kaizen:** Antes, un equipo se reunía para analizar datos históricos. Ahora, algoritmos de IA analizan datos en tiempo real de sensores Internet of Things para identificar cuellos de botella antes de que detengan la línea.

LEAN Agile (Agilidad a Escala)

El sector aeronáutico ha adoptado marcos como SAFe (Scaled Agile Framework) para proyectos complejos.

- **Por qué es la alternativa:** El LEAN tradicional era excelente para entornos estables. Agile añade la capacidad de gestionar la incertidumbre y cambios constantes en los requisitos del cliente (algo vital en la ingeniería moderna).
- **Sincronización:** Combina la eliminación de desperdicio con ciclos cortos de entrega de valor (Sprints), permitiendo pivotar rápido si el mercado o la tecnología cambian.



**LEAN NO TRATA DE
TRABAJAR MÁS RÁPIDO,
SINO DE ELIMINAR LO
INNECESARIO PARA QUE
EL VALOR FLUYA”**



LEAN & Green (Economía Circular)

Hoy en día, la rentabilidad no es suficiente; la sostenibilidad es el nuevo estándar.

- **Muda Ambiental:** Se han añadido nuevos tipos de desperdicio relacionados con el carbono, el agua y la energía.
- **Manufactura Aditiva (Impresión 3D):** Es la herramienta LEAN definitiva en aeronáutica. Reduce el transporte y el inventario de piezas complejas al fabricarlas cerca del punto de uso y con un desperdicio de material cercano a cero comparado con el mecanizado tradicional.

Smart Manufacturing & IA

La tendencia más puntera para este 2026 es la IA con Agentes en la cadena de suministro.

- **Sistemas Autónomos:** Agentes de IA que no solo analizan, sino que toman decisiones autónomas para reequilibrar la carga de trabajo entre estaciones de montaje (Station Line Balancing dinámico) si un operario se ausenta o una pieza llega tarde.

06 Herramientas LEAN

El pensamiento LEAN no es solo una filosofía, sino también un enfoque práctico que se traduce en acciones concretas dentro de las organizaciones. Su aplicación implica revisar de forma crítica todos los procesos y enfocarse en generar valor para el cliente, eliminando el desperdicio y mejorando continuamente.

¿Cómo se aplica el LEAN?

La aplicación de LEAN se adapta a cualquier tipo de organización — industria, servicios, salud, administración pública, educación, ingeniería, hardware, software, etc.— y se lleva a cabo en distintas fases. La metodología mantiene las mismas fases, pero los ejemplos y herramientas se ajustan según la naturaleza del proceso.

1. **Compromiso de la dirección:** El cambio debe impulsarse desde el liderazgo, con una visión clara y apoyo constante.
2. **Alineación de los clientes internos/ externos y funciones de soporte.** Se debe tener en cuenta la voz del cliente

interno/externo y de las funciones de soporte, teniendo una visión que recoja todas. El objetivo es alinear las expectativas de todas las funciones implicadas (producto, diseño, calidad, IT, soporte)

3. **Plan de la implementación práctica por pilotos.** Se debe realizar un plan de implementación práctico definiendo pilotos para llevar a cabo el LEAN, que permitan probar la metodología en entornos controlados.

Los pilotos permiten aprender, demostrar resultados y escalar posteriormente la cultura LEAN.

4. **Formación y capacitación.** Definición del plan de formación para la plantilla. Se debe proporcionar formación en distintos niveles, adaptados a las responsabilidades y conocimientos de las personas que participen en el piloto LEAN. Asimismo, es recomendable contar con un asesor o facilitador con experiencia en LEAN que apoye y acompañe su implantación
5. **Diagnóstico inicial:** Se analiza el estado actual de los procesos para identificar

desperdicios, ineficiencias y oportunidades de mejora en el piloto definido. El diagnóstico LEAN equivale al mapeo del flujo de valor (Value Stream Mapping)

6. **Definición de objetivos:** Se establecen metas claras basadas en la creación de valor, la mejora de la organización, la reducción de tiempos y costes, etc.
7. **Selección e implementación de herramientas LEAN:** Se aplican herramientas específicas para rediseñar los procesos y optimizar los recursos.
8. **Medición de resultados y mejora continua:** Se monitoriza el impacto de los cambios y se promueve una cultura de mejora continua (Kaizen). Los resultados se analizan a través de indicadores de rendimiento (KPI) y se comparten con transparencia en toda la organización.

Aplicación del Enfoque LEAN y Herramientas para su Implementación

La aplicación del pensamiento LEAN implica llevar sus principios fundamentales a la práctica diaria de la organización, adaptándolos a sus procesos específicos.

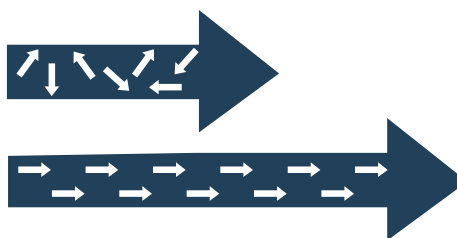
Implementar LEAN requiere tanto un cambio cultural como el uso de herramientas concretas que ayuden a visualizar problemas, optimizar procesos y fomentar la mejora continua.

Claves para la implementación y consolidación de la cultura LEAN

1. **Necesidad del cambio** en la organización
2. **Metodología y modelo** de despliegue bien estructurado
3. **Disciplina y rigor** en la implementación de la metodología y modelo de despliegue

4. **Liderazgo y apoyo** efectivo de la Dirección (el cambio cultural se debe realizar primero a este nivel).
5. **Comunicar y hacer partícipe a todo el personal relacionado con el ciclo de mejora:** Si queremos involucrar a todas las personas, primero hay que comunicarles lo que queremos hacer y los objetivos que se pretenden conseguir. No podremos contar con la participación de las personas sin realizar este paso previo.
6. **Trabajo en equipo con el objetivo común de servicio al cliente interno y externo:** El trabajo en equipo es absolutamente clave en la Mejora Continua de una empresa. No se puede mejorar si cada área trabaja como una isla independiente de las demás, sin objetivos comunes y sin empujar todos en la misma dirección. El éxito no está en los logros personales, sino en los logros como empresa. Algo que puede ser muy beneficioso para un área determinada, si no lo es para el conjunto de la empresa, debe ser descartado por lo que sea más óptimo en el global.

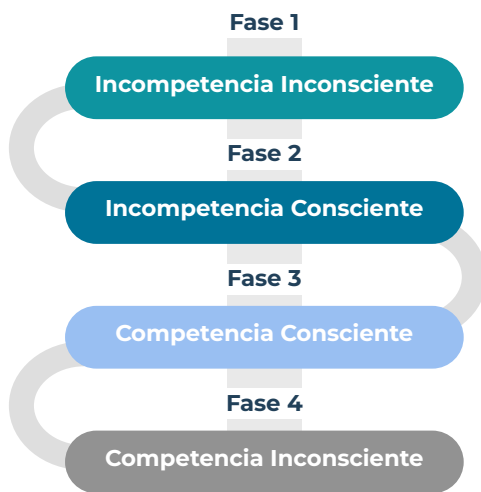
¿Cuál es la velocidad real a la que avanza una empresa cuando los intereses de las personas que trabajan en ella son diferentes o incluso contrarios?



**PROVERBIO CHINO:
SI QUIERES LLEGAR
RÁPIDO VE SOLO, SI
QUIERES LLEGAR LEJOS
VETE ACOMPAÑADO”**

- 7. **Perseverancia:** El cambio cultural requiere mucha perseverancia, ya que en la implementación de cambios, surgen muchos obstáculos, dentro y fuera de la propia organización. Si no se está muy convencido de lo que se está haciendo y para qué, y no se tiene constancia, es fácil tirar la toalla cuando van surgiendo los obstáculos al cambio.
- 8. **Cambio de hábitos:** Un cambio cultural requiere una adquisición de hábitos. Para adquirir un hábito es necesario realizar un esfuerzo inicialmente y ser conscientes de los pasos que hay que ir realizando. Se trata de pasar de ser conscientemente incapaces a ser inconscientemente capaces de hacerlo.

Proceso de cambiar hábitos



¿Recuerdas cuando aprendiste a conducir?

