

3 Filosofía Lean

Este apartado debe servir de guía para entender la filosofía Lean en su concepción original. Lejos de tratar de ser una guía completa de principios y prácticas Lean, la exposición principalmente estará enfocada a dar una visión genérica, más o menos somera, de aquellos conceptos que serán tratados con posterioridad en el ámbito de la Ingeniería del Software.

Para esta cuestión, a modo de introducción se dispone un primer apartado de **definición y contexto de aplicación** del término Lean, seguido de un breve repaso a aquellos acontecimientos en su **historia** que se han considerado de mayor relevancia.

Posteriormente, se abordarán los **principios** relacionados con el ámbito Lean, desde su concepción original hasta la actualidad.

Se tratarán a continuación una serie de conceptos fundamentales, el papel de las **personas y equipos de trabajo**, la **mejora continua**, la **eliminación del desperdicio** en la producción, la **estabilización y estandarización** de procesos y la **gestión visual**.

El apartado se completará exponiendo aquellas herramientas y prácticas para las que se ha encontrado bibliografía y se tratarán posteriormente en el ámbito de la Ingeniería del Software, agrupándolas en prácticas **Just-in-Time** y **Jidoka**.

3.1 Definición

El término Lean es el nombre con el que se da a conocer en occidente al sistema de producción de Toyota.

Su objetivo fundamental es la satisfacción del cliente, mediante la entrega de productos y servicios de calidad que son lo que el cliente necesita, cuando lo necesita en la cantidad requerida al precio correcto y utilizando la cantidad mínima de materiales, equipamiento, espacio, trabajo y tiempo.

Para lograrlo, los fundamentos del enfoque Toyota son la eliminación del sistema de producción de todo aquello que no añade valor al cliente y el mayor aprovechamiento de la experiencia e inteligencia de las personas, a través de la polivalencia y de su participación en la mejora continua.

Así, lo primero que hay que determinar es precisamente cómo lograr esta satisfacción: qué es valor en términos del cliente. En cualquier proceso, añadirá valor toda aquella transformación (física o de la información) del producto, servicio o actividad en algo que quiera el cliente.

Lean es más que un conjunto de herramientas y prácticas. Éstas, emanan de una serie de principios que deben calar en la cultura de la organización antes que cualquier otra cosa. Más allá de la implantación mimética de un conjunto de herramientas, Lean implicará la transformación de la organización, comenzando precisamente por la adopción de sus principios.

Una forma visual de representar en un mismo diagrama los elementos característicos del sistema Lean es “La Casa”. La siguiente figura es un extracto de la casa de Lean expuesta por Liker [15].

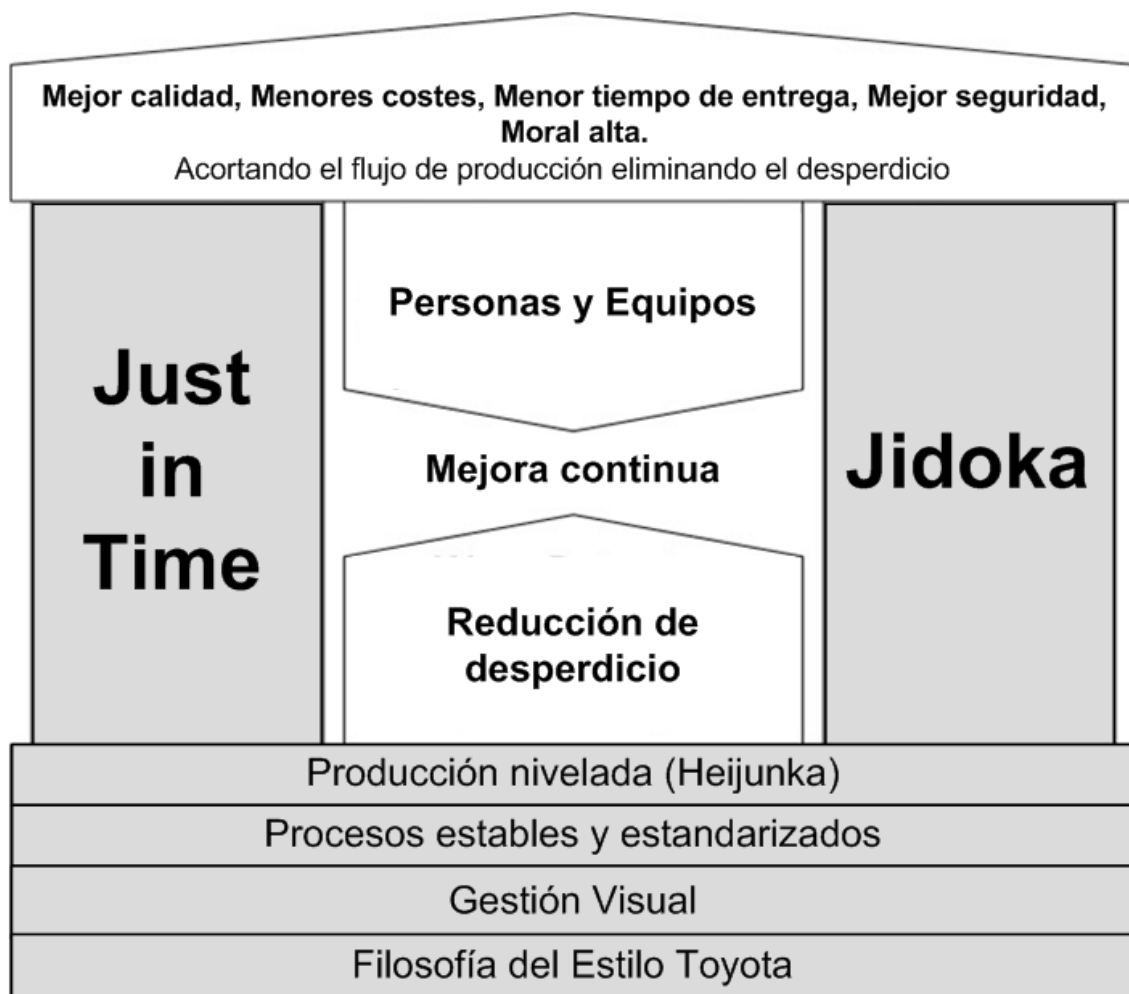


Figura 20 – La Casa de Toyota-Lean (reducida)

Cada elemento representado tiene importancia por sí mismo, pero lo más importante es la forma en que se complementan entre sí.

