



---

**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER EN LOGÍSTICA**

# **Implantación del Lean Manufacturing en una línea de producción**

Autor: Mario Lorenzo Moraleja

Tutor: José Vicente Atienza

Valladolid, Septiembre 2016



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	6
<b>1. PHILIPS INDAL VALLADOLID .....</b>	<b>8</b>
1.1. HISTORIA .....	8
1.2. PHILIPS LIGHTING .....	8
<b>2. CULTURA LEAN MANUFACTURING .....</b>	<b>10</b>
2.1. HISTORIA Y DEFINICIÓN .....	10
2.2. HERRAMIENTAS DEL LEAN .....	11
2.2.1 Kanban .....	11
2.2.2 Just in Time (JIT) .....	13
2.2.3 SMED (Single Minute Exchange of Die) .....	16
2.2.4 Jidoka .....	18
2.2.5 Andon .....	19
2.2.6 Poka Yoke .....	20
2.2.7 TPM (Total Productive Maintenance) .....	23
2.2.8 Kaizen .....	25
2.2.9 O.E.E. (Overall Equipment Effectiveness) .....	28
2.2.10 5's .....	31
2.2.11 VSM (Value Stream Mapping) .....	35
2.2.12 Desperdicios, Las 3 Mu (Mura, Muda, Muri) .....	37
2.2.13 8D (8 Disciplinas) .....	39
2.2.14 Golden Zone .....	43
2.2.15 Sistemas Push/Pull .....	43
2.2.16 5 Porqués .....	44
<b>3. EXPLICACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN (LÍNEA PILOTO) .....</b>	<b>46</b>
<b>4. SITUACIÓN DE PARTIDA Y FUTURA .....</b>	<b>59</b>
4.1. VSM ACTUAL .....	59
4.2. VSM FUTURO .....	61
<b>5. DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>62</b>
5.1. 6's .....	62
5.2. SECUENCIACIÓN .....	65
5.3. TABLERO HEIJUNKA .....	68
5.4. KAMISHIBAI .....	69
5.5. POKA-YOKE .....	70
5.6. AGV .....	71
5.7. SISTEMA ANDON .....	72
5.8. KANBAN .....	74
5.7.1 Kanban de bandejas .....	76
5.7.2 Kanban de juntas .....	76
5.9. KAIZEN .....	78
5.10. RABBIT PARTS .....	79
<b>6. VIABILIDAD ECONÓMICA .....</b>	<b>80</b>
<b>7. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO .....</b>	<b>81</b>
7.1. CONCLUSIONES .....	81
7.2. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO .....	83
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>85</b>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1: Clearflood.</i>	46
<i>Imagen 2: Cover (carcasa).</i>	46
<i>Imagen 3: Frame (marco).</i>	47
<i>Imagen 4: Lira.</i>	47
<i>Imagen 5: Dial.</i>	47
<i>Imagen 6: Cierre.</i>	47
<i>Imagen 7: Vidrio.</i>	48
<i>Imagen 8: Junta exterior.</i>	48
<i>Imagen 9: Junta Interior</i>	48
<i>Imagen 10: Driver 1.</i>	48
<i>Imagen 11: Driver 2.</i>	49
<i>Imagen 12: Bandeja.</i>	49
<i>Imagen 13: PCBA y lentes.</i>	49
<i>Imagen 14: Cable y conector macho PCBA.</i>	49
<i>Imagen 15: Conector Wieland macho.</i>	50
<i>Imagen 16: Conector Block tres vías.</i>	50
<i>Imagen 17: Conector Block 2 vías.</i>	50
<i>Imagen 18: Conector Hembra PCBA.</i>	50
<i>Imagen 19: Conector Wieland hembra.</i>	51
<i>Imagen 20: Tirante.</i>	51
<i>Imagen 21: Prensa</i>	51
<i>Imagen 22: Caja de empaquetado.</i>	51
<i>Imagen 23: Estación 1.</i>	52
<i>Imagen 24: Estación 2.</i>	53
<i>Imagen 25: Estación 3</i>	54
<i>Imagen 26: Estación 4.</i>	55
<i>Imagen 27: Estación 5.</i>	56
<i>Imagen 28: Estación 6.</i>	57
<i>Imagen 29: Estación 7.</i>	58
<i>Imagen 30: Indicador seguridad Philips</i>	62
<i>Imagen 31: Estado de referencia puesto 3</i>	63
<i>Imagen 32: Gama de montaje y pantalla informativa</i>	63
<i>Imagen 33: Secuenciado Drivers</i>	65
<i>Imagen 34: Secuenciado PCBA.</i>	66
<i>Imagen 35: Secuenciado lentes.</i>	66
<i>Imagen 36: Secuenciado marcos y carcasas</i>	67
<i>Imagen 37: Tablero Heijunka.</i>	68
<i>Imagen 38: Kamishibai.</i>	69
<i>Imagen 39: Poka-Yoke.</i>	70
<i>Imagen 40: AGV.</i>	71
<i>Imagen 41: Tablero Andon.</i>	72
<i>Imagen 42: Botonera Andon.</i>	72
<i>Imagen 43: Estanterías con sistema Kanban.</i>	74
<i>Imagen 44: Moto tren logístico Kanban.</i>	75



**Implantación del LEAN MANUFACTURING**  
**en una línea de producción**

*Imagen 45: Kanban..... 75*  
*Imagen 46: Bandejas en sistema kanban..... 76*  
*Imagen 47: Juntas en sistema kanban. .... 76*  
*Imagen 48: Documento estandarizado Kaizen..... 78*  
*Imagen 49: Rabbit Parts ..... 79*  
*Imagen 50: Tornillo 5x10mm con cabeza dentada ..... 83*  
*Imagen 51: Lean en la oficina..... 83*



## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Logo Philips.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2: Diagrama conceptual sistema Kanban. Fuente: http://www.toyota.co.jp/en/index.html.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3: El río de las existencias. Fuente: http://www.monografias.com/trabajos16/teorias-jit/teorias-jit.shtml.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 4: Ejemplos de luces utilizadas en tableros Andon.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5: Tiempo total de operación .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 6: 5'S .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 7: Seiso (clasificar). Fuente: Lean Solutions.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 8: Seiton (ordenar).....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 9: Economía de movimientos. Fuente: Lean solutions. ....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 10: Economía de movimientos 2. Fuente: Lean Solutions. ....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11: Implementación VSM. Fuente: Lean Solutions.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12: Las 3 MU. Fuente: Lean Solutions. ....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13: Flujo de valor. Fuente: Lean Solutions.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 14: Causas. Fuente: Lean solutions. ....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 15: Push vs Pull. Fuente: Manufactura inteligente. ....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 16: 5 Porqué's? .....</i>	<i>45</i>



## Introducción

- **Presentación**

Se trata del estudio de un caso particular motivado por mi experiencia y por la cada vez mayor frecuencia con la que se usa el sistema Lean Manufacturing.

El Lean Manufacturing es un sistema productivo de trabajo, una filosofía de trabajo o un modelo de gestión. Este sistema nace en la empresa Toyota con el objetivo de eliminar o minimizar al máximo posible todo aquello que no aporta valor añadido o que es un desperdicio, utilizando prácticamente los mismos recursos necesarios.

El estudio es llevado a cabo en la empresa afincada en Valladolid Philips Indal S.L., en la línea piloto donde se realiza el montaje de una luminaria tipo LED.

Esta implantación es necesaria por la alta competitividad que hay en el mercado para buscar eliminar todo aquello que no aporte valor y lograr mayores beneficios con el menor coste.

Pretende reflejar lo que se puede lograr con la implantación del sistema Lean en comparación con otros sistemas.

En el trabajo se expone mi experiencia en la línea y los conocimientos que he adquirido durante la implantación del sistema Lean Manufacturing.

Se pretende encontrar respuestas a la implantación del sistema, en forma de beneficios en el proceso de producción.

Las herramientas del Lean Manufacturing son muy sencillas de entender pero, a la hora de llevarlas a la práctica tienen sus complicaciones, ya que es algo nuevo y que muchos por este motivo lo rechazarán. Y para que el sistema funcione todos y cada uno de los empleados deben de tener claro que es y para que sirve el Lean Manufacturing e involucrarse en el sistema.

- **Resumen**

El estudio se centra en la implantación del Lean Manufacturing en una línea de producción buscando siempre el objetivo de mejorar continuamente y entregar el máximo valor a los clientes para obtener un beneficio económico cada vez mayor.

En la línea se producen luminarias tipo led que tiene pocas variaciones de modelo, con lo cual el sistema de flujo pull es el mas indicado para trabajar.

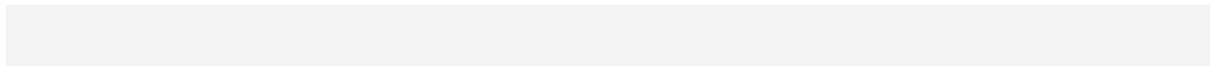
La línea de producción consta en un principio de 7 operarios y un comodín para después de llevar a cabo las mejoras pasar a 6 operarios y un comodín para tener la misma producción que inicialmente.



## Implantación del LEAN MANUFACTURING en una línea de producción

Partiendo de un VSM actual, detectamos los problemas y aplicando una serie de acciones llegamos a un VSM futuro. Para la erradicación de los problemas se utilizan una serie de herramientas pertenecientes al Lean Manufacturing.

Después de las mejoras podemos comprobar como el implantar el sistema han sido todo ventajas.



# 1. Philips Indal Valladolid



Figura 1: Logo Philips

## 1.1. Historia

Philips Indal, logo en figura 1, (antiguamente Indal) es actualmente una empresa filial que forma parte de la empresa multinacional Philips del sector electrónico, que tiene su sede en la ciudad de Valladolid. La empresa está orientada a la fabricación y distribución de LEDs, Electrónica de consumo, Semiconductores, Electricidad, luminarias y alumbrados públicos en general.

Fue fundada en 1950 por los hermanos Héctor y Leopoldo Arias San Vicente en Valladolid.

En 1991 fue cuando inició su expansión internacional con la compra de industrias en Sudamérica, Asia y el resto de Europa.

En el año 2009 hubo un importante salto de calidad para la empresa con la comercialización de uno de sus productos estrella: la luminaria Stela LED.