Aprender a conducir es un proceso de cambio de hábitos



- 9. **Resultados y reconocimiento:** Si no se consiguen resultados visibles en los indicadores, el cambio cultural no se producirá, puesto que solo quedaría en una teoría idílica, pero que no funciona. Tras los resultados, el reconocimiento a las personas involucradas, es otra de las claves para el éxito y la consolidación de la cultura.

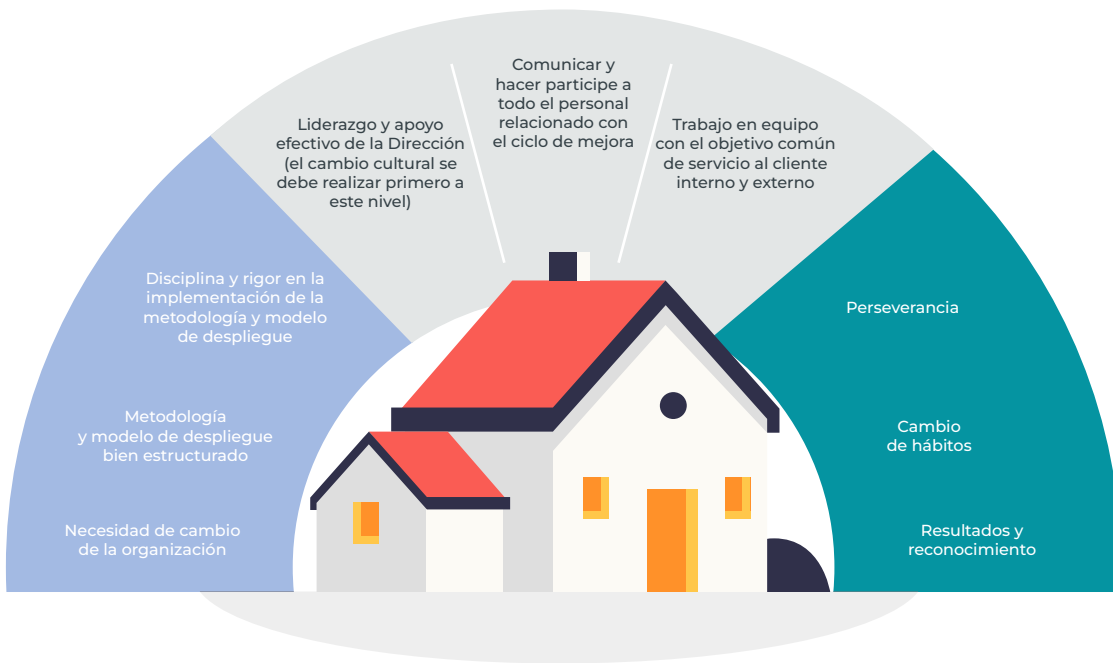
Dificultades y riesgos

- 1. **Confundir la filosofía LEAN con un proyecto.** Una filosofía es una cultura que afecta a todas las personas de la organización y que una vez que se decide implantar, debe desplegarse a toda la organización y no termina nunca. Un proyecto es algo limitado en el tiempo y que solamente afecta a un número limitado de personas.
- 2. **Los cambios culturales no se pueden imponer.** Deben ser asumidos por cada persona y para ello es necesario verlo como un valor en sí mismo, y ser conscientes de lo que nos puede aportar a cada uno de nosotros.
- 3. **Los cambios culturales son complicados** ya que primero requiere que la persona acepte que algo que siempre estaba haciendo de una forma determinada, se puede mejorar. La detección de desperdicios la debe realizar cada persona en su ámbito de trabajo. Es muy fácil detectar los desperdicios de los demás, pero no tanto detectar los de nuestro propio trabajo.



HABLA DE TUS PROPIOS ERRORES ANTES DE CRITICAR LOS DE LOS DEMÁS”

(Dale Carnegie)



Herramientas LEAN

A continuación, se presentan algunas de las herramientas más comunes y eficaces para aplicar LEAN en diferentes entornos:

Mapa de flujo de valor (VSM - Value Stream Mapping)

Herramienta visual que permite representar todos los pasos de un proceso (tanto los que generan valor como los que no) para identificar oportunidades de mejora, esto es, identificando actividades que no agregan valor.

El VSM es considerada una de las primeras herramientas a utilizar en el marco de la metodología LEAN, ya que permite obtener una visión macro desde la que percibir todas las necesidades y deficiencias del proceso.

Para la implementación de esta herramienta, es necesario conocer algunos conceptos clave:

- **Lead Time (LT):** tiempo total entre el pedido del cliente y la entrega del producto o servicio.

- **Tiempo de Ciclo (TC):** es el ritmo de fabricación de un proceso. El TC siempre debe ser menor al Takt Time, para que no exista un cuello de botella
- **TAKT TIME (TT):** ritmo de demanda del cliente.
- **VA (Valor Añadido),** NVA-E (No Valor Añadido pero Esencial/Regulatorio) y NVA (Desperdicio Puro).

El proceso de implementación del VSM sería el siguiente:

- Seleccionar el producto o servicio a evaluar.
- Mapear el estado actual del proceso. Se deben recopilar datos reales y dibujar el flujo del proceso.
- Analizar el mapa. Identificar las actividades que aportan valor e identificar desperdicios (tiempos de espera, sobreproducción, transporte, movimientos innecesarios...). Es importante distinguir los desperdicios de actividades que no aportan valor, pero que deben

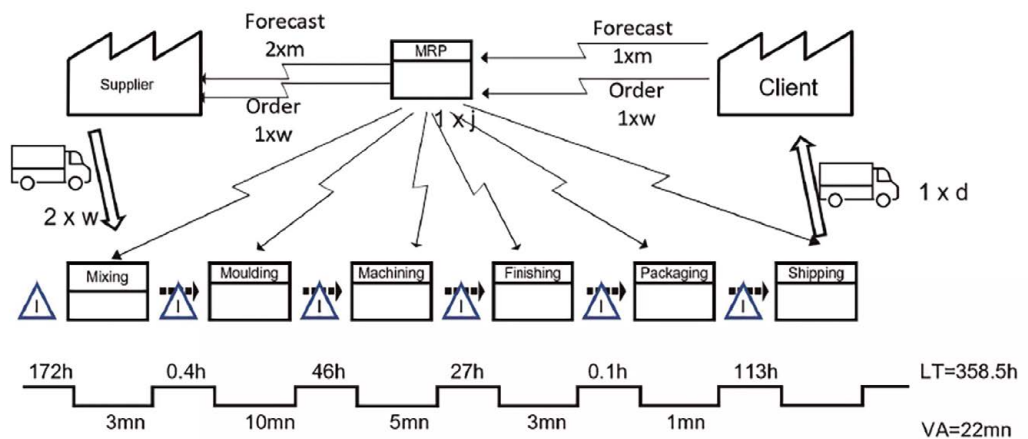
formar parte del proceso.

- Diseñar objetivo de mejora y definir las herramientas LEAN a aplicar en el proceso.
- Crear un plan de acción e implementación, definiendo responsables, plazos y recursos.

A continuación se muestra un gráfico de ejemplo de implementación de VSM en un proceso de producción. Se puede observar que el proceso presenta un tiempo de entrega (LT) de 358,5h, frente a un tiempo de proceso total (TC) de 22 minutos. Se detecta que los tiempos de espera entre las diferentes fases del proceso son muy largos, y sería necesario analizar si es

viabile una reducción de los mismos,

- **Ejemplo Manufactura:** *Mapear el proceso de fabricación en la línea de montaje de maquinaria para reducir tiempos de entrega del producto y exceso de inventario.*
- **Ejemplo SoftWare:** *Mapear ciclo de desarrollo, QA y despliegue.*
- **Ejemplo Servicios:** *Mapear el proceso de atención a un paciente en un hospital para reducir tiempos de espera.*



5S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar, Sostener)

Metodología para organizar el lugar de trabajo de manera eficiente, segura y limpia, fomentando la disciplina y la mejora continua.

1ºS (Seiri). Clasificar: eliminar todos los elementos innecesarios del lugar de trabajo, conservando solo los necesarios.

Implementación: identificar y etiquetar todos los ítems innecesarios. Elementos rotos, que no se usan en la actualidad, que han que-

dado obsoletos, etc. Es recomendable clasificar mediante algún método de etiquetado todo aquello que se va a eliminar, lo que se debe mantener, y lo que puede estar en duda. Estos últimos, tras una segunda revisión, se debe tomar una decisión clara sobre como actuar con el ítem.