El techo, representa los objetivos que se persiguen, mejor calidad, menores costes, etc. Los pilares sobre los que se apoya son Just-in-Time (producir lo que se necesita y cuando se necesita) y Jidoka (calidad inherente al proceso de producción). En el centro, la mejora continua, reducir el desperdicio gracias a la participación de las personas y equipos. La base sobre la que se sostiene todo el sistema será la filosofía, en primer lugar y conceptos como la gestión visual, la estandarización y el nivelado de la producción.

3.2 Contexto de aplicación

En cuanto a su contexto de aplicación, podemos decir que lean es potencialmente aplicable todas las áreas de una organización, aunque habitualmente se asocia al área de producción.

Por otra, respondiendo a qué tipo de productos y servicios ofrecen las organizaciones que adoptan Lean, podemos afirmar que su mayor difusión se da en el ámbito de la manufactura (especialmente en el sector del automóvil), y que se ha aplicado con éxito otros campos como el de la logística y distribución, construcción, así como van en aumento las referencias de nuevos escenarios, como su aplicación en la sanidad (Lean Healthcare) o en la Administración Pública (Lean Government).

3.3 Historia

La filosofía Lean tiene su origen en los inicios del grupo Toyota, y a través de los años ha ido evolucionando en la forma de una serie de preceptos y principios en torno a dos ideas fundamentales:

- Dar una gran relevancia al papel que ocupa el componente humano de la producción
- Un manifiesto espíritu de mejora continua.

A continuación se refieren algunos de los hitos que han marcado la historia de esta filosofía.

1935. Los preceptos de la filosofía Toyota (Toyota precepts) fueron establecidos en 1935 en el 5º aniversario de la muerte del fundador del grupo Toyota, Sakichi Toyoda, como compendio de sus enseñanzas y reflejan el espíritu de la compañía.

50s. Durante los años 50, en los años de la reconstrucción tras la segunda guerra mundial, la industria japonesa en general y Toyota en particular tuvieron que enfrentarse a poner en pie la industria de manufactura:

- Con una demanda limitada, sin posibilidad de recurrir a las economías de escala
- En un escenario donde es complicado obtener financiación, y cuestiones como el inventario complican más aún obtenerla.

El escaso mercado y la limitación de los recursos disponibles fueron el caldo de cultivo para un planteamiento más eficiente de producción capaz de dar respuesta a una situación extremadamente adversa.

En lo que a los procesos se refiere, se redefine la producción en base a una serie de ideas fundamentales para dar solución a los problemas expuestos:

- **Fabricar únicamente lo que se necesita:** aquello para lo que hay un cliente. El inventario es dinero inmovilizado ocupando espacio, hay que evitarlo. Fundamento extensible a todas las etapas del proceso: cada paso debe producir exclusivamente lo que necesita el siguiente.
- **Eliminar aquello que no añade valor al producto:** valor entendido en términos del cliente.
- **Detener la producción si algo va mal:** para localizar la fuente del error inmediatamente y corregirlo para evitar su propagación, pasar del método de inspección a la producción cero-defectos.

Así, los pilares de este sistema serán la producción **Just in Time** (producción de lo que se necesita, cuando se necesita...) y **Jidoka** (calidad inherente al propio sistema de producción), dentro de un clima de mejora continua y declarado respeto a las personas involucradas en el sistema.

70s. El éxito de las ideas aplicadas en base a este sistema revitaliza Toyota y se extienden por Japón a partir de los años 50. Su eficacia se da a conocer en occidente durante la década de los 70 durante la crisis del petróleo, el sistema permite la adaptación de la producción para dar respuesta a un nuevo tipo de demanda más rápido y de manera menos traumática que sus competidores, acabando con el dominio que Ford y General Motors habían tenido hasta ese momento en la industria automóvil.

80s. En la década de los 80, Toyota y otras empresas japonesas exportan este sistema de producción a fábricas de Europa y América, comienza a extenderse fuera de Japón y su filosofía comienza a adaptarse más allá de la manufactura.

90s. En 1990 J.P. Womack y D.T. Jones documentan la experiencia Lean en Estados Unidos en su libro "The Machine That Changed the World", exponiendo el impacto de esta filosofía en la industria del automóvil en el contexto económico mundial, en un estudio previo a esta publicación, acuñan el término Lean para referirse al sistema utilizado por Toyota.

1992. Se publican los 7 principios directores (Toyota Guiding Principles), como reflejo del tipo de empresa que Toyota pretende ser: su filosofía de gestión, valores y métodos que ha adoptado desde su fundación.

1996. Unos años más tarde, en 1996, Womack y Jones publican "Lean Thinking" que generaliza las lecciones aprendidas en su publicación anterior describiendo experiencias de implantación de Lean en otros sectores.

1997. Womack funda el Lean Enterprise Institute, organización sin ánimo de lucro cuyo objetivo es la promoción de la filosofía Lean a todos los niveles.

2001. Se crea el Manual de Estilo Toyota "Toyota Way", un documento interno de la compañía donde se resume su filosofía e ideales, y en el que se identifican los dos pilares principales de esta filosofía "Respetar a las personas" y "Mejora continua".

2004. Liker resume el Estilo Toyota en 14 principios que constituyen una hoja de ruta para la aplicación de los valores de la empresa por los todas las personas que forman parte de ella, en su trabajo cotidiano y en sus relaciones con los demás.

Es notorio, que el éxito de esta filosofía durante las últimas dos décadas ha creado una gran demanda de conocimiento acerca de la misma y en consecuencia, se ha dado una pródiga investigación y la publicación de multitud de libros, artículos y todo tipo de recursos relacionados con esta materia. Así mismo, día a día crece su aplicación a nuevos escenarios más allá de la manufactura.