El 30 de junio del 2011, la multinacional holandesa Royal Philips Electronics compra la empresa vallisoletana para reforzar su posición en el mercado europeo y hacer frente a la competencia del mercado asiático y de fabricantes como Panasonic o Toshiba. Hay que tener en cuenta que la empresa holandesa venía de sufrir fuertes caídas en la venta mientras que la española, que era de mucho menos tamaño, seguía siendo una de las líderes en su mercado, el del alumbrado público.

En 2012 ampliaron unas instalaciones para la producción de luminarias con tecnología LED de alta eficiencia energética, de forma que Philips Indal es capaz de producir 35.000 circuitos electrónicos (PCB) al año.

Su actividad comercial se extiende a más de 50 países, para lo que cuenta con 11 filiales y 5 centros de producción.

## 1.2. Philips Lighting

Philips Lighting ha estado a la vanguardia de la innovación durante más de 120 años.

Philips lleva la iluminación más allá del simple alumbrado con innovaciones de iluminación conectada para el hogar, entornos comerciales, oficinas, ciudades, etc.

Philips ha sido pionera en el desarrollo de una iluminación mediante LED de alta calidad y eficiencia energética. Preven que un día todas nuestras lámparas, luminarias y





## Implantación del LEAN MANUFACTURING en una línea de producción

dispositivos de sistema serán digitales y estarán preparados para funcionar en red. Mediante una combinación de tecnologías patentadas y estándares abiertos.

Philips lighting está inmersa en un proyecto Lean, el cual quieren aplicar en todas sus fábricas para conseguir que el flujo de valor se centre en la atracción del cliente, en la mejora del producto y del proceso productivo, previniendo y eliminando desperdicios, implicando en ello a todos y cada uno de sus empleados.



## 2. Cultura Lean Manufacturing

### 2.1. Historia y definición

Lean Manufacturing, es una filosofía de trabajo, cuyo objetivo es la eliminación de todo tipo de desperdicio, para así conseguir la máxima eficiencia en todos los procesos y, por ende, la competitividad de las empresas, siempre basándonos en la aportación de las personas relacionadas.

El Lean Manufacturing tiene sus raíces en los sistemas de producción Just in Time, JIT, desarrollados en Japón, más concretamente en la empresa Toyota por los años 50. Nace como un conjunto de herramientas o técnicas que hacían factible que los materiales y componentes llegaran al sitio justo, en el momento indicado y además con la garantía 100% de su bondad o ausencia de no conformidades.

Y para conseguir esto, es necesario implementar un conjunto de técnicas de forma sistematizada en la fabricación que logre la reducción o eliminación, si fuera posible, de todo tipo de “desperdicios”, entendidos éstos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios.

Su filosofía de “analizar”, “pensar” y “actuar”, apoyada siempre en la experiencia de aquellos trabajadores que están en contacto directo con el problema, con el proceso y producto en la planta de producción, con el principal objetivo de resolver problemas específicos en base a la simplificación de la operaciones y la reducción de costes.

LEAN no es un saco de herramientas, es un sistema completo de gestión que afecta desde las plantas de producción hasta las estructuras de gestión.

Tampoco es un sistema que permita operar con stock cero. Eso no es posible. Las máquinas tienen ciertas limitaciones técnicas y los camiones seguirán teniendo percances en ruta. Una de las finalidades de LEAN es establecer y mantener el stock mínimo necesario para operar con seguridad sin perder ninguna entrega, pero en una operación LEAN seguirá habiendo stock de producto acabado, stock de seguridad y de producto semiacabado.

LEAN no es sólo “flujo de una sola pieza”; esta es una de las características propias en una producción LEAN, pero hay otras muchas.

LEAN no es la solución a todos los problemas de un negocio, si bien es cierto que su correcta aplicación va a mejorar drásticamente el rendimiento de la empresa, es un sistema completo que incorpora una organización cultural en la cual se requiere alto compromiso de la dirección de la compañía que decida implementarlo.

## 2.2. Herramientas del Lean

### 2.2.1 Kanban

El sistema Kanban también se ha llamado el " Método de Supermercado", porque la idea fue tomada de los supermercados.

Aunque la primera empresa manufacturera en utilizar este concepto fue Toyota, Taiichi Ohno, fue quien promovió la idea de justo a tiempo y aplicó este concepto, comparó el supermercado y el cliente; con el proceso anterior y el proceso siguiente, respectivamente en una empresa de manufacturas. Al tener el próximo proceso (el cliente) ir al anterior proceso (el supermercado) para tener las partes necesarias cuando son necesarias y en la cantidad necesaria.

Un Kanban es una tarjeta que va dentro una funda rectangular de plástico. Se utilizan principalmente dos tipos: el Kanban de transporte y el Kanban de producción. El primero especifica el tipo y la cantidad de producto a retirar por el proceso posterior, mientras el Kanban de producción indica el tipo y la cantidad a fabricar por el proceso anterior denominándose por tal razón Kanban de proceso.

#### Reglas Kanban

Regla 1 – El proceso posterior recogerá del anterior los productos necesarios en las cantidades precisas del lugar y momento oportuno.

Se deberá prohibir cualquier retiro de piezas o elementos sin la correspondiente utilización del Kanban. Estará también prohibido cualquier retiro de piezas o elementos en cantidades mayores que las especificadas en los kanbans. Por último, un Kanban siempre deberá estar adherido a un producto físico (o a un contenedor).

Se debe tener en cuenta que, como requisitos previos del sistema, habrá que incorporar las condiciones siguientes: nivelado de la producción, organización de los procesos y estandarización de tareas. Ejemplo figura 2.

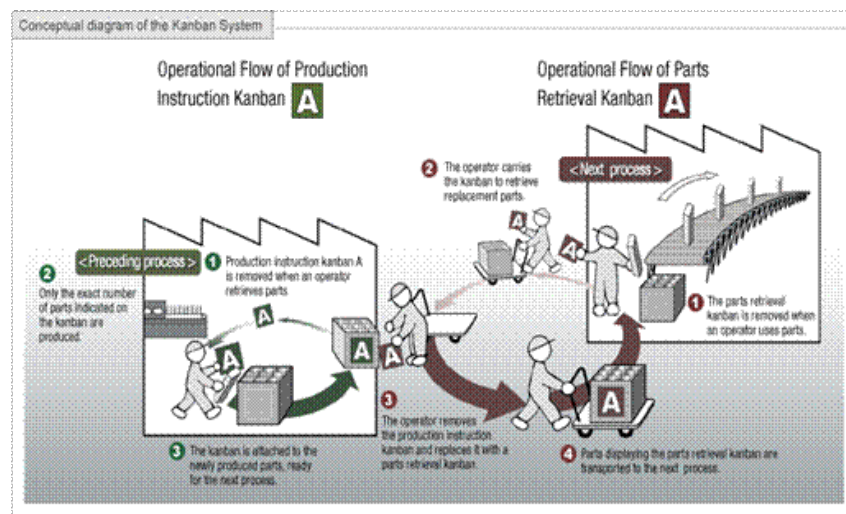


Figura 2: Diagrama conceptual sistema Kanban. Fuente: <http://www.toyota.co.jp/en/index.html>



Regla 2 – El proceso precedente deberá fabricar sus productos en las cantidades requeridas por el proceso siguiente.

Por tal motivo se prohíbe una producción mayor que el número de fichas Kanban. Por otra parte, cuando en un proceso anterior hayan de producirse varios tipos de piezas, su producción deberá seguir la secuencia con que se han entregado los diversos tipos de Kanban.

Regla 3 – Los productos defectuosos nunca deben pasar al proceso siguiente.

El incumplimiento de esta regla comprometería la existencia misma del sistema Kanban. Si llegaran a identificarse en el proceso siguiente algunos elementos defectuosos, tendría lugar una parada de la línea, al no tener unidades extras en existencia y devolvería los elementos defectuosos al anterior proceso.

El sistema se basa pues en la idea de autocontrol siendo su propósito el evitar la repetición de defectos.

Regla 4 – El número de Kanban debe minimizarse.

Kanban expresa la cantidad máxima de existencias de un determinado insumo o elemento, la autoridad final para modificar el número de Kanbans se delega en el supervisor de cada proceso. Si un proceso se perfecciona gracias a la disminución de tamaño del lote y al acortamiento del plazo de fabricación será posible disminuir a su vez el número de Kanban necesarios. La delegación de autoridad para determinar el número de Kanban es el primer paso para promover el perfeccionamiento de las capacidades directivas.

Regla 5 – El Kanban habrá de utilizarse para lograr la adaptación a pequeñas fluctuaciones de la demanda.

Con ello hacemos mención al rasgo más notable del sistema Kanban consistente en adaptarse a los cambios repentinos en los niveles de demanda o de las exigencias de la producción.

El Kanban es una de aquellas herramientas que si se utiliza de forma incorrecta puede causar una enorme diversidad de problemas. Para utilizar el Kanban de forma adecuada y eficiente, se debe establecer claramente un objetivo y función para determinar luego las normas para su uso.

La información en la etiqueta Kanban debe ser tal, que debe satisfacer tanto las necesidades de manufactura como las de proveedor de material. La información necesaria en Kanban sería la siguiente:

Número de parte del componente y su descripción.

Nombre / Número del producto.

Cantidad requerida.



Tipo de manejo de material requerido.

Dónde debe ser almacenado cuando sea terminado.

Punto de reorden.

Secuencia de ensamble / producción del producto.

### **2.2.2 Just in Time (JIT)**

---

Just-in-Time fue creado y desarrollado en la empresa Toyota por el ingeniero Taiichi Ohno. Su concepto principal es que define el despilfarro como cualquier actividad que no aporta valor para el cliente. Toyota adoptó la estrategia de eliminar todo uso de recursos por encima del mínimo teórico necesario (mano de obra, equipos, tiempo, espacio, energía), además, de comprar los productos en el momento preciso y en las cantidades requeridas.

La principal fuente de despilfarro es la existencia de stocks en sus diversas formas, lo que arrastra o genera ineficiencias (sobreproducción, procesos inadecuados, movimientos improductivos, productos defectuosos, tiempos muertos, etc.)

Así nace el concepto justo a tiempo, como base de un sistema de arrastre o pull , el que busca producir en cada etapa del proceso la clase de piezas o componentes requeridos, en las cantidades necesarias y en el momento oportuno y si fuera posible, con calidad perfecta.