En esta primera S es fundamental que colabore todo el personal que vaya a verse afectado por la herramienta LEAN, y que sean participes del cambio. De este modo, el personal se involucra en el proceso, consiguiendo una implantación de la metodología más efectiva.



2ºS (Seiton). Ordenar: organizar visualmente los artículos y herramientas necesarios para garantizar un flujo de trabajo eficiente.

Implementación: una vez eliminados los elementos innecesarios, se debe asignar una ubicación para cada ítem. Existen varios métodos de organización, y se deberán aplicar aquellos que mejor encajen en el proceso e instalación. Algunos de estos métodos se basan en una organización por frecuencia de uso de los ítems, cercanía al puesto de trabajo en el que se van a utilizar, clasificación por tipología de ítem, etc.

Una vez definido el método de organización de los ítems, todo debe quedar etiquetado y debe ser fácil y cómodo acceder a los ítems y reconocer su localización. Para esto, se puede etiquetar el ítem y su ubicación con una nomenclatura única que relacione al ítem, o incluir una foto o la forma donde va ubicado, de tal manera que solo ese ítem pueda ir ubicado en esa localización.

3ºS (Seiso). Limpiar: limpiar el área de trabajo para que esté limpia y ordenada.

Es clave identificar los focos de contaminación de las zonas de trabajo y eliminarlos. No se trata de limpiar más, si no de ensuciar menos.

4ºS (Seiketsu) Estandarizar: estandarizar los lugares de trabajo para garantizar una organización uniforme.

Implementación: con las 3 primeras S implementadas, es importante estandarizar el proceso, y que todo el personal sea consciente de la operativa. Es recomendable crear procedimientos útiles que incluyan fotografías, checklist y cualquier información relevante para la organización de los elementos.

5ºS (Shitsuke) Disciplina: mantener y revisar los estándares periódicamente.

Implementación: probablemente una de las 5S más importantes, ya que si no se aplica correctamente, puede suponer la pérdida de la mejora obtenida con el resto del proceso. De este modo, con todo implementado, es necesario revisar de manera periódica que se cumple la metodología implementada, que se mantiene en el tiempo, y que se identifican de manera continua acciones de mejora.

Para esto, se suelen llevar a cabo auditorías periódicas donde se evalúa el estado de organización y limpieza de los ítems afectados por el proceso 5S. Se deben obtener indicadores claros del rendimiento de la operativa, y tomar las acciones consecuentes para mantener y fomentar la cultura de disciplina y mejora continua.

- **Ejemplo HardWare:** *Implementar 5S en Laboratorio y banco de prueba organizados*
- **Ejemplo SoftWare:** *Implementar 5S en Estructura de repositorios, documentación, entornos de desarrollo*
- **Ejemplo Servicios:** *Implementar 5S en un taller mecánico para tener herramientas ordenadas y accesibles.*

Kaizen

Filosofía y práctica de **mejoras pequeñas y constantes**, con la participación de todos los empleados. La mejora continua (kaizen) supone una serie de beneficios, entre otros:

- Incremento continuo y sostenido de la productividad
- Reducción de costes operativos
- Mejora continua de la calidad
- Mayor implicación del personal, empodera a las personas para que realicen cambios.

La implementación de la metodología kaizen se realiza mediante los siguientes pasos:

1. Selección de la oportunidad de mejora.
2. Selección del equipo de trabajo.
3. Identificar las causas del problema
4. Ir al lugar donde se encuentra el problema
5. Aplicación de contramedidas y acciones inmediatas
6. Seguimiento y evaluación
7. Normalización y expansión

- **Ejemplo:** *Reuniones breves diarias para proponer y aplicar mejoras en tareas administrativas.*
- **Ejemplo:** *Simplificación de test o diseño*
- **Ejemplo:** *Automatización, refactorización, retrospectivas*

Flujo Continuo

Flujo continuo se define como el movimiento de material desde un proceso, que añade valor a otro, sin tiempo de transporte o almacenes intermedios, con la filosofía de hacer de uno en uno y mover de uno en uno.

Trabajar en Flujo Continuo es lo ideal y más óptimo bajo el prisma de la Mejora Continua y la eliminación total de desperdicios. Si no es posible trabajar con Flujo Continuo, trabajar a lotes con Sistema Pull y supermercados

- **Ejemplo:** *Diseño concurrente HW/SW e Integración y entrega continua (CI/ CD Continuous Integration/ Continuous Delivery)*

Sistema Pull (Kanban)

Sistema visual que permite **gestionar el flujo de trabajo**, evitando sobrecarga y mostrando claramente el estado de cada tarea o proceso. La metodología Pull utiliza señalización visual y está basado en la demanda y el consumo del cliente.

- Se usa en procesos físicos o de fabricación.
- Las tarjetas indican cuándo y cuánto producir o mover.
- El sistema es pull: se produce solo cuando el proceso siguiente lo necesita.
- Ayuda a controlar inventarios, evitar sobreproducción y equilibrar el flujo.
- **Ejemplo:** *Una aplicación básica de la metodología Pull es el kanban de dos tarjetas, kanban de movimiento y kanban de producción.*



- Una tarjeta kanban de producción especifica claramente qué, dónde, cuánto, quién lo produce, y quien lo consume.
- Una tarjeta kanban de movimiento especifica claramente quién, a dónde, cuánto y qué se está moviendo.
- **Ejemplo:** *Pull en equipos de mantenimiento o entornos de trabajo ágiles:*

Aquí Kanban se usa como sistema de gestión de tareas o trabajo. Es común en equipos de mantenimiento, soporte técnico, desarrollo de software y proyectos ágiles. El objetivo es usa para gestionar tareas y flujos de trabajo.

- Suele aplicarse con tableros visuales (físicos o digitales como Trello, Jira, etc.).
- Las columnas suelen representar estados del trabajo: “Pendiente”, “En curso”, “Hecho”.
- Se puede aplicar en cualquier entorno de trabajo, no solo industrial.

Un equipo de mantenimiento tiene un tablero Kanban con ticket de averías. Cada tarea avanza desde **“Nueva solicitud”** → **“En revisión”** → **“En ejecución”** → **“Completada”**.

Just In Time (JIT)

Sistema de producción en el que se produce solo lo necesario, en el momento necesario, reduciendo inventarios y tiempos muertos.

- **Ejemplo:** *En una línea de montaje, se reciben piezas justo antes de ser ensambladas, en lugar de almacenarlas.*
- **Ejemplo:** *Una empresa de catering que prepara los pedidos justo antes del evento para garantizar frescura y evitar desperdicio.*
- **Ejemplo:** *En desarrollo Software desplegar versiones según la prioridad y valor al cliente.*

SMED (Single-Minute Exchange of Die)

Reduce el tiempo de cambio entre tareas o procesos, haciendo más ágil la producción.

- **Ejemplo:** *En una imprenta, cambiar de formato de impresión en menos de 10 minutos para cumplir pedidos personalizados.*
- **Ejemplo:** *En desarrollo Software cambio rápido de prototipos o configuraciones de pruebas.*

Trabajo Estandarizado

Asegurar que se optimizan de manera simultánea la productividad de la persona y la utilización de los equipos y que se minimiza el inventario.

“Ahí donde no haya estándares, no puede haber Kaizen” -Taiichi Ohno

TPM (Total Productive Maintenance)

Es una metodología que asegura la mejora continua en la fabricación mediante la eliminación de las pérdidas por avería del equipamiento de las maquinas.

Sistemas antierror: Ej: Poka-Yoke

Dispositivos o métodos que evitan errores humanos en los procesos. Hay de tres tipos de eliminación, de detección y de prevención

- **Ejemplo:** *En un montaje de componentes electrónicos, diseñar conectores que solo encajan de una manera correcta.*
- **Ejemplo:** *Conectores o software de validación de diseño*
- **Ejemplo:** *Tests automáticos, validaciones de entrada, CI.*

Gestión visual

La gestión visual permite monitorizar la evolución de los indicadores clave de un proceso, así como las desviaciones identificadas respecto a los objetivos definidos para cada uno de ellos.

En el marco de la Mejora Continua, es fundamental la gestión visual, y el SQCDP es una herramienta eficaz para conseguirlo, controlando los indicadores de: Safety, Quality, Cost, Delivery, People.

Se sitúan en áreas donde un equipo de trabajo multifuncional se puede reunir, y permite visualizar y analizar los indicadores, el seguimiento de acciones y la evolución de los objetivos estratégicos del área.