3.4 Principios

Los preceptos de la filosofía Toyota (Toyota precepts) siguen presentes desde el origen de la compañía [16]:

1. Contribuir en conjunto, e independientemente de la posición política, con el desarrollo y bienestar del país a través del cumplimiento cabal de nuestras tareas.
2. Adelantarse a los tiempos mediante una interminable creatividad, curiosidad y perfeccionamiento.
3. Ser práctico y evitar la frivolidad.
4. Ser amable y generoso, crear un ambiente cálido y familiar.
5. Ser respetuoso; mostrar y actuar con gratitud por todas las cosas, grandes y pequeñas.

Los siete principios directores (Toyota Guiding Principles), que reflejan la filosofía de gestión, valores y métodos que ha adoptado Toyota desde su fundación son los siguientes [17]:

1. Honra el espíritu de la ley de todas las naciones para ser un buen ciudadano corporativo del mundo.
2. Respetar la cultura de todas las naciones y contribuir al desarrollo económico y social de todas las comunidades.

3. Dedicarnos a proporcionar productos limpios y seguros y mejorar la calidad de vida a través de todas nuestras actividades.
4. Crear y desarrollar tecnologías avanzadas y proveer de productos y servicios excepcionales que satisfagan las necesidades de nuestros clientes.
5. Promover una cultura corporativa que mejore la capacidad creativa individual y el valor de trabajar en equipo, honrando la confianza y el respeto mutuo entre el trabajador y la dirección.
6. Perseguir el crecimiento en armonía con la comunidad global a través de una gestión innovadora.
7. Trabajar junto a nuestros colaboradores en la investigación y desarrollo para conseguir el crecimiento y beneficio mutuo estable y a largo plazo, manteniéndonos abiertos a nuevas colaboraciones.

Los cinco principios del "pensamiento Lean" identificados por J.P. Womack y D.T. Jones son los siguientes [18]:

1. **Definir valor:** Desde el punto de vista del cliente, en términos de un producto específico, de características específicas y ofertado a un precio y plazo específico.
2. **Identificar la cadena de valor:** Eliminar desperdicios, encontrar los pasos necesarios y suficientes para dar el valor al cliente.
3. **Crear flujo:** Hacer que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el cliente.
4. **Producir el "tirón" del cliente:** Una vez hecho el flujo, producir a la demanda real de los clientes, en lugar de producir según pronósticos.
5. **Perseguir la perfección:** Una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, intentar mejorar continuamente.

Según el Manual de Estilo Toyota "The Toyota Way", los dos pilares principales de esta filosofía y los cinco términos clave para llevarla a cabo son [16]:



Figura 21 - Los 5 elementos clave del Estilo Toyota

1. **Desafíos o retos.** La visión a largo plazo y el esfuerzo por afrontar todos los retos con el valor y la creatividad necesarios para hacer realidad esa visión.
2. **Kaizen.** Esforzarse por "mejorar continuamente. Como ningún proceso puede considerarse nunca perfecto, siempre queda espacio para mejorar".
3. **Genchi Genbutsu.** Implica "ir al origen para descubrir los hechos que nos ayuden a tomar decisiones correctas, crear consenso y alcanzar los objetivos marcados".
4. **Respeto.** Respetar a las personas, el esfuerzo por que la comprensión rija las relaciones dentro de la empresa y con el exterior, aceptando sus responsabilidades y haciendo todo lo posible para crear confianza mutua a partir de una comunicación honesta.
5. **Trabajo en equipo.-** Estimular el crecimiento personal y profesional, ofrecer oportunidades para el desarrollo y maximizar el rendimiento individual y de los equipos.

Los catorce principios del estilo Toyota identificados por Liker, se agrupan en el llamado Modelo 4P: **P**roblemas, **P**ersonas, **P**rocesos y **P**hilosophy (filosofía) [15].



Figura 22 – Principios Toyota, Modelo 4P

Filosofía

1. Basar las decisiones de administración en una filosofía de largo plazo, aún a costo de las metas financieras de corto plazo.

Procesos

2. Crear flujos de procesos continuos para llevar los problemas a la superficie.
3. Usar sistemas "Pull" para evitar la sobreproducción.
4. Nivelar la carga de trabajo.

5. Construir una cultura orientada a la solución de problemas, para obtener calidad a la primera vez.
6. La estandarización de tareas y procesos es la base de la mejora continua y la toma de poder por los empleados.
7. El control visual impide que se oculten los problemas.
8. Utilizar tecnología fiable y testeada que sea de utilidad para las personas y los procesos.

Personas y Colaboradores

9. Desarrollar líderes que entiendan su trabajo en Toyota, vivan su filosofía y se la enseñen al resto.
10. Desarrollar personas y equipos excepcionales que sigan la filosofía de la compañía.
11. Se debe respetar la red de colaboradores y proveedores, dándoles nuevos retos y ayudándolos a mejorar.

Resolución de Problemas

12. Para comprender una situación se debe verificar en primera persona.
13. Tomar decisiones lentas por consenso, considerar profundamente todas las opciones e implementar las decisiones rápidamente.
14. Por medio de la reflexión implacable (hansei) y la mejora continua (kaizen) la empresa debe asumir un rol de aprendizaje sistemático.

3.5 Personas y equipos de trabajo

La verdadera ventaja de esta filosofía reside precisamente en las personas, en la capacidad para aprovechar la inteligencia de los empleados.

Lean se centra en lograr el compromiso y el desarrollo personal y de todas las personas de una organización, en especial aquellos que están más cerca del producto. El principio que debe catalizar la transformación hacia Lean es precisamente el respeto a las personas.

3.6 Mejora continua – Kaizen

La palabra japonesa para Kaizen se traduce como “cambio para mejor” o “mejora”. Como se ha expuesto con anterioridad, el espíritu de mejora es uno de los pilares sobre los que se apoya el éxito de esta filosofía.