El sistema Just-in-Time tiene cuatro objetivos esenciales que son:

1. Atacar los problemas fundamentales.
2. Eliminar despilfarros.
3. Buscar la simplicidad.
4. Diseñar sistemas para identificar problemas.

Estos cuatro principios forman una estructura alrededor de la cual podemos formular la aplicación del sistema JIT

#### **Atacar los problemas fundamentales.**

Una manera de ver ello es a través de la analogía del río de las existencias (figura 5). El nivel del río representa las existencias y las operaciones de la empresa se visualizan como un barco que navega por el mismo. Cuando una empresa intenta bajar el nivel del río (o sea reducir el nivel de sus existencias) descubre rocas, es decir, problemas. Hasta hace poco, cuando estos problemas surgían en las empresas tradicionales, la respuesta era aumentar las existencias para tapar el problema. En cambio, la filosofía del JIT indica que cuando aparecen problemas debemos enfrentarnos a ellos y resolverlos (las rocas deben eliminarse del lecho del río). El nivel de las existencias puede reducirse entonces gradualmente hasta

descubrir otro problema; este problema también se resolvería, y así sucesivamente, figura 3.

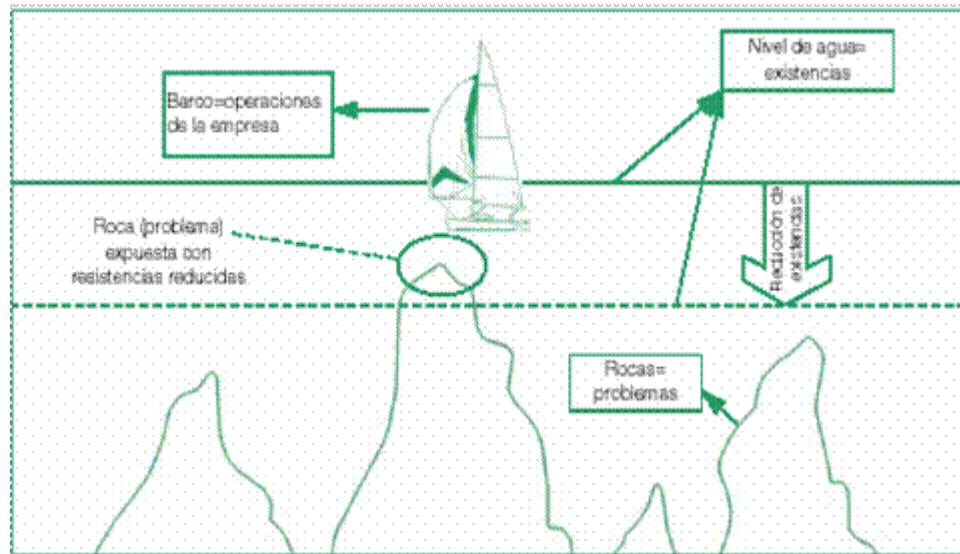


Figura 3: El río de las existencias. Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos16/teorias-jit/teorias-jit.shtml>

### Eliminar despilfarros.

En este contexto significa eliminar todo aquello que no añade valor al producto. Ejemplos de operaciones que añaden valor son los procesos como cortar metal, soldar, insertar componentes electrónicos, etc. Ejemplos de operaciones que no añaden valor son la inspección, el transporte, el almacenaje, la preparación, entre otros. Por ejemplo el enfoque tradicional es tener inspectores estratégicamente situados para examinar las piezas y si es necesario, interceptarlas. Esto conlleva ciertas desventajas, incluyendo el tiempo que se tarda en inspeccionar las piezas y el hecho de que los inspectores muchas veces descubren las fallas cuando ya se ha fabricado un lote entero, con lo cual hay que reprocesar todo el lote o desecharlo, dos soluciones sin lugar a dudas muy caras.

En el enfoque Just-in-Time se orienta a eliminar la necesidad de una fase de inspección independiente, poniendo el énfasis en dos imperativos:

1. Hacer bien las cosas a la primera.
2. Conseguir que el operario asuma la responsabilidad de controlar el proceso y llevar a cabo las medidas correctivas que sean necesarias, proporcionándole unas pautas que debe alcanzar.

Eliminar despilfarros requiere una lucha continua para aumentar gradualmente la eficiencia de la organización y exige la colaboración de una gran parte de las personas de la empresa. Si se quiere eliminar las pérdidas con eficacia, el programa debe implicar una participación total de la mayor parte de los empleados. Ello significa que hay que cambiar el enfoque tradicional de decirle a cada empleado exactamente lo que debe hacer, y pasar a la filosofía JIT en la cual se pone un especial énfasis en la necesidad de respetar a los trabajadores e incluir sus aportes cuando se formulan planes y se hagan funcionar las



instalaciones. Sólo de esta forma podremos utilizar plenamente las experiencias y pericias de los trabajadores.

### Buscar de la simplicidad.

Los enfoques de la gestión productiva de moda durante la década de los setenta y principio de los ochenta se basaban en la premisa de que la complejidad era inevitable. JIT pone énfasis en la búsqueda de la simplicidad, basándose en el principio de que enfoques simples conducirán hacia una gestión más eficaz. El primer tramo del camino hacia la simplicidad cubre dos zonas: Flujo de material y el Control.

#### *Flujo de material*

Consiste en eliminar las rutas complejas y buscar líneas de flujo más directas, si es posible unidireccionales.

La mayoría de las plantas occidentales fabrican en base a lotes, están organizadas en base a una disposición por procesos. Cada proceso implica una considerable cantidad de tiempo de espera que se añade al tiempo que se invierte en el transporte de los artículos de un proceso a otro. Las consecuencias son largos plazos de fabricación, problemas de planificación, retrasos en las entregas, cancelación de pedidos, cambio en las prioridades, los productos se paran y quedan estancados en la fábrica.

#### *El Control*

Just in Time examina la fábrica y parte de la base de que se puede conseguir muy poco colocando un control complejo en una fábrica compleja.

JIT pone énfasis en la necesidad de simplificar la complejidad de la fábrica y adoptar un sistema simple de controles. El enfoque JIT, está basado en el uso de los sistemas de arrastre, asegura que la producción no exceda de las necesidades inmediatas, reduciendo así el producto en curso y los niveles de existencias; al mismo tiempo, disminuye los plazos de fabricación y el tiempo se invierte en eliminar las fuentes de futuros problemas mediante un programa de mantenimiento preventivo. Just-in-Time hace uso del sistema de arrastre Kanban, elimina el conjunto complejo de flujos de datos, ya que es esencialmente, en su forma original, un sistema manual. Esta es la principal diferencia con respecto a los enfoques occidentales de control de materiales. Si disminuye la demanda, el personal y la maquinaria no producen artículos.

Las principales ventajas que se pueden obtener del uso de los sistemas Just-in-Time tipo arrastre son las siguientes:

1. Reducción de la cantidad de productos en curso.
2. Reducción de los niveles de existencias.
3. Reducción de los plazos de fabricación.



4. Reducción gradual de la cantidad de productos en curso.
5. Identificación de las zonas que crean cuellos de botella.
6. Identificación de los problemas de calidad.
7. Gestión más simple.

**Establecer sistemas para identificar problemas.**

El sistema de arrastre Kanban saca los problemas a la luz, en tanto que el control estadístico de procesos (CEP) ayuda a identificar la fuente del problema. Con el JIT, cualquier sistema que identifique los problemas se considera beneficioso y cualquier sistema que los enmascare, perjudicial. Los sistemas diseñados con la aplicación del JIT deben pensarse de manera que accionen algún tipo de aviso cuando surja un problema. Hay que hacer dos cosas:

1. Establecer mecanismos para identificar los problemas.
2. Estar dispuesto a aceptar una reducción de la eficiencia a corto plazo con el fin de obtener una ventaja a largo plazo.

Los objetivos del Just-in-Time suelen resumirse en la denominada "Teoría de los Cinco Ceros", siendo estos:

- Cero Defectos.
- Cero Averías.
- Cero Stock.
- Cero Plazos.
- Cero Papel.

### **2.2.3 SMED (Single Minute Exchange of Die)**

Es esencial para realizar la producción en pequeños lotes y para tratar los cambios de la demanda. Forma parte del corazón del sistema de producción Toyota. Es un método necesario para alcanzar el JIT (Shigeo Shingo.,1985) que como escribe el autor es un fin no un medio.

El SMED contiene tres elementos esenciales:

Es un método de pensamiento básico sobre la producción

Es un sistema realista

Es un método práctico





El SMED nació en 1950 cuando Shigeo Shingo dirigía un estudio de mejora de eficacia para Toyo Kogyo (Mazda). Esta pretendía eliminar los grandes cuellos de botella provocadas por las prensas de moldeado de carrocerías. Después de realizar un análisis in situ, vio que las operaciones de preparación de maquina eran realmente de dos tipos fundamentalmente diferentes:

Preparación interna(IED), solo pueden realizarse con la maquina parada

Preparación externa (OED), pueden realizarse cuando la maquina está en operación.

Shigeo Shingo se dio cuenta que muchas veces en el cambio de matriz de la prensa el operario perdía mucho tiempo en buscar pernos que faltaban en la matriz a montar ocurriendo esto una vez, la prensa estaba parada. Todo lo que se hizo fue establecer un procedimiento de preparación externa: verificar que los pernos necesarios estaban listos para la siguiente preparación. Esto elevó la eficacia de las prensas alrededor del 50% y el cuello de botella desapareció. Así nació el SMED.

En 1969, visitó una planta de Toyota en la que había una prensa de 1000 toneladas que Wolkswagen cambiaba de útiles y operaba en 2 horas, sin embargo ellos lo hacían en 4 horas. En un primer momento distinguió junto al jefe de planta las IED de las OED, intentando mejorar cada una por separado, al igual que había hecho con éxito en otras empresas. Después de 6 meses rebajaron el tiempo a 90 minutos. Poco después el director de la división les encomendó reducirlo a tres minutos. Tras reflexionar brevemente les llegó la inspiración "¿Por qué no convertir preparaciones internas en externas?". Tras meditar en como hacerlo listó ocho técnicas para acortar los tiempos de preparación de prensas. Usando esto fueron capaces de alcanzar el objetivo de 3 minutos. En ese momento bautizó ese concepto como "Cambio de útiles en menos de 10 minutos" o SMED.