Otro ejemplo de gestión visual es el andon, que es un sistema de señalización visual (luces, tableros, alarmas) que permiten detectar problemas en tiempo real en un proceso.

- **Ejemplo:** *Un operario puede activar una señal cuando detecta una anomalía,*
- **Ejemplo:** *Dashboards de métricas, alertas CI/CD, monitorización*

Polivalencia y policompetencia

Anticipar y gestionar las competencias operativas del equipo, según las necesidades del negocio, para mejorar la capacidad de respuesta ante interrupciones (p. ej., absentismo, falta de calidad, cambios de producto, aumentos y disminuciones de producción) y apoyar la asignación óptima de personal.

- **Ejemplo:** *Un operario se da de baja, su responsable mira el tablero de policompetencia y polivalencia y ve quien más tiene sus habilidades para cubrir su baja. De esta manera se sabe quien puede cubrir a quien o si tenemos alguna falta en algún puesto y debemos formar a alguien más.*
- **Ejemplo:** *Devs Desarrolladores con conocimientos de QA, DevOps, producto Desarrolladores con conocimientos de QA y equipo de producto.*

CAJA DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING: UN ENFOQUE INTEGRAL



Hacia la Excelencia Operativa - Integrando Lean & Agile

07 Aplicación de metodología LEAN. Casos prácticos

La metodología LEAN puede ser aplicada a cualquier proceso, empresa y sector, ya sean procesos de fabricación (LEAN Manufacturing), como de gestión (LEAN Management)

Para ello, lo primero será definir el proceso que se desea optimizar utilizando esta metodología, y el alcance, ya que éste puede ser la totalidad del proceso, desde su comienzo hasta su fin, o solamente una parte donde se desee analizar y optimizar con mucho más detalle.

Caso práctico 1. Metodología LEAN en empresa “Metalite S.A”

Un caso práctico de LEAN Manufacturing es la reducción de tiempos de espera en una línea de producción de una fábrica de piezas de metal. La empresa, “Metalite S.A.”, experimenta cuellos de botella y exceso de inventario, lo que aumenta los costos y los tiempos de entrega.

Elegimos

Paso 1: Identificación del Proceso y Mapeo de Valor (VSM)

Se selecciona la línea de producción de brackets, ya que es el producto más vendido y con mayores quejas de retrasos. La demanda de brackets son 200 a la semana y el tiempo disponible de trabajo son 7.25h. El alcance será la totalidad del proceso, desde el envío de las materias primas principales por parte de los proveedores, hasta la entrega al cliente.

Se define un equipo multifuncional para realizar el workshop de VSM, liderado por el equipo de mejora continua, con la participación de producción (incluyendo operarios de la línea), ingeniería, calidad y logística. Se crea un **Mapa de Flujo de Valor** (VSM) del estado actual.



**LEAN ES APPLICABLE A
CUALQUIER PROCESO,
EMPRESA O SECTOR”**

Variable	Valor	Unidad
Demanda Semanal	200	brackets
Días de Trabajo Semanales	5	Días (asumiendo una semana laboral de 5 días)
Demanda Diaria	$200 / 5 = 40$	brackets / día
Tiempo Disponible Diario	7.25 horas	horas
Tiempo Disponible Neto (en segundos)	$7.25 \text{ h} \times 3600 \text{ s/h} = 26.100$	segundos / día

1. Cálculo del Takt Time (TT):

Interpretación: Para cumplir con la demanda del cliente, la línea de producción debe entregar un bracket terminado cada 652.5 segundos (aproximadamente 10 minutos y 52.5 segundos). Este es el pulso que debe seguir todo el proceso productivo.

- **Todos los Tiempos de Ciclo (TC) están muy por debajo del TT (652.5 seg).**
- **Conclusión:** *El proceso de Valor Añadido es estable y capaz de manejar la demanda. No hay cuellos de botella por falta de capacidad.*

2. Identificación del flujo:

Se mapea el flujo de proceso, de materiales y de información, desde la recepción de la materia prima (aluminio, tornillos) hasta el embalaje final.

Problema Principal (El Gran Muda):

- **El Lead Time (LT) es de 15 días (NVA).**
- **El Tiempo de Valor Añadido (VA) es de solo approx 3 horas**
- **El 99.65% del tiempo total es No-Valor Añadido (NVA) por espera e inventario.**
- **Conclusión:** *El problema principal es la Espera (Muda), causada por el flujo Push (por lotes), que genera Exceso de Inventario (Muda) y un LT excesivo.*

3. Recopilación de datos:

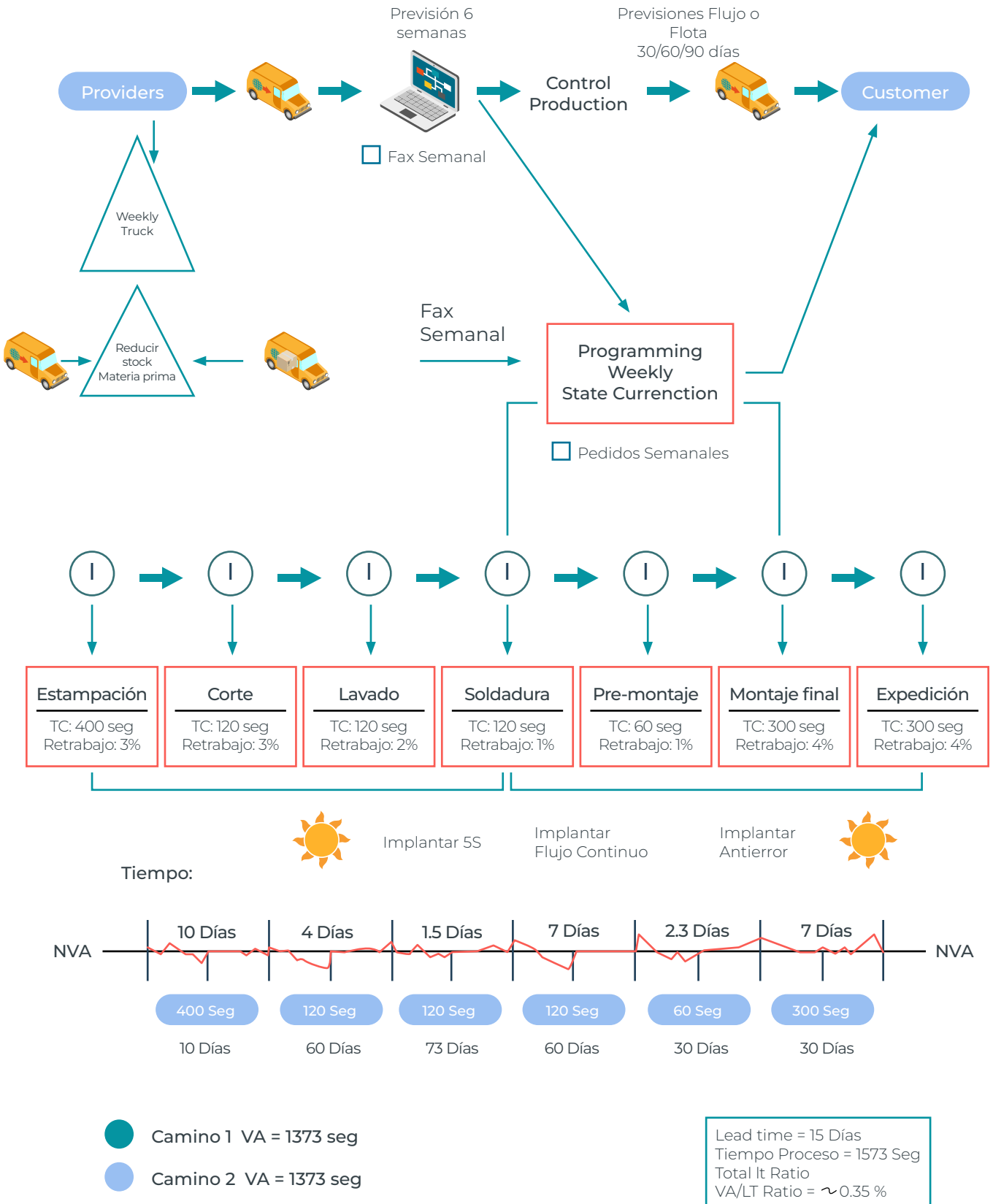
Se miden los tiempos de ciclo (TC), LT (Lead Time), % retrabajos, % inutilidades, nº de turnos de cada proceso y los tiempos de espera (LT) entre cada fase. Se detecta un Lead Time (LT) total de 15 días, pero el tiempo de trabajo que añade valor (VA) es de solo 3 horas, siendo el resto de NVA. El problema principal es el tiempo de espera, con un ratio VA/NVA muy bajo.