Kaizen se enfoca en las personas y en la estandarización de los procesos. Su objetivo es incrementar la productividad mediante el control de procesos (reducción de tiempos de ciclo, la estandarización, etc.) y la eliminación de *mudas* [19]. Fomenta la participación y contribución de las personas que realizan el trabajo en la mejora del sistema (algo que impacta positivamente en la autoestima y motivación del personal) y mejora la actitud y aptitud de directivos y personal para una rápida adaptación al cambio.

Eventos Kaizen

Los eventos Kaizen son una de las técnicas de mejora continua en el ámbito Lean. Durante un periodo de tiempo (típicamente una semana) un conjunto de personas analizan un determinado proceso a mejorar en su estado actual, desarrollan una visión Lean mejorada y comienzan su implementación [15].

Entre los participantes del evento se debe incluir al responsable (dueño del proceso) que será el líder y al resto de personas que realizan el trabajo en el mismo. También es aconsejable incluir a representantes de los clientes y proveedores del proceso a mejorar (que podrán ser otros procesos), aunque siempre tratando de involucrar un máximo de 15 personas para que se faciliten los debates e implementación de la mejora.

El evento, se compone de tres fases: la preparación, el propio evento y el mantenimiento y la mejora continua tras el mismo.

Fase 1 – Preparación

La fase de preparación deberá servir fundamentalmente para agilizar la realización del evento kaizen, para esta cuestión, deberán resolverse las siguientes cuestiones:

- Determinar claramente el alcance del proceso, dónde comienza y dónde acaba.
- Establecer los objetivos a alcanzar (mejorar la calidad, reducir costes, etc.) y que estos sean ambiciosos.
- Crear un mapa preliminar del estado actual y colocar una copia del mismo en un lugar visible al equipo de kaizen para facilitar posibles modificaciones y anotaciones al mismo durante el evento.
- Recolectar los documentos relevantes del proceso a mejorar (guías de procedimientos, formularios, etc.)

Fase 2 – el evento kaizen

Comenzará revisándose la información obtenida en la preparación así como con la impartición de cierta formación sobre conceptos Lean si el equipo no está familiarizado con esta filosofía. A continuación, se realiza el evento kaizen:

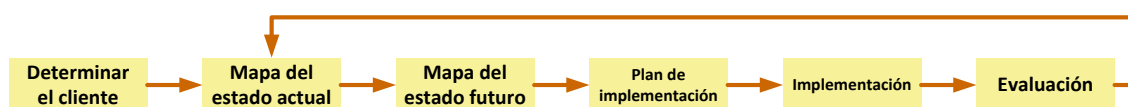


Figura 23 - Actividades de un evento kaizen

Fase 3 – mantenimiento y mejora continua

Una vez realizado el evento, ha de mantenerse la mejora obtenida. Semanalmente, el equipo se reunirá para asegurarse de la consolidación de la mejora y continuar con la mejora del proceso. Mensualmente la gerencia revisará el estado de la mejora y dará el reconocimiento del éxito al equipo a medida que se cumplan los objetivos de la implementación.

3.7 Eliminar el "desperdicio"

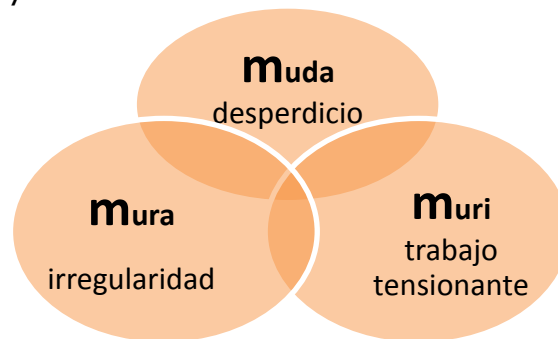
Desperdicio o "muda" en su concepto más amplio es:

"cualquier otra cosa distinta a la cantidad mínima de equipos, materiales, partes, espacio y tiempo del trabajador que son absolutamente necesarios para dar valor al producto"

- Shoichiro Toyoda

Lean distingue otros tipos de desperdicio: mura y muri.

El Manual de Estilo Toyota, se refiere a la eliminación de las 3M: muda, mura y muri.



Mura o irregularidad

Cada vez que se interrumpe el flujo normal del trabajo en la tarea de un operador, el flujo de partes y máquinas o el programa de producción, se dice que existe mura. El mura está muy relacionado con los cuellos de botella, razón por la que eliminar estas lleva a una mayor fluidez y productividad en los procesos.

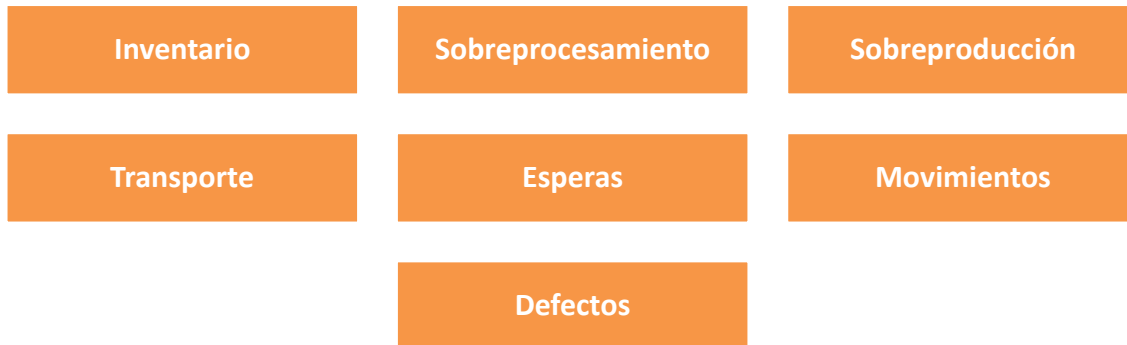
Muri o trabajo tensionante

Implica condiciones estresantes para los trabajadores y máquinas, lo mismo que para los procesos de trabajo. Si a un trabajador recientemente contratado se le asigna la tarea de un trabajador veterano, sin dársele antes el entrenamiento suficiente, el trabajo será estresante para él, y es posible que esta persona sea más lenta en sus labores, e incluso puede cometer mayor número de errores.