El SMED fue adoptado por todas las fábricas de Toyota y continuó evolucionando como uno de los elementos principales del Sistema de Producción Toyota. El desarrollo del concepto SMED le llevó diecinueve años en total. Su fundamento es:

1. Separación de preparación interna y externa
2. Convertir preparación interna en externa
3. Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación.

En síntesis la relación del SMED con el Sistema de Producción Toyota es:

La eliminación de los despilfarros de la sobreproducción (sistema Ford) no pueden alcanzarse sin el SMED.

La reducción de los plazos de ejecución requiere pequeños lotes de producción.

Se debe llegar a dominar el SMED si deseamos tener capacidad para responder a los cambios en la demanda de los consumidores.

Por lo que se puede decir que la piedra angular del Sistema de Producción Toyota es el SMED y es la técnica base para articular esta nueva filosofía de producción.



Otros efectos del SMED son:

Ofrece un método para alcanzar una producción en pequeñas series y alta diversidad con mínimos niveles de stock, con el consiguiente uso de la planta más eficiente.

Aumento de productividad conforme se eliminan operaciones de manejo de stock.

Eliminación de stock erróneos debido a errores en la estimación de la demanda,

Reducción de deterioros de las mercancías,

Aumento de habilidad de producción mezclada de varios tipos de artículos reduciendo el stock adicional.

Incremento de las tasas de trabajo de máquinas y de su capacidad productiva,

Eliminación de errores de preparación de máquinas, mejora de la calidad,

Incremento de la seguridad industrial.

Reducción del tiempo de preparación.

Reducción de costos.

Mejora de la actitud de los operarios.

Menor nivel de entrenamiento.

Reducción de plazos de fabricación.

Eliminación de esperas de proceso.

Incrementar la flexibilidad de la producción.

Eliminación de ideas preconcebidas.

Nuevas actitudes, una revolución en el pensamiento que hace posible lo imposible

Acortar los plazos de fabricación hasta el mínimo y responder inmediatamente a los cambios de la demanda.

#### **2.2.4 Jidoka**

---

La palabra jidoka se refiere a "la automatización con un toque humano", en contraposición a una máquina automática que sólo se mueve bajo la vigilancia y supervisión de un operador. Este concepto tiene sus orígenes en el telar automático inventado en 1896 por Sakichi Toyoda fundador de Toyota.

Jidoka permite que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad. Así, por ejemplo, si existe una anomalía durante el proceso, este se detendrá ya sea automática o manualmente, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso. Todo lo



contrario a los sistemas tradicionales de calidad, en los cuales las piezas son inspeccionadas al final de su proceso productivo. Jidoka mejora la calidad en el proceso ya que solo se producirán piezas con cero defectos.

Jidoka no funciona con sólo con el simple hecho de detectar una anomalía y parar la línea, es algo más, es corregir la condición anormal e investigar la causa raíz para eliminarla para siempre. Una buena ejecución de Jidoka consta de cuatro pasos:

1. Detectar la anormalidad.
2. Detener la línea de producción.
3. Fijar o corregir la condición anormal.
4. Investigar la causa raíz e implementar las medidas correctivas.

Los dos primeros pasos pueden ser automatizados, los pasos tres y cuatro son de total dominio de personas, ya que requieren de un diagnóstico, de un análisis y de una resolución de problemas.

Dos de los elementos esenciales para Jidoka funcione son sistemas Andon y Poka-yoke

### **2.2.5 Andon**

---

Es el término japonés que significa "ayuda". Es un tablero de luces o señales luminosas que indican las condiciones de trabajo de un área entera de producción, el color indica el tipo de problema o la condición de trabajo.

El tablero de alarmas será activado vía tirón de una cuerda o al apretar un botón por el operador para una línea productiva, también se puede activar automáticamente.

Si un problema ocurre, el tablero de Andon se iluminará para señalar al supervisor que la estación de trabajo está en problema. A veces se incorpora una melodía junto con la tabla de Andon para proporcionar un signo audible para ayudar al supervisor a comprender hay un problema en su área.

Las variantes para los sistemas Andon son ilimitadas y el diseño depende del tipo de proceso y cantidad de líneas o maquinas que se deseen monitorear.

Los Sistemas Andon simples con luz de un solo color:

Las luces apagadas indican que el proceso esta trabajando normalmente, las luces encendidas indican al supervisor la estación de trabajo donde existe una anormalidad, pero no indica que tipo de problema. El supervisor tendrá que coordinar una acción junto con el departamento involucrado una vez que se entera de viva voz del operador del detalle de la anormalidad. Una vez solucionado se apaga la luz.

Los Sistemas Andon Matriz con luz de un solo color:

Este tipo de tablero alerta al supervisor e indica el lugar y el tipo de anomalía que se está produciendo. Por ejemplo puede ser problemas de materia prima, mantenimiento, calidad etc. una vez solucionado el problema se vuelve a apagar la luz.

Los Sistemas Andon Multicolor:

Indican al supervisor del área el lugar y el tipo de anomalía, pero como está señalado con colores específicos para los departamentos de apoyo como mantenimiento, calidad, suministros permite que ellos se enteren inmediatamente del problema.

El significado de cada luz de color cada empresa lo maneja a su gusto por ejemplo, figura 4:





Luces apagadas		Trabajando normalmente
Amarillo		Llamado a Materiales
Rojo		Llamado a Mantenimiento
Blanco		Llamado a Operaciones
Azul		Llamado a Calidad

Figura 4: Ejemplos de luces utilizadas en tableros Andon

Ventajas de los sistemas Andon:

Permite acciones correctivas oportunas alertando al personal cuando ocurren las condiciones anormales.

Ayuda los supervisores a pasar menos tiempo y esfuerzo supervisando la situación, y más tiempo que solucionando anomalías.

Elimina la corrección tardía basándose en reportes, los operadores pueden divulgar averías inmediatamente y las medidas correctivas se pueden realizar en la fuente con evidencias aun frescas.

Son simples y fáciles entender

## 2.2.6 Poka Yoke

Este concepto fue desarrollado por Shigeo Shingo en los años 60 quien lo desarrolló ampliamente en la empresa Toyota. El término Poka Yoke significa "a prueba de errores" y viene de las palabras japonesas "poka" (error inadvertido) y "yoke" (prevenir).

La finalidad de los dispositivos Poka Yoke son detectar fallas antes de que sucedan.



Originalmente el sistema se concibió para corregir los errores de piezas mal fabricadas las cuales seguían en el proceso productivo con el consiguiente aumento de costos por reproceso, actualmente, también se garantiza la seguridad de los trabajadores de cualquier máquina o proceso en el cual se encuentren relacionados, de esta manera, se evitan accidentes.

Afirmaba Shingo que la causa de los errores estaba en los trabajadores y los defectos en las piezas fabricadas se producían por no corregir aquéllos, si los errores no se permite que se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el reproceso poco. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos al mismo tiempo.

Los sistemas Poka-yoke son herramientas simples que permiten llevar a cabo el 100% de inspección, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren.

Un sistema Poka-Yoke posee dos funciones:

1. La primera es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas.
2. La segunda es detectar anomalías, dar retroalimentación y acción correctiva.

El primer paso para lograr cero defectos es distinguir entre errores y defectos.

Defectos, son resultados

Errores son las causas de los resultados

Objetivos a lograr con poka-yoke:

1. Evitar de algún modo el error humano;

Los seres humanos siempre estamos propensos a cometer errores, tener incidentes o accidentes y algunas causas son:

Olvidos,

Desconocimiento o inexperiencia;

Identificación mala de una situación por apuro o por estar alejada de la misma,

Voluntarios cuando decidimos ignorar las reglas,

Lentitud de acciones con respecto una situación,

Falta de estándar, pautas o procedimientos,

Cuando la situación es diferente a la que se da normalmente,

Intencionales Son los sabotajes.



2. Resaltar el defecto tal manera que sea obvio.

Algunos defectos que se pueden detectar son:

Montaje de piezas defectuoso.

Piezas omitidas.

Piezas equivocadas.

Proceso equivocado (Proceso para otro ítem)

Operación defectuosa.

Ajuste defectuoso.

Montaje del equipo defectuoso.

Herramientas y / o útiles mal preparados

Clasificación de los métodos Poka-yoke

1. Métodos de contacto. Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.

2. Método de valor fijo. Con este método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.

3. Método del paso-movimiento. Estos son métodos en el cual las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este método es extremadamente efectivo y tiene un amplio rango de aplicación. La posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se este planeando la implementación de un dispositivo Poka-Yoke.

Ejemplos de poka-yoke aplicados serían:

Formularios de colores determinados para su más fácil identificación y archivo, evitando el archivar en un lugar incorrecto y de hacerlo poder identificar rápidamente el error.

La utilización de lector de código de barras para evitar el error de carga de datos precios o códigos.

Los interruptores de los circuitos eléctricos que previenen incendios al cortar la corriente eléctrica cuando existe una sobrecarga.

Los lavamanos cuentan con un orificio cerca del borde superior que previene el derramamiento del agua fuera del lavamanos.



## **2.2.7 TPM (Total Productive Maintenance)**

---

El concepto de TPM (Mantenimiento total productivo) nace en la empresa Toyota bajo el alero del Sistema de Producción Toyota. Esta nueva forma de abordar el mantenimiento fue desarrollado a fines de los años sesenta por el ingeniero Seiichi Nakajima con la guía de Shigeo Shingo y con la premisa de Total Quality Management (TQM), ideó una forma de lograr Cero paradas y Cero defectos en el sistema productivo.

TPM es un sistema innovador de producción que consiste en que el personal día a día realice actividades de mantenimiento básico a la maquinaria, equipos e instalaciones, esto permite el mejoramiento continuo a través del conocimiento profundo de la maquinaria y proceso por parte del operario.

### Conceptos y definiciones

El objetivo del mantenimiento de máquinas y equipos lo podemos definir como conseguir un determinado nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo costo y con el máximo de seguridad para el personal que las utiliza y mantiene.

Por disponibilidad se entiende la proporción de tiempo en que la maquina está dispuesta para la producción respecto al tiempo total. Esta disponibilidad depende de dos factores críticos:

1. La fiabilidad, es un índice de la calidad de las instalaciones y de su estado de conservación, y se mide por el tiempo medio entre averías. Tiempo entre fallas.
2. La mantenibilidad es representado por el tiempo que se demora en reparar la falla.