Conclusiones del Mapeo (Current State)

- **Estabilidad del Flujo vs. Demanda (Cuellos de Botella):**
- *El Takt Time (TT) es 652.5 seg*
- *El Tiempo de Proceso Total (TPT) con Valor Añadido es de solo 1,373 seg por pieza.*

Otros Desperdicios Relevantes (Muda por Calidad):

- *La suma de los porcentajes de Retrabajo en los procesos es alta (3+4+2+1+4+4 =18% de veces se genera un defecto en algún paso).*



Paso 2: Análisis de Desperdicios (Muda)

- **Espera:** Los componentes del bracket se fabrican por lotes y esperan hasta 4 días para ser ensamblados, generando inventario innecesario.
- **Inventario excesivo:** La empresa compra materia prima en grandes volúmenes para obtener descuentos, lo que genera un gran stock de seguridad que ocupa espacio y es un costo.
- **Movimientos innecesarios:** Los operarios deben caminar distancias largas para buscar herramientas o componentes que no están en su estación de trabajo.
- **Defectos:** Un 5% de las brackets ensambladas tienen algún defecto que debe ser corregido, lo que duplica el tiempo de un operario y causa retrasos en la entrega.
- **Cuellos de botella:** Se comparan los TC de cada proceso con el TT, y se observa que todos están por debajo, por lo que no hay ningún cuello de botella en los procesos de fabricación ni falta de capacidad en las máquinas/instalaciones.



**LA METODOLOGÍA
5S REDUCE LOS
MOVIMIENTOS Y EL
TIEMPO DE BÚSQUEDA
DE HERRAMIENTAS”**

Paso 3: Diseño del Flujo Futuro y Aplicación de Herramientas LEAN

El equipo de trabajo define un mapa de valor futuro con un nuevo enfoque, utilizando diversas herramientas LEAN para eliminar los desperdicios identificados:

- **Sistema Pull (Kanban):** En lugar de fabricar piezas en lotes, se implementa un sistema pull. Cada estación de trabajo solo fabrica o solicita un componente cuando la estación siguiente lo necesita. Se colocan tarjetas Kanban en las cajas de componentes para indicar cuándo se debe reponer un lote.
- **5S:** Se aplica la metodología 5S en cada estación de trabajo para eliminar el desorden (Seiri), organizar herramientas (Seiton), limpiar (Seiso), estandarizar los puestos (Seiketsu) y mantener la disciplina (Shitsuke). Esto reduce los movimientos y el tiempo de búsqueda de herramientas.
- **Sistemas Antierror:** Se diseña un sistema de Poka-Yoke (a prueba de errores) para la estación de atornillado, que evita que el operario use los tornillos incorrectos.
- **Trabajo estandarizado:** Se documenta el proceso de ensamblaje más eficiente con una instrucción de trabajo, para que todos los operarios sigan los mismos pasos
- **Kaizen:** Se definen otras oportunidades de mejora para mejorar el proceso, como la reducción de los stocks de materia prima, definiendo lotes de compra óptimos, y reduciendo los LT de entrega por parte de los proveedores

Paso 4: Medición de Resultados

Una vez realizado el VSM, se definen indicadores que nos permitan conocer el estado actual, y un objetivo para cada uno de ellos. Mensualmente se monitorizarán dichos indicadores para conocer su evolución.

Tras la implementación del plan, se miden los resultados y se comparan con los objetivos, y los datos iniciales:

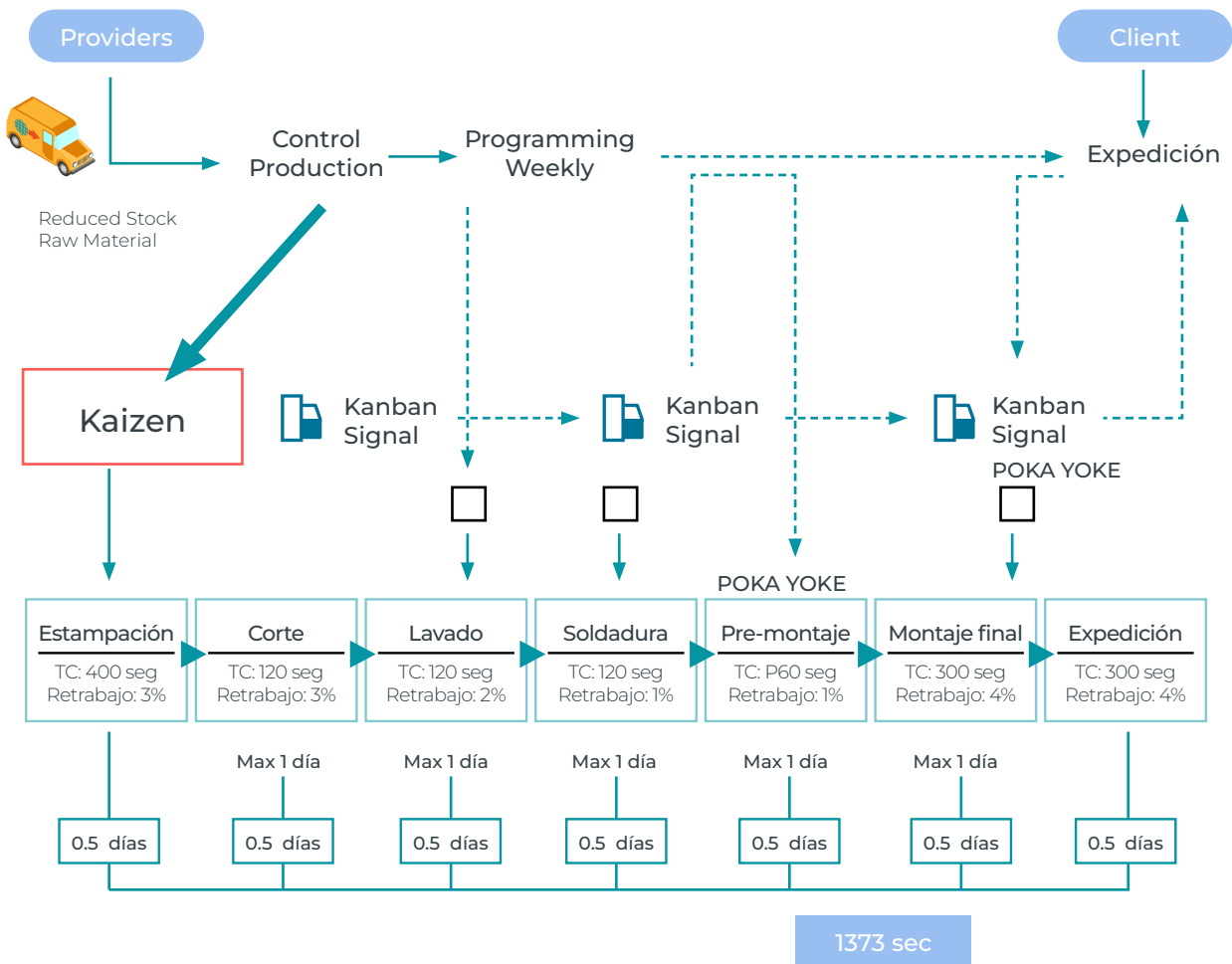
- **Defectos:** El porcentaje de defectos cae del 5% al 1%, reduciendo los tiempos de retrabajo y aumentando la calidad.
- **Costos:** La reducción de desperdicios, tiempos de espera e inventario permite ahorrar un 15% de los costos operativos.
- **Reducción del Lead Time:** El tiempo de entrega total se reduce de 15 a 4 días, disminuyendo drásticamente el tiempo de espera.
- **Inventario:** El inventario de producto en proceso se reduce en un 60%, liberando capital y espacio en la fábrica.