Tanto el mura como el muri dan lugar a mayor nivel de muda, producto de las irregularidades y tensiones existentes. Identificarlas y contribuir a su disminución y/o eliminación permitirá importantes ahorros de recursos al bajar los niveles de muda.

3.7.1 Tipos de muda

Los siete tipos de muda a los que se hace referencia clásicamente son los siguientes:



- **Exceso de inventario**

Se refiere al almacenamiento excesivo de materia prima, producto en proceso o producto terminado, causando mayores plazos de entrega, costes de almacenamiento, etc.

- **Sobre-procesamiento o procesamiento incorrecto**

Supondrá toda aquella actividad innecesaria o incorrecta que se realice sobre el producto (que no le aporte valor o provoque un defecto en el mismo).

- **Sobreproducción**

Es la producción de bienes o servicio más allá de la demanda de los clientes, aumentando los costes de almacenamiento, transporte innecesario, etc.

- **Transporte innecesario**

Es el movimiento innecesario de productos o materiales entre operaciones.

- **Esperas**

Son aquellos retrasos y tiempos muertos en los que no se está dando valor al producto.

- **Movimientos innecesarios**

Movimientos físicos innecesarios que el personal realiza durante su trabajo: buscar, desplazarse, etc.

- **Defectos**

Se refiere al coste de reacondicionar partes en proceso o productos ya terminados, y el reciclaje o destrucción de productos que no reúnen las condiciones óptimas de calidad.

Liker identifica una octava muda [15]:

- **No utilizar la creatividad de los empleados**

Perder el tiempo, destrezas, ideas, mejoras y oportunidades de aprendizaje por no fomentar la participación o escuchar a los empleados.

Otros conceptos relacionados con la muda en el ámbito de Lean, son los siguientes:

Genchi gembutsu

Este concepto genchi (lugar) genbutsu (producto) se interpreta como "ir al lugar y observar la situación para entenderla"

Ojos para el desperdicio

Se refiere a que se debe estimular en la organización que todos sus miembros participen en la detección de desperdicios en el trabajo diario y en su eliminación.

3.8 Heijunka: Producción nivelada

El término heijunka se refiere a la nivelación de la producción, tanto por volumen como el mix de productos.

En lugar de fabricar acorde al flujo de pedidos de los clientes, algo potencialmente variable, se considera el volumen total de pedidos en un periodo y se equilibra la producción, de forma que se fabrique cada día la misma cantidad de cada tipo de producto para cubrir la demanda global.

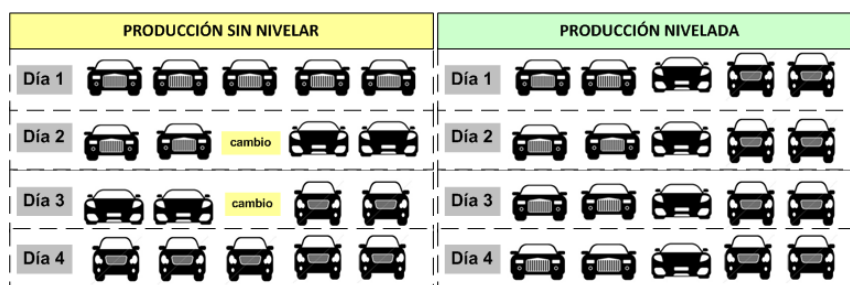


Figura 24 - Producción sin nivelar frente a producción nivelada

Con esta técnica, se obtienen cuatro beneficios fundamentalmente [15]:

- Flexibilidad, para servir lo que el cliente quiere y cuando lo quiere. Se reduce el inventario.
- Reduce el riesgo de producir productos y que éstos no se vendan. Se produce bajo pedido.
- Equilibrio: en el uso de maquinaria y trabajo de las personas. Si el trabajo se estandariza teniendo en cuenta que unos productos requieren un mayor esfuerzo que otros, la secuencia de actividades puede contemplar que no se encadenen grandes esfuerzos, haciendo el trabajo más llevadero.
- Se equilibra la demanda a proveedores. Esta estabilidad en la producción se transmite a lo largo de la cadena de suministros cuando se utiliza el sistema Just in Time, de forma que los pedidos a proveedores serán siempre similares lo que facilitará que se aprovechen reduciendo sus propios inventarios conocida la demanda habitual.

3.9 Procesos estables y estandarizados

La estandarización de tareas y procesos es uno de los fundamentos de la **mejora continua** y del **empowerment** de los empleados [15].

Taiichi Ohno apunta a que la producción eficiente se sostiene mediante la prevención de la aparición recurrente de defectos, errores de operación y accidentes y por la incorporación de las ideas de los trabajadores. La estandarización es debe consolidar este conocimiento sobre el buen hacer y servir de base estable para la mejora.

Las personas de la organización son formadas para el uso de los estándares que deben seguir en sus puestos de trabajo. Los líderes de cada área deben conocer los estándares aplicables y supervisar que son seguidos por el personal. De esta forma, la aparición de un error en la cadena de producción siguiendo el estándar, motivará la revisión del mismo para evitar que éste vuelva a sucederse.

La estandarización en Toyota es algo más amplio que un conjunto de instrucciones a seguir para realizar una tarea. El consejero y ex-presidente de Toyota Fujio Cho describe el trabajo estandarizado con 3 elementos: **takt time** (tiempo necesario para realizar el trabajo y cubrir la demanda), la **secuencia de pasos** a seguir, y el **inventario** necesario para que un operario realice su trabajo.

La base para la flexibilidad e innovación en este sistema reside en el reconocimiento del trabajador más allá del operario que recibe órdenes como un potencial analista y solucionador de problemas. Liker hace mención al término "burocracia habilitadora" (por contraste a la "coercitiva") para referirse al sistema de organización que busca el *empowerment* de los empleados, donde las reglas y procedimientos son elementos habilitadores y la jerarquía es el sustento del aprendizaje organizacional [15].

En este contexto, los estándares sirven de ayuda a los trabajadores para realizar su trabajo mejor en lugar de elementos de control que suelen ser percibidos con negatividad. La necesidad de participación en el proceso de estandarización se refuerza por la frecuente aversión a la estandarización del trabajo por parte de los profesionales y la idea de que seguir estrictamente los estándares haría que realizaran peor su trabajo, en especial en las actividades creativas y las intelectuales.