En consecuencia, un adecuado nivel de disponibilidad se alcanzará con unos óptimos niveles de fiabilidad y de mantenibilidad, es decir, que ocurran pocas averías y que éstas se reparen rápidamente.

### Evolución del TPM

Para llegar al Mantenimiento Productivo Total hubo que pasar por tres fases previas:

1. El Mantenimiento de Reparaciones (o Reactivo), el cual se basa exclusivamente en la reparación de averías. Solamente se procedía a labores de mantenimiento ante la detección de una falla o avería y una vez ejecutada la reparación no se buscaban las causas.
2. El Mantenimiento Preventivo, Con ésta metodología de trabajo se busca por sobre todas las cosas la mayor rentabilidad económica en base a la máxima producción, estableciéndose para ello funciones de mantenimiento orientadas a detectar y/o prevenir posibles fallos antes que tuvieran lugar.
3. El Mantenimiento Productivo, constituye la tercera fase de desarrollo antes de llegar al TPM. El Mantenimiento Productivo incluye los principios del Mantenimiento



Preventivo, pero le agrega un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo, más labores e índices destinados a mejorar la fiabilidad y mantenibilidad.

TPM desarrolla e incorpora una serie de conceptos nuevos a los métodos existentes, entre los cuales cabe destacar el Mantenimiento Autónomo, el cual es ejecutado por los propios operarios de producción, la participación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta. También agrega a conceptos antes desarrollados como el Mantenimiento Preventivo, nuevas herramientas tales como las Mejoras de Mantenibilidad, la Prevención de Mantenimiento y el Mantenimiento Correctivo.

El TPM adopta como filosofía el principio de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de equipos. El Mantenimiento Productivo Total ha recogido también los conceptos relacionados con el Mantenimiento Basado en el Tiempo (MBT) y el Mantenimiento Basado en las Condiciones (MBC).

El MBT trata de planificar las actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica, sustituyendo en el momento adecuado las partes que se prevean de dichos equipos, para garantizar su buen funcionamiento.

El MBC trata de planificar el control a ejercer sobre el equipo y sus partes, a fin de asegurarse de que reúnan las condiciones necesarias para una correcta operación y puedan prevenirse posibles averías o anomalías de cualquier tipo.

El TPM constituye un nuevo concepto en materia de mantenimiento, basado este en los siguientes cinco principios fundamentales:

1 Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluir a todos y cada uno de ellos permite garantizar el éxito del objetivo.

2. Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias. De tal forma se trata de llegar a la Eficacia Global (OEE).

3. Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos.

4. Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.

5. Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

La aplicación del TPM garantiza a las empresas resultados en cuanto a la mejora de la productividad de los equipos, mejoras corporativas, mayor capacitación del personal y transformación del puesto de trabajo.

Entre los objetivos principales y fundamentales del TPM se tienen:

Reducción de averías en los equipos.





Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.

Utilización eficaz de los equipos existentes.

Control de la precisión de las herramientas y equipos.

Promoción y conservación de los recursos naturales y economía de energéticos.

Formación y entrenamiento del personal.

Para que TPM pueda funcionar se deben exponer los defectos ocultos y restaurar las condiciones óptimas del equipo antes de su deterioro.

Las siguientes cinco medidas ayudan a eliminar los desperfectos:

1. Regularice las condiciones básicas de: Limpieza, lubricación y reapriete.

2. Seguir los procedimientos de operación.

3. Elimine el desperfecto.

4. Mejore las debilidades del diseño.

5. Mejore las habilidades y destrezas de los operadores y operarios de mantenimiento.

### **2.2.8 Kaizen**

---

Kaizen significa mejoramiento continuo. El concepto fue desarrollado por el Dr. Masaaki Imai quien determino que kaisen es como una sombrilla que cubre todos los aspectos para la mejora de los procesos productivos y el control de calidad.

Kaizen se define a partir de dos palabras japonesas "Kai" que significa cambio y "Zen" que quiere decir para mejorar, así, podemos decir que "Kaizen" es "cambio para mejorar" o "mejoramiento continuo", como comúnmente se le conoce.

Kaizen es más que una metodología para mejorar procesos, es una cultura, de mejorar día a día la cual debe ser liderada por la alta dirección de la empresa.

Los dos pilares que sustentan Kaizen son los equipos de trabajo y la Ingeniería Industrial, que se emplean para mejorar los procesos productivos. Kaizen se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos. Su práctica requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras, logística y demás empleados que el equipo considere necesario. No es exclusividad de expertos, master ni doctorados en calidad o sistemas de producción. Se practica en el Gemba (en el punto de trabajo) con la gente de la planta coordinada por un facilitador.

El objetivo de Kaizen es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de



calidad y de los métodos de trabajo por operación, además, se enfoca a la eliminación de las tres "M" Mudas (desperdicios), Muri (tensión), Mura (Discrepancia).

Entre los instrumentos utilizados en Kaizen se encuentran:

1. El Círculo de Deming
  - a) Planificar
  - b) Hacer
  - c) Implementar
  - d) Chequear
2. Las cinco "S"
3. Las siete herramientas estadísticas para la solución de problemas,
  - a) Diagrama de Pareto
  - b) Diagrama de Causa y Efecto
  - c) Histogramas
  - d) Cartas de Control
  - e) Diagramas de Dispersión
  - f) Graficas de Control
  - g) Hojas de Comprobación
4. Las nuevas siete herramientas.
  - a) Diagrama de Relaciones
  - b) Diagrama de Afinidad
  - c) Diagrama de Árbol
  - d) Diagrama Matricial
  - e) Diagrama Matricial para análisis de datos
  - f) Carta de Programa de Decisión de Procesos
  - g) Diagrama de Flechas
5. El trabajo en equipo.



La aplicación correcta y constante de estas técnicas garantiza el incremento de un 5% mínimo mensual de productividad en cualquier área seis semanas después de su implementación.

Kaizen, al contrario de otras "filosofías empresariales", no se trata de realizar grandes cambios en las líneas productivas, se enfoca en realizar mejoras pequeñas, pero continuadas en todas las actividades, paso a paso y no a grandes zancadas.

#### Implementación de Kaizen

La aplicación del Kaizen consiste básicamente de cuatro pasos que conforman un proceso estructurado:

1. Planeamiento objetivos estratégico.
2. Diagnostico de la causa raíz: identificación y diagnóstico de problemas.
3. Solución de la causa raíz.
4. Mantenimiento de resultados.

Una vez que se ha logrado cumplir con estos cuatro pasos y se ha conseguido mejorar en cuanto a la satisfacción del cliente, se debe proceder a buscar nuevos objetivos que permitan reiniciar el proceso, realizando esto de manera fluida y continua en cada Gemba.

Cada vez que se logra finalizar el proceso, es decir cuando se llega al paso de mantenimiento de resultados, resulta oportuno que se recompense al equipo involucrado en la mejora, dicha recompensa debe ser proporcional al logro alcanzado.

La búsqueda constante de nuevos objetivos en los equipos de trabajo, por lo general trae consecuencias benéficas en términos de innovación y lógicamente en calidad.

Para que Kaizen de resultados positivos, hay que dar participación a los empleados, es decir, hay que mirar la empresa al revés, colocando a las personas de base en los primeros lugares ya que son ellos quienes conocen qué y cómo se puede mejorar, esto implica que la dirección y los empleados deben apostar por un cambio de mentalidad, en el cual los primeros aprenderán a soltar las riendas y los segundos a afrontar mayores responsabilidades.

#### Palabras recientes del autor de Kaisen Masaaki Imai

Masaaki Imai durante la conferencia "Kaizen Management Philosophy" impartida el 9 de Mayo de 2005, habló acerca de esta estrategia de administración de negocios que él creó y dijo:

"En esta época de cambios globales, constantemente están apareciendo en escena nuevos competidores para las empresas, por lo tanto, ya no basta con ser el mejor en el país para tener éxito en la escena global, hay que ser los mejores del ramo, porque si no, va a ser muy difícil sobrevivir".



"Kaizen es una estrategia de cambio, de mejora continua y es por ello que ahora se necesita más que nunca para tener éxito en nuestras empresas, es una mejora diaria, ese es el verdadero reto de Kaizen, que debemos estar cambiando diariamente".

"La empresa más exitosa en el mundo contemporáneo es Toyota. Por definición, la mejor compañía es la que es mejor en su propio ramo. Toyota es por mucho la mejor en la industria automotriz"

"Kaizen es sinónimo de entrega justo a tiempo, que es el resultado de que todo el mundo participe en el esfuerzo de mejorar día tras día"

"Los clientes quieren mejorar calidad al mejor costo posible y que se les entregue a tiempo, esos son los tres requerimientos más importantes, por consiguiente si estamos tratando de hacer mejoras, debemos incorporarlos a través de nuestra gente, de nuestros recursos humanos. Hay que mejorar nuestra cultura organizacional y también se requiere una gran calidad de liderazgo por parte de la alta gerencia"

4 Zaragoza Naveri. (2005) www.iteso.mx

### **2.2.9 O.E.E. (Overall Equipment Effectiveness)**

El OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos) es un indicador porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial.

El concepto fue desarrollado en Toyota por el ingeniero Seiichi Nakajima, hoy en día, se ha convertido en un estándar internacional reconocido por las principales industrias alrededor del mundo.

Las máquinas son diseñadas desde la base de una cierta capacidad de producción. En la práctica, y por diferentes motivos, la producción siempre se queda muy por detrás de la capacidad que fue instalada.

La ventaja del OEE frente a otros ratios es que mide, en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

#### **Disponibilidad**

La Disponibilidad resulta de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo (Tiempo de Operación: TO) por el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo. El tiempo que la máquina podría haber estado produciendo (Tiempo Planificado de Producción: TPO) es el tiempo total menos los periodos en los que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos programados, etc., lo que se denominan Paradas Planificadas

$$\text{Disponibilidad} = (\text{TO} / \text{TPO}) \times 100$$

donde:



TPO = Tiempo Total de trabajo - Tiempo de Paradas Planificadas

TO = TPO - Paradas y/o Averías

Rendimiento

El Rendimiento resulta de dividir la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido. La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal de la máquina.