Métrica	Estado Actual (Current State)	Estado Futuro (Future State) - Objetivo
Takt Time (TT)	652.5 seg	652.5seg (No cambia, es dictado por el cliente)
Tiempo Proceso Total (TPT) - VA	1,373 seg	1,373 seg (Misma cantidad de VA)
Lead Time Total (LT)	15 días	4 días Reducción 73%
Inventario de Proceso (WIP)	Alto (>9000 uds acumuladas)	Bajo (Máx 1 día de existencias)
% Retrabajo	5% (en Montaje Final)	1%
Ratio VA/LT	Aprox 0.35%	approx 1.3 % (Mejora, pero sigue bajo por el LT total)



Metalite S.A

Future State



Lead time = 4 Días
 Tiempo Proceso = 1573 Seg
 VA/LT Ratio = ~1.3 %

5. Caso Metalite en Industria 4.0

1. VSM Digital y Gemelo Digital (Digital Twin)

En lugar de un VSM estático en papel, implementaríamos un Digital Twin alimentado por sensores IoT en las máquinas.

- **Aplicación de IA:** Algoritmos de Machine Learning analizan el flujo en tiempo real. La IA detectaría que el LT de 15 días no solo es por lotes, sino por micro-paradas no registradas.
- **Beneficio:** Visibilidad 24/7 del ratio VA/NVA sin necesidad de auditorías manuales.

2. Mantenimiento Predictivo (Evitando el Muda de Averías)

Aunque mencionamos que no hay cuellos de botella por capacidad, los defectos del 18% acumulado sugieren inestabilidad.

- **Aplicación de IA:** Sensores de vibración y temperatura en las prensas de los brackets. La IA predice cuándo una máquina va a fallar antes de que produzca una pieza defectuosa.
- **Resultado:** Reducción del retrabajo del 18% a <0.5%, atacando la raíz de la Variabilidad (Mura).

3. Smart Kanban e IA para el Inventario

El sistema Pull manual es bueno, pero el Smart Kanban es superior.

- **Aplicación de IA:** Un sistema de IA conectado a la demanda del cliente y a los proveedores. Si la IA detecta una tendencia de retraso en el suministro de aluminio (por ejemplo, huelgas o guerra), ajusta automáticamente los niveles de inventario de seguridad.
- **Agile Link:** Usamos tableros Kanban digitales (estilo Jira/Trello...) integrados con la producción para que Ingeniería y Logística vean el avance en tiempo real.

4. Visión Artificial para Poka-Yoke

En el enfoque tradicional usábamos un Poka-Yoke para tornillos, ahora lo enfocamos de otra manera.

- **Aplicación de IA:** Una cámara con Computer Vision supervisa el ensamblaje. Si el operario selecciona el tornillo incorrecto o no aplica el torque exacto (crítico en aeronáutica), la línea se detiene automáticamente (Jidoka).
- **Estadística:** La implementación de Visión Artificial en procesos de inspección reduce la tasa de escape de defectos al cliente en un 99.9%.

Métrica	Estado Actual	LEAN Tradicional (Objetivo)	LEAN 4.0 + IA (Potencial)
Lead Time (LT)	15 días	4 días	1.5 días (Optimización de rutas y stocks)
% Retrabajo	18% (total)	5%	<0.5% (Predicción y Visión Artificial)
OEE (Eficiencia Global)	Bajo/Medio	80%	>92% (Eliminación de micro-paradas)
Costo Operativo	Base	-15%	-25% a -30%

Conclusión

Este caso práctico demuestra que la aplicación de los principios y herramientas LEAN (como VSM, Kanban, 5S y Kaizen) no solo mejora la eficiencia y reduce costos, sino que también fomenta una cultura de mejora continua y empodera a los empleados al involucrarlos en la identificación y solución de problemas. La empresa, "Metalite.", logra ser más competitiva, flexible y capaz de satisfacer la demanda del cliente de forma más eficiente.

La integración de la IA no sustituye al pensamiento LEAN; lo potencia. Mientras el LEAN tradicional nos dice qué está mal, la IA nos dice cuándo va a fallar, permitiéndonos pasar de una cultura reactiva a una proactiva y predictiva.





Caso práctico 2. Implementación de metodología 5S

A continuación se detalla un ejemplo práctico de implementación de la metodología 5S.

El caso se centra en una empresa dedicada a la realización de medidas eléctricas en equipos electrónicos. La empresa cuenta con:

- Taller con varias mesas de trabajo
- Herramientas de trabajo básicas (destornilladores, alicates, llaves...)
- Equipos de medida eléctrica
- Materiales consumibles (cables, conectores, fusibles...)

En primer lugar, se realiza una evaluación general de los problemas detectados frente a la gestión y orden del inventario, obteniendo las siguientes conclusiones:

- Herramientas descolocadas, mezcladas y sin una ubicación establecida.
- Equipos de medida en diferentes armarios, con piezas y accesorios disgregados, y sin control.
- Material sobrante acumulado en estanterías y mesas de trabajo.
- Alta probabilidad de pérdida de material y rotura de equipamiento.
- Dificultad para encontrar el material deseado. Su búsqueda supone una pérdida de tiempo considerable así como un aumento del riesgo de cometer errores.

Con toda la problemática detectada, se procede a establecer la metodología 5S.



1ªS – Seiri (clasificar)

Objetivo: separar lo necesario de lo innecesario

- Establecer inventario completo de herramientas y equipos

Realizar un listado detallado de todos los elementos de la zona de trabajo. Incluir en este inventario cualquier tipo de categorización o clasificación que sea útil para facilitar el trabajo. En este caso, se establece la diferencia entre equipos y herramientas.

- Identificar elementos obsoletos o dañados
- Se retiran de manera inmediata todos los elementos en esta fase.
- Clasificar los elementos en función del uso.

En este caso se establece una clasificación en función de elementos de uso diario, uso frecuente (semanal) y uso ocasional. En esta segunda revisión se utilizan etiquetas¹ de colores para hacer la clasificación.

- **Etiqueta roja:** *elemento a retirar.*

- **Etiqueta verde:** *elemento a mantener de uso diario.*
- **Etiqueta amarilla:** *elemento a mantener de uso frecuente.*
- **Etiqueta naranja:** *elemento a mantener de uso ocasional.*

Tras la clasificación de todos los elementos, se reduce el inventario en un 15%.



¹ El ejemplo de etiquetado utilizado se utiliza únicamente para la clasificación de los ítems que se encuentran dentro del alcance de la aplicación del 5S. Posteriormente, las etiquetas dejan de tener utilidad y no deben mantenerse en los ítems.

3ªS – Seiso (limpiar)

Objetivo: mantener el área limpia y detectar anomalías.

- Realizar limpieza en profundidad de toda la zona de trabajo.
- Establecer rutina de diaria limpieza rápida.

Se establece una operativa de limpieza al final de la jornada de trabajo. Se asigna un responsable a cada zona de trabajo, que debe asegurarse diariamente que dichas zonas se mantienen limpias y ordenadas. Se realiza en los últimos 5-10 minutos antes de finalizar la jornada.

4ªS – Seiketsu (estandarizar)

Objetivo: desarrollar una metodología y operativa para mantener el orden y la limpieza.

- Reglas básicas de la operativa. Desarrollar procedimiento y hacer llegar al personal.

Se colocan carteles en la zona de trabajo con los puntos principales de la operativa implementada, de tal manera que todo el personal

pueda consultarlo y en cualquier momento, y lo tenga en cuenta

Adicionalmente, se realiza una formación a todo el personal implicado en la metodología implantada.

- Establecer procedimiento visual.

Se colocan fotos en las diferentes zonas de trabajo y almacenamiento en su estado ideal. Esto servirá de referencia para mantener siempre la zona en el mejor estado posible.

5ªS – Shitsuke (disciplina)

Objetivo: mantener la cultura 5S implementada.

- Realización de inspecciones periódicas para comprobar el cumplimiento de la operativa.

Se crea un checklist de evaluación de la implementación de la metodología 5S en las áreas. En el ejemplo indicado más adelante, se elabora un cuestionario que evalúa aspectos de cada una de las 5S, asignando una puntua-



ción de 0,25 puntos a cada una de las cuestiones, siendo la puntuación máxima 5. Si la zona de trabajo responde positivamente al cuestionario con respecto a la operativa, obtendrá una puntuación más elevada.

Se trata de un ejemplo de checklist, sin embargo se pueden plantear cuestionarios o inspecciones alternativas, con un enfoque diferente. Por ejemplo, si es viable por el número de ítems evaluados, se pueden revisar y evaluar de manera individual, con el fin de comprobar que la operativa se está manteniendo correctamente con un nivel de detalle mayor.