De esta forma, el punto crítico en la implementación de la estandarización en una organización es encontrar el equilibrio entre la rigidez del conjunto de procedimientos y reglas a seguir y los elementos que habilitan su participación en la mejora del proceso de producción. La clave se encuentra en cómo se definen estos estándares y quiénes contribuyen a esta definición, de forma que:

- Deben ser suficientemente específicos para ser guías útiles, pero con un cierto grado de flexibilidad.
- La gente que realiza el trabajo debe tener voz para mejorar el estándar. La incorporación de una mejora propuesta al estándar es un elemento extremadamente motivador.

3.10 Gestión visual

La gestión visual complementa a las personas, dada nuestra naturaleza sensitiva. Así, los mejores indicadores serán aquellos que en lugar de trabajo nos informen claramente el cumplimiento o incumplimiento de la normalidad mediante el uso de nuestros sentidos (sonidos, imágenes, etc.)

El uso de controles visuales eficaces mejora la productividad, reduce los defectos y equivocaciones, facilita la comunicación, dando a las personas mayor control sobre el entorno en el que desarrollan su labor.

Así, la filosofía lean aboga por el uso de controles visuales para impedir que los problemas pasen desapercibidos.

3.11 Just in time

Se entiende por Just in Time (JIT) el conjunto de principios y técnicas que permiten a una empresa la producción y entrega de productos en pequeñas cantidades, con plazos de entrega reducidos, y para dar respuesta a necesidades específicas de los clientes, esto es, entregar el producto correcto, en la cantidad correcta y en el plazo correcto.

A continuación se exponen algunos de los conceptos relacionados.

3.11.1 Takt time planning

Takt-time se define como la cadencia a la cual un producto debe ser fabricado para satisfacer la demanda del cliente dada la capacidad productiva.

Es importante que el ritmo de producción se ajuste al takt time para evitar el desperdicio: si es más rápido aumenta el inventario y si es más lento se necesitará acelerar la producción, realizar horas extra o disponer de un mayor inventario para cubrir la demanda.

3.11.2 Sistema Pull

Un proceso PULL es aquel que produce según se requiere por el siguiente proceso, es decir, en función de su demanda real, siendo la primera demanda de todo el sistema, la impuesta por el cliente.

En una línea de producción, es interesante que los procesos que la conforman se comuniquen entre sí para que el sistema al completo opere en modo pull, de forma que se minimicen los riesgos de sobreproducción o el desabastecimiento de algún proceso.

3.11.3 Quick Changeover - SMED

Se conoce como "Changeover" o cambio de utillaje en un dispositivo de producción al conjunto de operaciones que se desarrollan desde que se detiene la máquina para proceder al cambio de lote hasta que la máquina empieza a fabricar la primera unidad del siguiente producto en las condiciones especificadas de tiempo y calidad.

En cuanto a Quick Changeover o cambio rápido, es aquel conjunto de técnicas para reducir el tiempo requerido para realizar estos cambios.

Este concepto también se conoce como SMED (Single Minute Exchange of Die), donde el cambio debe realizarse en menos de 10 minutos aunque en la actualidad el objetivo de reducción es mucho más ambicioso: una máquina dispone de más de un ajuste predeterminado seleccionable mediante algún tipo de interruptor, o One Touch Setup (OTS) o One Touch Exchange of Dies (OTED) [20].

Son objetivos del cambio rápido:

- Habilitar la producción de lotes más pequeños sin aumento costes
- Reducir inventario
- Mejorar la calidad del producto
- Reducir desperdicios (tiempo, movimientos y material)
- Incrementar la flexibilidad de la planta
- Mejorar en el tiempo de entrega del producto

La aplicación de SMED consta de tres etapas:

1. Separar la preparación online de la offline.
2. Convertir en operaciones online tantas operaciones offline como sea posible.
3. Optimizar el conjunto de operaciones offline minimizando el tiempo para realizarlas.

3.11.4 Kanban

Idealmente, el flujo de una pieza sería un sistema que, sin la necesidad de inventario alguno, el valor se entrega al cliente en el momento que lo necesita. A veces, esto no es posible (por ejemplo, por la variabilidad en el tiempo de proceso) y a menudo la mejor solución es utilizar Kanban.

Kanban es un sistema visual de control de la producción que limita la cantidad de trabajo en curso (Work In Progress – *WIP*). Funciona de forma similar a una orden de trabajo (nos da información acerca de que se va a producir, en qué cantidad, etc.). Mediante señales visuales, la demanda se va propagando por los procesos de la cadena de valor, cada proceso conoce en el momento preciso la cantidad exacta que debe producir, evitando inventarios innecesarios. El trabajo fluye arrastrado por la demanda, orquestado por la sucesión de señales provista por Kanban.