Capacidad Nominal. Es la capacidad de la máquina o equipo declarada en la especificación técnica. Se denomina también Velocidad Máxima u Óptima equivalente a Rendimiento Ideal (Máximo u Óptimo) del equipo o máquina. Se mide en Número de Unidades / Hora. En vez de utilizar la Capacidad Nominal se puede utilizar el Tiempo Ideal Ciclo.

Tiempo de Ciclo Ideal. Es el mínimo tiempo de ciclo en el que el proceso se espera que pueda trabajar en circunstancias óptimas.

Tiempo de Ciclo Ideal = 1 / Capacidad Nominal

La Capacidad Nominal o tiempo de Ciclo Ideal, es lo que primero debe ser establecido. En general, está proporcionada por el fabricante, aunque suele ser una aproximación, ya que puede variar considerablemente según la circunstancias de operación de la máquina o equipo. Es mejor realizar experimentos para determinar el verdadero valor. La capacidad nominal deberá ser determinada para cada producto (incluyendo formato y presentación). Se pueden presentar dos casos:

a) Existen datos: Será el valor máximo especificado por el fabricante para la máquina o equipo.

b) No existen datos: Se elige como valor el correspondiente a las mejores 4 horas de un total de 400 horas de funcionamiento.

El valor será siempre el referido al producto final que sale de la línea.

El rendimiento, tiene en cuenta todas las pérdidas de velocidad se mide en Se mide en tanto por uno o tanto por ciento.

Rendimiento = Tiempo de Ciclo Ideal / (Tiempo de Operación/ Nº Total Unidades) ó

Rendimiento = Nº Total Unidades / (Tiempo de Operación x Velocidad Máxima)

Calidad

Disminuye la pérdida de velocidad. El tiempo empleado para fabricar productos defectuosos deberá ser estimado y sumado al tiempo de Paradas, ya que durante ese tiempo no se han fabricado productos conformes. Por lo tanto, la pérdida de calidad implica dos tipos de pérdidas:



Pérdidas de Calidad, es igual al número de unidades malas fabricadas.

Pérdidas de Tiempo Productivo, igual al tiempo empleado en fabricar las unidades defectuosas.

En función de que las unidades sean o no válidas para ser reprocesadas, incluyen:

Tiempo de reprocesado.

Costo de tirar, reciclar, etc. las unidades malas.

Tiene en cuenta todas las pérdidas de calidad del producto. Se mide en tanto por uno o tanto por ciento de unidades no conformes con respecto al número total de unidades fabricadas. Nº de unidades Conformes

$$\text{Calidad} = Q = \text{Nº de unidades Conformes} / \text{Nº unidades Totales}$$

Las unidades producidas pueden ser conformes, buenas, o no conformes, malas o rechazos. A veces, las unidades no conformes pueden ser reprocesadas y pasar a ser unidades conformes. La OEE sólo considera buenas las que se salen conformes la primera vez, no las reprocesadas. Por tanto las unidades que posteriormente serán reprocesadas deben considerarse rechazos, es decir, malas.

Por lo tanto, la Calidad resulta de dividir las piezas buenas producidas por el total de piezas producidas incluyendo piezas trabajadas nuevamente o desechadas.

El OEE indica cómo de efectivamente las máquinas están siendo utilizadas comparado con la Máquina Ideal (OEE = 100%).

El OEE resulta de multiplicar la Disponibilidad, la Eficiencia y la Calidad. El resultado esta expresado en Porcentaje, figura 5.

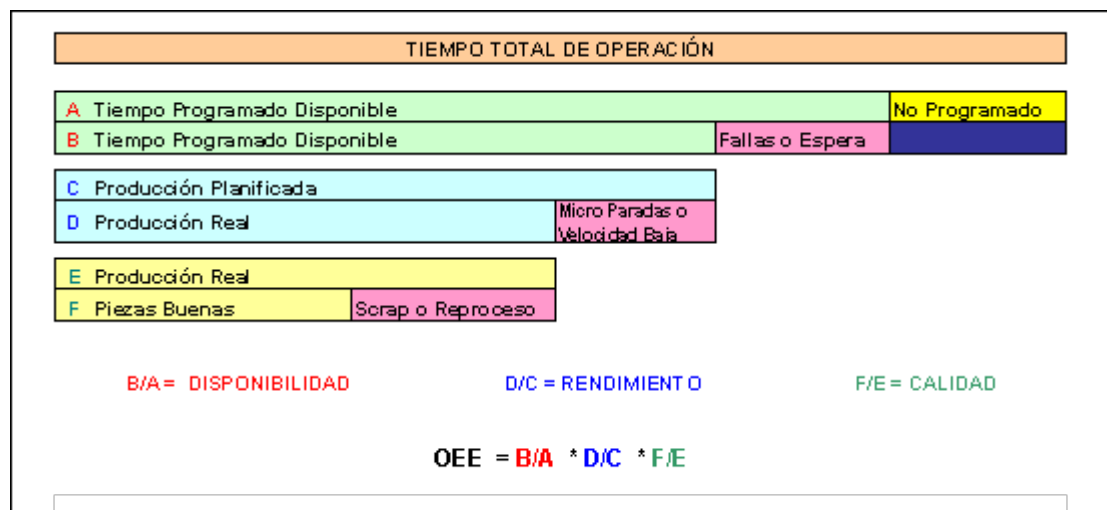


Figura 5: Tiempo total de operación

### Clasificación del OEE



1. OEE < 65 % Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas baja competitividad.
2. 65 % < OEE < 75 % Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
3. 75% < OEE < 85% Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
4. 85% < OEE < 95% Buena. Entra en valores de World Class. Buena competitividad.
5. OEE = 95 % Excelencia. Valores World Class. Excelente competitividad.

El OEE es el mejor método disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costos de operación. El OEE informa sobre las pérdidas, cuellos de botella del proceso, enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Además, las previsiones anuales de mejora del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc. de la planificación anual.

### 2.2.10 5's

Las 5S han tenido una amplia difusión y son numerosas las organizaciones de diversa índole que lo utilizan, tales como: empresas industriales, empresas de servicios, hospitales, centros educativos o asociaciones.

Se inició en Toyota en los años 1960 con el objetivo de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente para lograr una mayor productividad y un mejor entorno laboral.

Aunque las 5S son de origen Japonés, los fonemas inician cada una de las palabras suenen como un S, de hay el nombre de las 5S.

A continuación se resumen los objetivos de las 5S para luego explicar en la siguiente tabla, figura 6.

Denominación		Concepto	Objetivo particular
En Español	En Japonés		
Clasificación	整理, <i>Seiri</i>	Separar innecesarios	Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil
Orden	整頓, <i>Seiton</i>	Situar necesarios	Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz
Limpieza	清掃, <i>Seisō</i>	Suprimir suciedad	Mejorar el nivel de limpieza de los lugares
Estandarización	清潔, <i>Seiketsu</i>	Señalizar anomalías	Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden
Mantener la disciplina	躰, <i>Shitsuke</i>	Seguir mejorando	Fomentar los esfuerzos en este sentido

Figura 6: 5'S

- **Implementación de 5S**

De las herramientas Lean más comunes son las 5S, es una de las más fáciles de entender pero también es una de las más difíciles de aplicar, para la aplicación se debe tener un tablero de gestión visual que permita el seguimiento de la evolución de la metodología.

- **1S 整理, Seiri ( Clasificar)**

Significa retirar del lugar de trabajo todos los elementos que no son útiles para las operaciones de producción de un producto o la prestación de un servicio.

Generalmente las personas se rodean de objetos innecesarios (Herramienta, maquinas, equipos, partes, documentos etc.) que creen que serán útiles algún día, de esta manera los objetos tienden a acumularse y estorbar en las actividades que agregan valor esto multiplicado por cada estación de trabajo genera una masiva acumulación de desperdicios (muda) que agregan costos al proceso productivo, figura 7:

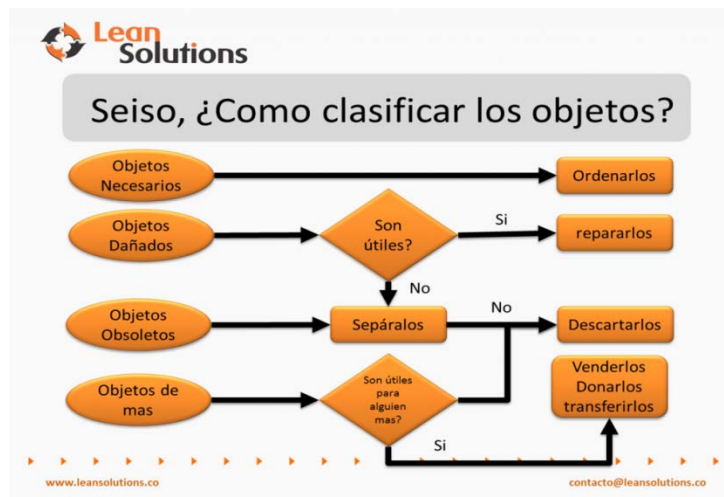


Figura 7: Seiso (clasificar). Fuente: Lean Solutions

- **2S 整頓, Seiton (ordenar)**

una vez retirado de los puestos de trabajo los elementos inútiles se deben ordenar los útiles, es darles un lugar determinado a cada cosa, ubicar los elementos en el lugar asignado e identificado, esto con el fin de que las herramientas, equipos o elementos necesarios puedan ser encontrados fácilmente por quien los necesite. Esto ahorra tiempos de búsqueda, movimientos innecesarios, evita problemas de calidad y condiciones inseguras, el orden puede practicarse en paralelo con la primera S (Clasificar).

Orden preventivo y control visual

Significa retirar del lugar de trabajo todos los elementos que no son útiles para las operaciones de producción de un producto o la prestación de un servicio.



Generalmente las personas se rodean de objetos innecesarios (Herramienta, maquinas, equipos, partes, documentos etc.) que creen que serán útiles algún día, de esta manera los objetos tienden a acumularse y estorbar en las actividades que agregan valor esto multiplicado por cada estación de trabajo genera una masiva acumulación de desperdicios (muda) que agregan costos al proceso productivo.



Figura 8: Seiton (ordenar)

Una buena manera de saber si se tiene un buen nivel en la segunda S es revisar si el sistema es preventivo, esto significa que el mismo sistema indica si algo faltó o esta fuera de lugar con una simple inspección visual, figuras 9 y 10.