Las inspecciones se establecen de manera periodica (por ejemplo, quincenales), y cada semestre se realiza una evaluación sobre la puntuación de las diferentes zonas de trabajo.

Es importante reconocer el esfuerzo del personal, y motivarles a seguir manteniendo la operativa. Una práctica habitual, es premiar a los equipos con mejores resultados.

Ejemplo formato auditoría (5ª S)

FECHA:											
AUDITOR Y AREA AUDITADA:											
INSTRUCCIONES: Se crítico y objetivo con cada "S". Si cumple identificar con un 1 en la casilla correspondiente. En caso contrario identificar con 0.											
CATEGORIA	ITEM	REGULAR	COLOCAR	LIMPIEZA	ESTANDARIZAR	MANTENER	OBSERVACIONES				
PRIMERA "S" SORT (REVISAR)	1) ¿Hay una lista de elementos necesarios en el área/departamento/ oficina accesible para todos? ¿La última revision del listado de elementos necesarios es inferior a 12 meses?(Recomendado cada 6 meses)										
	2) ¿Hay cosas innecesarias en bancos de trabajo, mesas, estanterias, cajones y lugares cerrados o en mobiliario de oficina y su entorno que no aparezcan en el listado de necesarios ?										
	3) ¿Las SS están visualmente identificadas mediante un panel SS? Y en dicho panel, ¿se muestran fotografías del antes y despues de la 1ª S?										
	4) ¿Hay definida un área de almacenamiento temporal (ZAMI) y un listado inventariado para los elementos innecesarios que puedan aparecer en el área de trabajo? ¿hay designada una persona responsable para su correcta gestión?										
	5) ¿El tiempo de permanencia de los elementos en el inventario ZAMI es inferior a 2 meses?										
SEGUNDA "S" STRAIGHTEN (COLOCAR)	6) ¿Están identificados todos los lugares de almacenaje: armarios, estanterias, cajones, herramientas, consumibles, articulos de limpieza etc mediante contornos de forma y/o etiquetas? ¿ están identificadas en caso de oficinas los elementos necesarios a través de rotulaciones o huellas para saber dónde se ubican ?										
	7) Se ha definido un código de colores para la ubicación de los diferentes tipos de elementos? ¿Está ubicado en el panel SS en la 2ªS?										
	8) ¿Están los elementos necesarios próximos al lugar donde se utilizan? ¿están visibles y accesibles? ¿Se encuentran en buen estado?										
	9) ¿Se ven herramientas, materiales utillajes, consumibles y materias primas fuera de lugar? ¿Se cumple "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar"? En caso de tener herramientas prestada, ¿hay un Registro que la controla y está cumplimentado correctamente? / Para 5 s.s de oficinas/dptos, se ven elementos fuera de lugar y/o sin ubicación definida ?										
TERCERA "S" SHINE (LIMPIEZA)	10) ¿Están limpias las áreas de trabajo?										
	11) ¿Existe una lista de labores de limpieza a realizar, especificando quién lo debe hacer y la periodicidad, y se rellena adecuadamente? (Incluido tareas limpieza subcontratas)										
	12) ¿Existen elementos consumibles caducados en el área? / Para 5 s.s de oficinas/dptos, existe algún foco de contaminación sin controlar en el área que sea desviación repetitiva ¿?										
CUARTA "S" STANDARDIZE (ESTANDARIZAR)	13) ¿Existe un documento para controlar posibles focos de contaminación que son identificados y eliminados o contenidos? ¿Hay utiles de limpieza adecuados y en buen estado? ¿Existen fotos del antes y del despues en el panel en la 3ªS?										
	14) ¿Se ha definido los responsables que garanticen el mantenimiento y actualización de las 3 primeras S's? ¿Está visible y accesible dichos documentos?										
QUINTA "S" SUSTAIN (MANTENER)	15) ¿Existe una Guia de implantación SS y esta disponible en el panel en la 4ªS?										
	16) ¿La dirección promueve y dota de los medios necesarios para el mantenimiento de las SS en el área? ¿Se implica a los mandos y al personal en estas auditorias?										
	17) ¿Existe un plan de auditorias SS con una periodicidad al menos mensual? ¿se cumple escrupulosamente?										
	18) ¿Se exponen en el área de trabajo los resultados y la evolución de las auditorias de SS?										
	19) ¿Se toman acciones basándose en estos resultados?										
	20) ¿Todos los trabajadores del área conocen el significado de las SS?										
Nº DE RESPUESTAS OK											
PUNTUACIÓN SS DE AREA AUDITADA											

ESCALA DE PUNTUACIÓN																				
Nº de respuestas OK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Puntuación auditoria	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5

Caso Práctico 3: App “AeroCheck LEAN”

1. El Producto y el Backlog (User Stories)

El objetivo es digitalizar la inspección de pre-vuelo, aplicación de gestión de mantenimiento de aeronaves (MRO - Maintenance, Repair, and Overhaul) para técnicos de línea.

El equipo ha seleccionado tres User Stories (US) para el sprint:

- **US1 (Crítica):** “Como técnico, quiero visualizar la lista de chequeo del motor en mi tablet para registrar hallazgos en tiempo real”.
- **US2 (Seguridad):** “Como ingeniero de calidad, quiero que el sistema bloquee el cierre del despacho si hay un ‘No-Go’ abierto”.
- **US3 (Eficiencia):** “Como gestor de flota, quiero ver un panel de tiempos de inspección para identificar cuellos de botella”.

2. Ejecución del Sprint bajo Filosofía LEAN

- En lugar de un Sprint tradicional enfocado solo en “terminar tareas”, aplicamos LEAN Software Development (LSD) para eliminar el desperdicio (Muda) y optimizar el flujo.



**LEAN EN SOFTWARE NO
ES PROGRAMAR MÁS
RÁPIDO; ES DEJAR DE HACER
AQUELLO QUE NO APORTA
VALOR AL TÉCNICO QUE
ESTÁ A PIE DE PISTA”**

A. Visualización, Pull System (Kanban) y Control de WIP

En la Daily, el equipo no dice qué hizo ayer, sino que analiza el flujo de trabajo.

- **Acción:** Se detecta que la US1 está bloqueada en “Pruebas de Integración”.
- **Control de WIP (clave LEAN):**
 - El equipo ha definido un límite explícito de WIP = 2 tareas en desarrollo simultáneo.
 - Actualmente hay 3 US abiertas → se está violando el límite.
- **Decisión:**
 - No se inicia ninguna nueva tarea.
 - Se pausa la US3 (menos prioritaria).
 - Dos desarrolladores se mueven a desbloquear la US1.
- **Mentalidad LEAN:**
 - Stop starting, start finishing
 - Limitar el WIP reduce:
 - Multitarea
 - Tiempo de espera
 - Retrabajo

Objetivo: maximizar flujo, no ocupación.

Resultado: La US1 pasa a “Done” antes, reduciendo el tiempo total del sistema.

B. Poka-Yoke en el Código y UX

Para la US2, aplicamos un “diseño a prueba de errores”:

- **Nivel Código:** Test automatizado que impide compilar si la validación de seguridad no es explícita.

- **Nivel UI/UX:** El botón de “Aprobar Vuelo” permanece oculto hasta cumplir condiciones críticas.

Esto evita errores en origen → Calidad en el origen.

C. Jidoka (Andon) durante el Desarrollo

A mitad del sprint, la API de motores devuelve datos corruptos.

- **Acción:** Se activa el Andon Digital (alerta en Slack/Teams).
- **Relación con WIP:**
 - Se detiene la entrada de nuevo trabajo (no se empieza nada nuevo).
 - El equipo se centra en resolver el problema antes de continuar.
- **Resolución:**
 - RCA con los 5 Porqués
 - Corrección del mapeo de datos

Se prioriza flujo estable sobre velocidad aparente.

3. La Retrospectiva: Aplicando Kaizen y VSM

En una retrospectiva LEAN, analizamos datos reales del proceso.

4. Conclusión del Caso

Al finalizar el sprint de la app AeroCheck:

- **1. US1 y US2 están en producción**
 - Alta calidad gracias a Poka-Yoke
 - Flujo optimizado gracias a control de WIP
- **2. US3 se descarta a mitad de camino**
 - Validación con usuario → no aporta valor real
 - Se evita construir innecesario (Eliminate Waste)

Idea clave reforzada

Limitar el WIP no ralentiza el equipo; acelera el sistema completo.