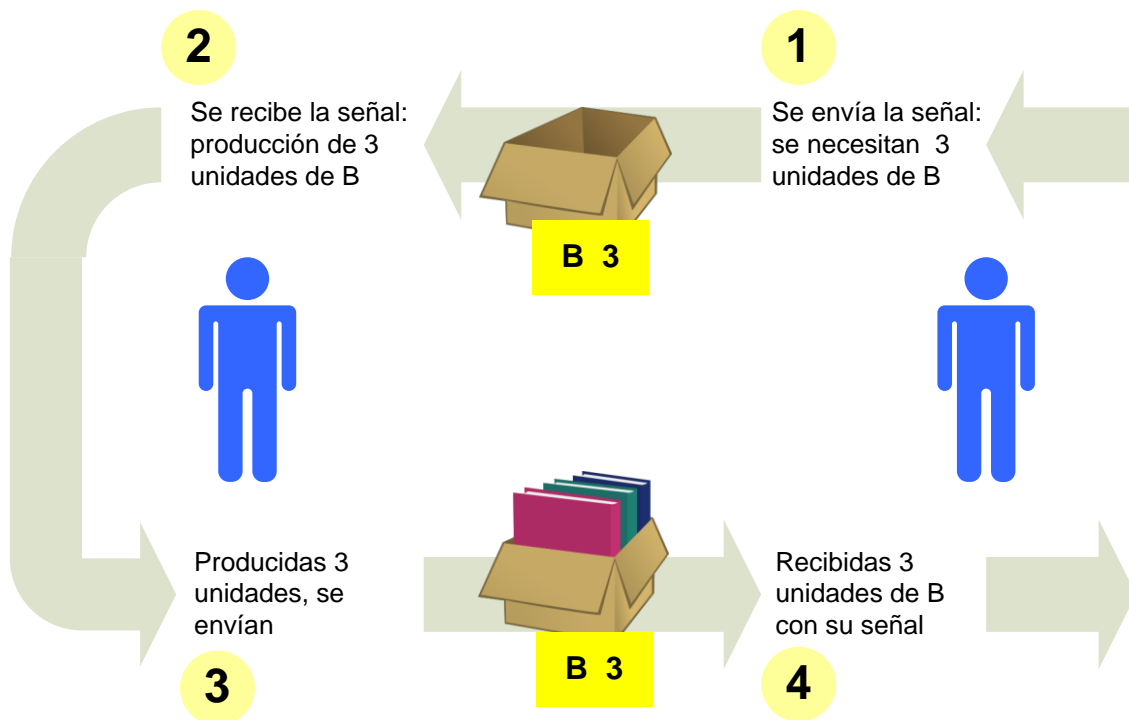


Figura 25 - Sistema Kanban

3.11.5 VSM

El mapa de la cadena de valor representa en un diagrama el conjunto de actividades y procesos y el flujo de materiales e información que rodean el proceso transformación de un producto o prestación de un servicio desde que se recibe la petición del mismo hasta que se realiza su entrega, pudiendo incluir actividades de clientes y proveedores que intervengan en el proceso de producción [21].

Típicamente, para realizar mapeo del flujo de valor, se siguen una serie de pasos:

1. Seleccionar una familia de productos, entendida como un conjunto de productos que se producen de forma similar, tanto por los medios utilizados como el propio proceso.
2. Formar el equipo que participará en el análisis.
3. Representar los procesos de producción que se siguen para producir el producto, identificando una serie de valores clave para cada uno de ellos: tiempo de ciclo, número de operarios involucrados, etc.
4. Representar el flujo de material, cómo se mueve el material de un proceso a otro, identificando, si existen, los inventarios que se utilizan y su volumen, así como el flujo de materia prima que llega desde los proveedores y de la entrega del producto al cliente.
5. Representar el flujo de información entre los distintos actores involucrados, empresa (u otras unidades organizativas dentro de la misma si es necesario distinguirlas), proveedores, clientes, etc.
6. Calcular los Lead Time, del producto y del proceso.

El mapa realizado permitirá visualizar la situación global del sistema de producción y ayudará a reconocer focos de desperdicio (sobreproducción, tiempos de espera, inventarios, etc.). Conocidos estos, se debe realizar un mapa de cadena de valor a futuro, con un enfoque Lean, ajustando la producción a la demanda de manera eficiente.

3.12 Jidoka

El segundo pilar de la filosofía Lean, parte del principio de que la calidad debe ser inherente al propio sistema de producción. En este sentido, su carácter debe ser preventivo y no ha de limitarse a la verificación post proceso: cuando se detecta un defecto, se detiene el proceso de producción, se localiza y corrige la fuente del error, para evitar que éste vuelva a producirse. La calidad se incorpora al sistema como mejora del proceso de fabricación.

Taiichi Ohno define Jidoka como “automatización con un toque humano”. En esencia, se compone de dos partes:

- Un mecanismo de detección de problemas (anormalidades o defectos)
- Un mecanismo para interrumpir el proceso cuando se detecta uno de estos problemas. Esta detención podrá realizarse:
 - Manualmente: por el trabajador al detectar el error
 - Mediante paradas automáticas: la automatización de la detección y detención, en caso de error, de una máquina o proceso, sin necesidad de intervención humana.

El “toque humano” tendrá como finalidad hacer que todo vuelva a la normalidad, identificando y corrigiendo la causa raíz del error y que con ello el proceso pueda continuar con calidad.

3.12.1 A prueba de errores (Poka-yoke)

Son mecanismos de calidad preventiva, desarrollados para evitar los errores humanos que deriven en condiciones inadecuadas de operación y, por tanto, fuentes potenciales de error.

Son ejemplos de errores humanos que pretenden evitar: Errores por olvidos, desconocimiento o inexperiencia, de identificación, voluntario, por despiste, por lentitud, falta de estándares, por sorpresa o intencionales.

Pueden eliminar los efectos en dos posibles estados:

- Antes de que ocurran (PREDICCIÓN): se trata de diseñar mecanismos que avisen al operario cuándo se va a cometer un error para que lo evite (ALARMA), que paren la cadena cuando se ha hecho algo mal (PARADA) o que simplemente incorporen nuevos elementos al puesto de trabajo que hagan imposible o difícil un determinado error (CONTROL).

- Una vez ocurridos (DETECCIÓN): se trata de diseñar mecanismos que avisen cuando se ha fabricado un producto defectuoso (ALARMA), que paren la cadena si esto ocurre (PARADA) o que simplemente eviten que ese producto defectuoso pase al siguiente proceso (CONTROL). Muchas de estas técnicas hacen posible la inspección al 100% incorporando mecanismos económicos.

Características de un buen Poka-yoke son:

- Ser simple y económico
- Ser parte del proceso (inspección al 100%)
- Estar próximo al problema para el que se diseñan, facilitando una rápida detección del error por el operario y su actuación para solucionar el problema.

Otras consideraciones acerca de los Poka-yokes:

- Su implantación puede llevar consigo cambios en el proceso.
- Se diseñan para un problema en particular.
- Avisan del problema, siendo del trabajador la responsabilidad de corregirlo.
- Abordan aspectos necesarios pero no suficientes para garantizar la ausencia de errores

Nos rodean los ejemplos de los conceptos Poka-yoke:

- Cables USB
- Tarjetas de memoria
- Tarjetas SIM
- IKEA (¡aunque no todo!)