**Lean Solutions**

### Economía de movimientos

El orden también significa ordenar de forma tal que se hagan la menor cantidad de movimientos en el puesto de trabajo.

- 1) Use fuerza de gravedad en ves de muscular.
- 2) Mantener materiales en frente y las herramientas
- 3) organizar los materiales y las herramientas en orden de uso

www.leansolutions.co      contacto@leansolutions.co

Figura 9: Economía de movimientos. Fuente: Lean solutions.

**Lean Solutions**

### 5S Economía de movimientos

Orden según la frecuencia de uso

- < Hora → Junto a la persona
- Varias veces al día → cerca a la persona
- Varias veces por semana → colocar en el área.
- Algunas veces al mes → colocar en otra área.
- Algunas veces al año → colocar en la bodega

www.leansolutions.co      contacto@leansolutions.co

Figura 10: Economía de movimientos 2. Fuente: Lean Solutions.



○ **3S 清掃, Seisō (Limpiar)**

Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que los puestos de trabajo se encuentren siempre en perfecto estado de modo que cuando alguien necesite utilizar algo este listo para su uso.

Cuando limpiamos un área es inevitable hacer alguna inspección esto puede evitar grandes problemas en los equipos

- Tipos de problemas:
- Los entornos de trabajo sucios afectan la autoestima.
- Los residuos de procesos pueden generar daños o productos defectuosos.
- Las maquinas no reciben suficientes chequeos.
- La presencia de líquidos en el piso pueden generar accidentes.

**Limpieza preventiva**

La limpieza preventiva se alcanza cuando se eliminan las fuentes de suciedad y el puesto de trabajo evita que se ensucie de nuevo.

○ **4S 清潔, Seiketsu (estandarización)**

Difiere de las 3 primeras ya que son actividades la cuarta S es un estado que existe cuando se mantienen las 3 primeras (Clasificación, orden y limpieza).

El propósito básico de la estandarización es evitar el retroceso en las 3 primeras Ss hacer de su ejecución un hábito diario.

○ **5S 躰, Shitsuke (Disciplina)**

Es diferente a las 4 primeras Ss en el sentido de que no es visible y no puede medirse.

Existe en las mentes y voluntades de los empleados y solo su conducta muestra su presencia, como consecuencia no se puede implantar como una técnica.

Productos para la implementación de 5S:

- Tableros de gestión visual
- Tableros de herramientas
- Ganchos porta herramientas
- Rack de flujo por gravedad
- Puestos de trabajo Lean
- Autoadhesiva para marcar medidores análogos
- Película autoadhesiva para cuadro de sombras

Servicios:

Reconocidos por la alta calidad de los entrenamientos enfocados a aplicaciones reales en la industria, Lean Solutions ha creado la opción de tomar los entrenamientos en línea, por tele-presencia y pueda asistir desde cualquier país y desde la comodidad de su oficina u hogar.

### **2.2.11 VSM (Value Stream Mapping)**

---

- ¿Que es VSM?

VSM es una técnica gráfica que permite visualizar todo un proceso, permite detallar y entender completamente el flujo tanto de información como de materiales necesarios para que un producto o servicio llegue al cliente, con esta técnica se identifican las actividades que no agregan valor al proceso para posteriormente iniciar las actividades necesarias para eliminarlas, VSM es una de las técnicas más utilizadas para establecer planes de mejora siendo muy precisa debido a que enfoca las mejoras en el punto del proceso del cual se obtienen los mejores resultados.

#### ¿Cómo se implementa un VSM?

Para realizar un VSM se deben realizar una serie de pasos de forma sistemática que se describen continuación, figura 11:



Figura 11: Implementación VSM. Fuente: Lean Solutions.



- **Identificar la familia de productos a dibujar**

Para identificar una familia de productos se puede utilizar una matriz producto-proceso, teniendo en cuenta que “Una familia de productos son aquellos que comparten tiempos y equipos, cuando pasan a través de los procesos”.

- **Dibujar el estado actual del proceso identificando los inventarios entre operaciones, flujo de material e información.**

En esta etapa se debe hacer el levantamiento del VSM actual, el cual muestra el flujo de información y el flujo de producto.

- **Analizar la visión sobre cómo debe ser el estado futuro.**

Este paso es el más complicado de todos ya que requiere de experiencia para poder diseñar el estado futuro en muchas herramientas Lean como Kanban, SMED, Kaizen.

En esta etapa se debe establecer como funcionara el proceso en un plazo corto, se debe analizar y responder las preguntas ¿qué procesos se integran?, ¿cuántos operarios requiere la línea?, ¿cuántos equipos?, ¿qué espacio? y ¿cuánto el stock en proceso?

El *Takt Time (TT)*, se calcula dividiendo el tiempo de apertura menos los tiempos bajos por día entre la cantidad de piezas a producir por día.

El *Lead Time (LT)* es la suma de todos los tiempos muertos que aparecen en rojo en el ejemplo.

El *Contenido de trabajo (WC)*, es el tiempo en el cual se le imprime valor al producto, es la suma de los tiempos en verde del ejemplo.

La cantidad de operarios requeridos se calcula dividiendo el contenido de trabajo (WC) entre el Tack time (TT).

- **Dibujar el VSM futuro**

VSM Objetivo o futuro

El propósito del Value-stream Map (VSM) es resaltar las fuentes de desperdicios, por eso la implementación de un esta futuro debe hacerse en un periodo corto de tiempo, la meta es construir procesos que estén vinculados con los clientes, trabajando al Tack time, en flujo continuo y tirados por el cliente (Pull).

En el VSM se debe identificar:

Identificar el proceso cuello de botella

Identificar el donde se desperdician productos

Identificar el donde se desperdician recursos (tanto hombres como maquinas)

Definir inventarios Max y min., identificar la causa de estas existencias

Identificar las soluciones adecuadas para eliminarlos.

Identificar cual flujo empujado debería ser jalado y en consecuencia y a cuales les falta el respeto por el FIFO.

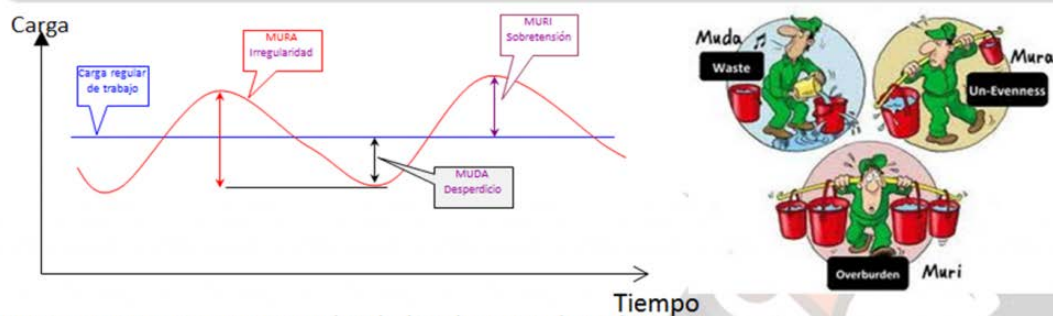
- **Plasmar plan de acción e implementar las acciones**

Para llegar al estado futuro, se deben hacer cambios los cuales deben estar plasmados en un plan de acción, hacerle seguimiento hasta alcanzar el estado futuro, una vez alcanzado este estado, se inicia el proceso nuevamente para alcanzar la excelencia operacional que tantas empresas persiguen a diario.

### 2.2.12 Desperdicios, Las 3 Mu (Mura, Muda, Muri)



#### MUDA, MURA, MURI. → las 3 MU



**Mura:** consiste en una irregularidad en la carga de trabajo

**Muri:** Consiste en trabajar a un ritmo por encima de la capacidad nominal de la línea de producción, provoca ineficiencias por cansancio del personal, deterioros acelerados de maquinas o equipos, generalmente aumentan los defectos de calidad.

**Muda:** Es utilizar recursos superiores a los mínimos requeridos (Tiempo, Materiales, Mano de obra, etc..)

www.leansolutions.co

info@leansolutions.co

Figura 12: Las 3 MU. Fuente: Lean Solutions.

**Mura:** Consiste en una irregularidad en la carga de trabajo.

**Muri:** Consiste en trabajar a un ritmo por encima de la capacidad nominal de la línea de producción, provoca ineficiencias por cansancio del personal, deterioros acelerados de maquinas o equipos, generalmente aumentan los defectos de calidad.

**Muda:** Es utilizar recursos superiores a los mínimos requeridos (Tiempo, Materiales, Mano de obra, etc..).

#### Desperdicio y valor agregado

##### **Desperdicio:**

- Todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales maquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto.



### Valor agregado:

- Trabajo de valor añadido, es sólo aquel trabajo que el cliente está dispuesto a pagar.
- El valor es definido por los requisitos específicos del cliente con respecto al producto o servicio.

### Muda 無駄, = (Desperdicio)

Actualmente se han clasificado 9 tipos de desperdicio o mudas de las cuales los primeros 7 fueron identificados por Taichi Ohno , creador del Toyota Production System, figura 13.

1. **Sobreproducción:** Es considerado el peor de las mudas ya que genera los demás, consiste en producir antes de que el cliente lo requiera.
2. **Esperas:** Los operarios esperan que las maquinas terminen el ciclo, esperas por material, información, etc.
3. **Movimientos innecesarios:** Movimientos que se pueden evitar como búsqueda de herramientas o materiales.
4. **Transporte:** Cuando se transporta el material a algún sitio para un almacenamiento temporal.
5. **Sobreprocesamiento:** Procesos mas allá del estándar requerido por el cliente calidad no que el cliente no requiere.
6. **No calidad:** Corresponde a los recursos utilizados (Materiles, tiempo, etc..) para cubrir una falla de calidad.
7. **Inventario:** Aumentan los costos por área, se puede volver obsoletos, demanda administración y cuidado que es costoso.
8. **Utilización de las personas:** No aprovechar la inventiva del personal para mejorar.
9. **Desperdicios al medio ambiente,** son emisiones o energia desperdiciada que puede ser util en otro proceso.





Figura 13: Flujo de valor. Fuente: Lean Solutions.

### 2.2.13 8D (8 Disciplinas)

8D es una metodología Sistemática para identificar, corregir y eliminar problemas. 8D significa 8 Disciplinas (8 pasos + Disciplina =8D), que Permite desarrollar ventajas competitivas al solucionar rápida y efectivamente los problemas, mantener a los clientes por el buen servicio y la calidad en los productos que se proveen, disminuir la cantidad de problemas dentro de la organización.