Porque:

- Reduce el multitasking
- Hace visibles los cuellos de botella
- Fuerza a terminar antes de empezar

Métrica LEAN	Resultado del Sprint	Acción Kaizen (Mejora)
Lead Time	8 días (desde idea a producción)	Reducir burocracia en la firma de QA.
Cycle Time	3 días (promedio por tarea)	Implementar Pair Programming en tareas complejas.
Flow Efficiency	40% (mucho tiempo de espera)	Reducir tiempos de espera
WIP medio	2,8 (por encima del límite)	Ajustar políticas de entrada de trabajo

08 Conclusión

La metodología LEAN representa una forma de pensar y de gestionar orientada a crear valor de manera sostenible para el cliente, mediante la mejora continua de los procesos y la eliminación sistemática de todo aquello que no aporta dicho valor. Su verdadera fuerza no reside en la aplicación aislada de herramientas, sino en la transformación cultural que promueve en la organización.

Aplicar LEAN implica adoptar una visión integral de los procesos, entender cómo fluye el trabajo de principio a fin y actuar sobre el sistema en su conjunto, en lugar de optimizar partes de forma individual. Este enfoque permite simplificar la complejidad, reducir ineficiencias, mejorar la calidad y acortar los tiempos de respuesta, logrando organizaciones más ágiles, flexibles y orientadas al cliente.

Un aspecto esencial del pensamiento LEAN es el papel central de las personas. La mejora continua solo es posible cuando los equipos participan activamente, se sienten responsables del trabajo que realizan y cuentan con un entorno que

favorece el aprendizaje, la colaboración y la toma de decisiones cercana al proceso. LEAN fomenta nuevos hábitos de trabajo basados en la disciplina, la transparencia, la comunicación y la búsqueda constante de mejoras, pequeñas pero sostenidas en el tiempo.

La metodología es aplicable a cualquier tipo de organización y proceso, independientemente de su naturaleza industrial, de servicios o digital. Sus principios son universales y permiten adaptarse tanto a entornos estables como a contextos dinámicos y de alta incertidumbre, integrándose de forma natural con enfoques ágiles y con las nuevas tecnologías digitales. En este sentido, la evolución hacia modelos LEAN apoyados en datos, automatización e inteligencia artificial refuerza la capacidad de anticipación y mejora, sin perder la esencia de la filosofía.

En definitiva, LEAN no debe entenderse como un proyecto puntual, sino como un camino de mejora permanente, liderado desde la dirección y sostenido por toda la organización.

© Airbus Defence and Space GmbH 2026

LEAN

Cuando se implanta con coherencia, perseverancia y foco en el propósito, se convierte en una palanca clave para mejorar resultados, fortalecer la cultura organizativa y asegurar la competitividad a largo plazo.

LEAN es una filosofía de sentido. Como ilustra la fábula de los tres canteros, el trabajo es el mismo, pero su significado cambia radicalmente cuando las personas comprenden que no “pican piedras”, sino que construyen una catedral. Dar esa visión compartida es la clave para que LEAN funcione y perdure en el tiempo.

Fábula de los 3 canteros:

Charles Péguy va en peregrinaje a Chartres. Observa a un tipo cansado, que suda y que pica piedras. Y le pregunta: “¿qué está haciendo señor? -Acaso no ve, pico piedras; es duro, me duele la espalda, tengo sed, tengo calor. Practico un sub-oficio, soy un sub-hombre”. Péguy continúa y ve más lejos a otro hombre que pica piedras, que no se ve tan mal. “¿Señor qué hace? -«Gano mi vida. Pico piedra, no he encontrado otro oficio para alimentar a mi familia, estoy muy contento de tener éste”.

Péguy continúa su camino y se aproxima a un tercer picapedrero que esta sonriente y radiante y le hace la misma pregunta, y este responde: “yo señor, construyo una catedral”. El hecho es el mismo, la atribución de sentido es completamente diferente. Esta atribución de sentido viene de nuestra propia historia y de nuestro contexto social. Cuando se tiene una catedral en la cabeza, no se pica y pica de la misma manera

Acrónimos y definiciones

Acrónimos

- UX- User Experience
- Expandir SLB: Station Line Balancing
- IoT: Internet of Things
- KPI: Key Performance Indicator
- IA: Inteligencia Artificial
- Poka-Yoke: Mecanismo de prevención de errores que hace que el fallo sea imposible o muy difícil.
- Kaizen: Mejora continua basada en pequeños cambios frecuentes, aprendiendo de los errores y mejorando el sistema.
- Muda: Cualquier actividad que consume recursos pero no aporta valor al cliente.

Definiciones

- UX – User Experience: Diseño de la interacción con el sistema para prevenir errores, guiar al usuario correctamente y reducir la probabilidad de fallos antes de que ocurran. En LEAN, actúa como un Poka-Yoke digital.
- WIP – Work In Progress: Cantidad de trabajo iniciado pero no finalizado en un momento dado. Limitar el WIP mejora el flujo y hace visibles los cuellos de botella.
- Andon: Señal visual, sonora o digital que indica un problema en el proceso y permite parar el flujo inmediatamente para restaurar calidad y estabilidad.
- Lead Time: Tiempo total desde que una unidad de trabajo se inicia hasta que entrega valor real al cliente. Es la métrica clave del flujo.
- Kanban: Método visual de gestión del trabajo que permite visualizar el flujo, limitar el WIP y mejorar continuamente el sistema.
- Flujo (Flow): Flujo: movimiento continuo, predecible y estable del trabajo a través del sistema, desde la idea hasta la entrega de valor real al cliente. Optimizar el flujo implica optimizar el sistema completo, no las partes individuales.
- Calidad en origen (Build Quality In): Calidad en origen: principio LEAN que establece que la calidad debe incorporarse desde el inicio del proceso, evitando que los defectos avancen y se detecten tarde. La calidad no se inspecciona al final: se diseña desde el principio.
- Stop the Line: práctica LEAN que prioriza detener el flujo ante un problema grave para restaurar calidad y estabilidad antes de continuar. Detener el sistema es una decisión de calidad, no un fallo del equipo.





Fuentes

Fuentes

- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). "The Machine That Changed the World". HarperPerennial.
- Ohno, T. (1988). "Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production". Productivity Press.
- Liker, J. K. (2004). "The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer". McGraw-Hill.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). "Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda". Lean Enterprise Institute.
- Mayr, A., et al. (2018). "Lean 4.0: A conceptual conjunction of Lean Management and Industry 4.0". Procedia CIRP.
- Villalba-Diez, J., et al. (2019). "Deep Learning for Industrial Computer Vision: An Application for the Detection of Defects in the Automotive and Aerospace Industry". Sensors.
- Powell, D., et al. (2018). "The Lean Production System 4.0: Integrating Lean and Digital Technologies". En: IFIP Advances in Information and Communication Technology.
- Zhong, R. Y., et al. (2017). "Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review". Engineering.
- Ribeiro, A. & Fernandes, A. C. (2020). "Smarter Lean Manufacturing with Agile and Industry 4.0". International Journal of Lean Six Sigma.
- <https://www.lean.org/lexicon/visual-management>
- <https://kanban.university/kanban-guide/>
- <https://www.lean.org/lexicon/work-in-process>
- <https://kanban.university/kanban-guide/#wip-limits>
- <https://www.lean.org/lexicon/andon>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Andon_\(manufacturing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Andon_(manufacturing))
- <https://www.lean.org/lexicon/poka-yoke>
- <https://martinfowler.com/articles/continuousIntegration.html>
- <https://www.lean.org/lexicon/lead-time>
- <https://kanban.university/kanban-guide/#metrics>
- <https://www.lean.org/lexicon/leader-standard-work>
- <https://www.lean.org/lexicon/kaizen>
- <https://www.lean.org/lexicon/muda>

Bibliografía

- This is LEAN. Resolving the Efficiency paradox. Niklas Modig and Par Ahlstrom

LEAN

Fundamentos, metodología
y aplicación práctica

TEDAE
Defensa, Seguridad, Aeronáutica y Espacio

info@tedae.org
www.tedae.org

Asociación Española de
Empresas Tecnológicas de
Defensa, Seguridad, Aeronáutica
y Espacio

C/Velázquez, 31 / 3º izda.
28001 Madrid
T. 91 700 17 24