3.12.2 Resolución de las causas raíces de los problemas

Para conseguir que la calidad sea inherente al proceso, cuando se detecta un problema es fundamental localizar la causa raíz que lo produce y tomar las acciones oportunas para eliminarla.

Así, Toyota utiliza un proceso en siete pasos para la resolución de problemas al que denomina "Resolución práctica de problemas", representado en la siguiente figura [15]:

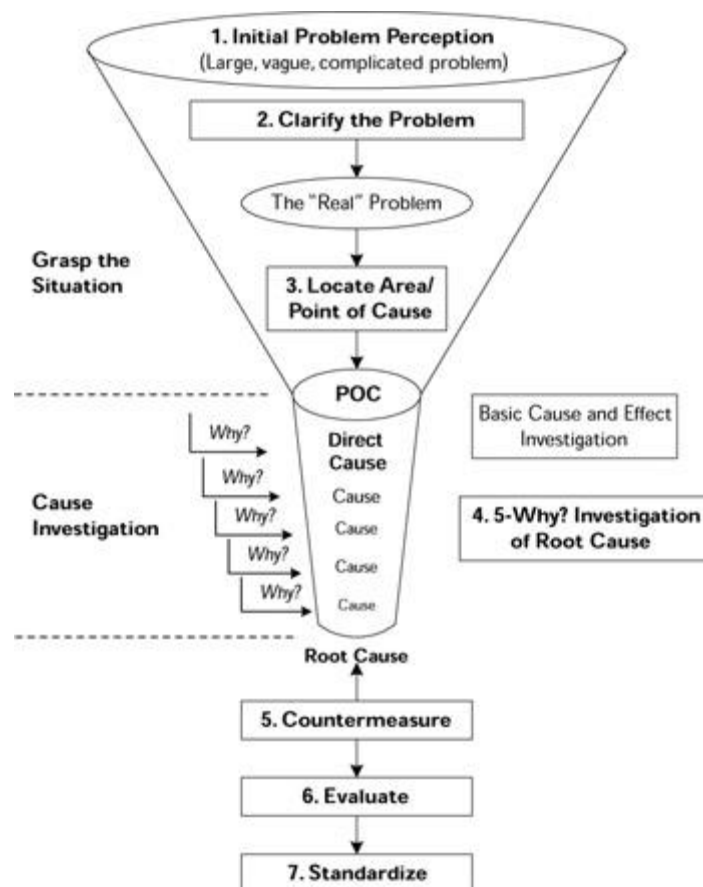


Figura 26 - Resolución práctica de problemas

El ciclo de Deming y el uso de la técnica 5 Why's son característicos de esta técnica. Definido y localizado dónde ocurre el problema, se investiga su causa original y su posible solución, se aplica, se mide el resultado y si cumple su cometido, se estandariza y se incorpora al proceso de producción.

5 Why's

Los 5 “porqués” es una técnica de análisis de causas de un problema. Consiste en preguntar el por qué de un problema de una forma recursiva 5 veces (este número es solo una forma de forzarnos a profundizar en la explicación) Su uso combinado con el diagrama de Ishikawa (diagrama causa efecto), permite además organizar y relacionar las causas de un problema.

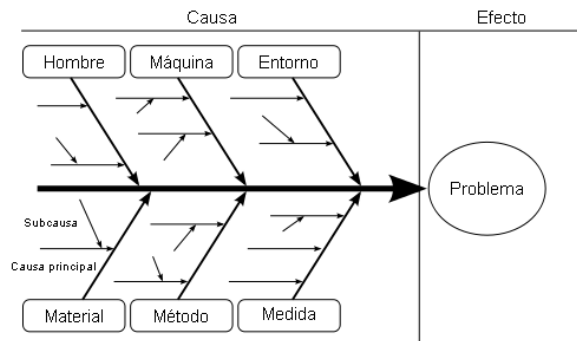


Figura 27 - Diagrama causa-efecto

3.12.3 5S

Es una filosofía de trabajo diario para lograr un óptimo lugar de trabajo (gemba), que permita la producción eficiente y efectiva. El término 5s se deriva de cinco palabras japonesas que conforman los pasos a desarrollar para obtener este resultado:

- **Seiri:** diferenciar entre los elementos necesarios de aquellos que no lo son. Implica separar lo necesario de lo innecesario y eliminar o erradicar del gemba esto último.
- **Seiton:** disponer de manera ordenada todos los elementos que quedan después del seiri. El seiton lleva a clasificar los ítems por uso y disponerlos como corresponde para minimizar el tiempo de búsqueda y el esfuerzo. Para hacer esto, cada ítem debe tener una ubicación, un nombre y un volumen designados. Debe especificarse no sólo la ubicación, sino también el número máximo de ítems que se permite en el gemba.

3. Filosofía Lean

- **Seiso:** significa limpiar el entorno de trabajo, incluidas máquinas y herramientas, lo mismo que pisos, paredes y otras áreas del lugar de trabajo. También significa verificar. Un operador que limpia una máquina puede descubrir muchos defectos de funcionamiento. Cuando la máquina está cubierta de aceite, hollín y polvo, es difícil identificar cualquier problema que se pueda estar formando. Sin embargo, mientras se limpia la máquina podemos detectar con facilidad una fuga de aceite, una grieta que se está formando en la cubierta, o tuercas y tornillos flojos. Una vez reconocidos estos problemas, pueden solucionarse con facilidad. Se dice que la mayor parte de las averías en las máquinas comienzan con vibraciones (debido a tuercas y tornillos flojos), con la introducción de partículas extrañas como polvo, o con una lubricación o engrase inadecuados.
- **Seiketsu:** significa mantener la limpieza de la persona por medio de uso de ropa de trabajo adecuada, lentes, guantes y zapatos de seguridad, así como mantener un entorno de trabajo saludable y limpio. También implica continuar trabajando en seiri, seiton y seiso en forma continua y todos los días.
- **Shitsuke:** construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5S mediante el establecimiento de estándares.