#### Historia

Las Ocho disciplinas para la resolución de problemas (en inglés Eight Disciplines Problem Solving) es un método usado para hacer frente y resolver problemas. También se conoce de forma más abreviada como 8D, Resolución de problemas 8-D, G8D o Global 8D.

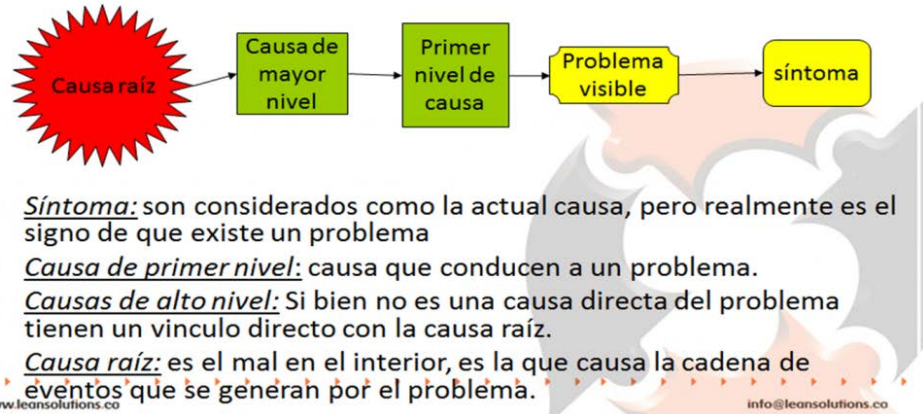
El gobierno de los EEUU primero utilizó un proceso parecido al 8D durante la segunda guerra mundial, refiriéndole como el estándar militar # 1520 (sistema de acción correctiva y disposición del material no conforme). Ford Motor Company primero documentó el método 8D en 1987 en una resolución de problemas orientada “equipo titulado manual” del curso. Este curso fue escrito a petición de la alta gerencia de la organización de autogestión Power Train, que estaba frustrada por tener problemas recurrentes año tras año.

#### ¿Que es un problema?

Es la diferencia existente entre una situación deseada (estándar) y una situación actual (Real). Un problema suele ser un asunto del que se espera una rápida y efectiva solución, generalmente lo que vemos de los problemas son los síntomas, la metodológica permite encontrar la causa raíz para darle el debido tratamiento, figura 14.

## Diferentes niveles de causas

- Un problema es con frecuencia el resultado de múltiples causas a diferentes niveles, esto significa que una causa afecta a otra.



- **Síntoma:** son considerados como la actual causa, pero realmente es el signo de que existe un problema
- **Causa de primer nivel:** causa que conducen a un problema.
- **Causas de alto nivel:** Si bien no es una causa directa del problema tienen un vínculo directo con la causa raíz.
- **Causa raíz:** es el mal en el interior, es la que causa la cadena de eventos que se generan por el problema.

Figura 14: Causas. Fuente: Lean solutions.

### Las 8 Disciplinas son:

- D1: ESTABLECER UN GRUPO PARA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA
- D2: CREAR LA DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA
- D3: DESARROLLAR UNA SOLUCIÓN TEMPORAL
- D4: ANALISIS DE CAUSA RAIZ
- D5: DESARROLLAR SOLUCIONES PERMANENTES
- D6: IMPLEMENTAR Y VALIDAR SOLUCIONES
- D7: PREVENIR LA RECURRENCIA
- D8: CERRAR EL PROBLEMA Y RECONOCER CONTRIBUCIONES

### D1: establecer un grupo para la solución del problema

Para empezar el proceso de solución de problemas siguiendo los pasos del 8D se debe establecer un equipo de investigación multidisciplinario, en donde todos los integrantes tengan la experiencia para entender el problema y autoridad para implementar soluciones, tengan la disposición y el tiempo para pertenecer al grupo y tengan diferentes competencias que permitan ver los diferentes aspectos que pueda tener el problema.

El equipo debe tener un líder quien debe manejar la información de la investigación, debe mantener informado al grupo y a las personas involucradas con el problema (stakeholders), y es quién debe hacerse responsable por que se cumplan los objetivos establecidos por el grupo 8D.





## **D2: Crear la descripción del problema**

En este paso se debe crear una descripción del problema que contenga información clara, concisa, que contemple varios aspectos del problema. Esta información debe ser obtenida preguntando a las personas que están directamente involucradas, es decir quienes trabajan en el área o proceso objeto del problema.

La descripción del problema se debe basar en hechos reales, es decir que el grupo 8D debe ir al lugar real (Gen-ba) y ver que está sucediendo (Genchi Genbutsu).

Para completar la descripción del problema se deben contestar preguntas como aparentemente cual es el problema?, Que está pasando VS que debería de estar pasando?, En donde está pasando?, Cuando está pasando?, Cuando no está pasando?, Quiénes están involucrados? Y Cual es el alcance del problema en cuanto a costos, calidad, seguridad, daños, etc..?

## **D3: Desarrollar una solución temporal**

En algunos casos es necesario implementar una solución temporal para controlar los efectos que pueda tener un problema, esto para dar tiempo a encontrar la causa raíz del problema y dar una solución definitiva al mismo.

Es importante que la solución temporal sea evaluada y probada antes de su implementación, y que se documente muy bien para poder ser removida en su totalidad cuando sea implementada la solución final a la causa raíz del problema. Esta solución temporal se debe poner en consideración de las personas involucradas en el proceso y que puedan verse afectadas por los efectos que pueda tener.

No debe olvidarse que esta solución es para remediar temporalmente los efectos que cause el problema en cuestión, mas no es la solución final, por lo que el grupo 8D debe continuar trabajando en las siguientes disciplinas hasta cerrar el caso.

## **D4: Análisis de causa Raíz (RCA)**

En esta disciplina se deben identificar la causa o causas de los síntomas que se están presentando. Cabe anotar que el problema que se define en la D2 (Crear la descripción del problema) en principio es la consecuencia o síntoma de una o varias cosas que lo han ocasionado.

En la mayoría de los casos no es tan evidente la causa raíz por lo cual se debe hacer un análisis que conduzca a encontrarla. Para esto primero es necesario observar detenidamente el proceso que contiene el problema, obtener información directamente de las personas que tienen la experiencia y de datos reales obtenidos.

Después de tener una o varias causas se debe utilizar la metodología de los 5 porqué hasta obtener las causas iniciales. La causa raíz se identifica comprobando que al eliminarla el problema no debe tener recurrencia.



#### **D5: desarrollar soluciones permanentes.**

Una vez encontrada la causa raíz del problema en cuestión se deben plantear soluciones permanentes que la ataquen directamente. Estas soluciones deben probarse hasta comprobar que efectivamente la causa raíz ha sido detectada y eliminada.

Es probable que al implementar la o las soluciones permanentes se vean buenos resultados pero si el problema persiste se deben buscar más soluciones hasta que este sea eliminado en gran medida.

#### **D6: Implementar y validar soluciones**

Después de haber desarrollado y probado la o las soluciones permanentes se debe planear y realizar la implementación, y posteriormente verificar que funcione correctamente, es decir que no se presente recurrencia.

Se recomienda tomar mediciones para saber si las acciones realizadas son efectivas y saber en qué momento reaccionar cuando se den medidas descontroladas.

#### **D7: prevenir la recurrencia**

La información obtenida de un 8D es tal vez lo más importante de todo este proceso. Porque permitirá que los logros obtenidos en la solución de un problema en un área de trabajo se puedan trasladar a otra área en donde se presenten problemas similares, y sea una manera eficiente de que el trabajo de un grupo sea de ayuda para que otros grupos puedan llegar más rápida y efectivamente a soluciones permanentes a situaciones no deseables que se estén presentando. De igual manera tomar acciones preventivas a situaciones que se puedan presentar en los diferentes lugares de trabajo.

para prevenir la recurrencia puedes hacer:

FMEA, Cambio de políticas, procedimientos, estándares, Poka Yoke.

- 1) Revisando el historial de problema.
- 2) Identificar las políticas y prácticas que permitieron que este problema ocurriera.
- 3) Desarrolle un plan de acciones de prevención.

Es importante en este punto del 8D realizar auditorías para asegurarse de que la solución implementada está funcionando de acuerdo a lo esperado.

#### **D8: cerrar el problema y reconocer contribuciones**

Una vez un problema ha sido auditado y se ha determinado que su solución es efectiva debe ser cerrado oficialmente. En este punto se debe remover la solución temporal que se dio en el paso D3, a menos de que se considere parte de la solución permanente.

Para finalizar el proceso el grupo debe preguntarse que estuvo bien y que no, revisar las responsabilidades de los miembros y el líder del grupo, las expectativas de los



stakeholders, si los procedimientos pueden ser aplicados en algún otro lugar, si se encontraron problemas adicionales, que se aprendió y si finalmente se resolvió el problema.

Es importante reconocer la contribución de cada uno de los miembros del equipo, ya que toda la organización se beneficia por las actividades que contribuyen al mejoramiento continuo.

### **2.2.14 Golden Zone**

---

Golden Zone es una área noble para tener los materiales y herramientas para ejecutar las tareas. Para reducir los desperdicios y mejorar la ergonomía se debe privilegiar esta zona de trabajo.

### **2.2.15 Sistemas Push/Pull**

---

La metodología Push en una planta se refiere cuando el proceso de producción elabora producto terminado o en proceso y lo sigue produciendo sin importar si el siguiente proceso lo necesita o tiene la capacidad para su respectivo consumo.

El sistema Pull es diferente en varios aspectos, por ejemplo:

El sistema incentiva en fabricar los productos únicamente requeridos y en la cantidad justa para la siguiente etapa de manufactura.

Pull system no utiliza una demanda para su producción, utiliza el mismo pedido del cliente para saber que producir. Por ende podemos decir que las ordenes nos dice cuanto producir y que producir.

#### **Porqué y cómo revertir un proceso de Push a Pull**

Siempre que estés en la planta revisa que sistema utilizan Push/Pull, si observas que tu sistema es push realiza un brainstorming con tus compañeros de trabajo y colegas para ver si es posible y adecuado hacerlo pull.

Podemos observar los siguientes aspectos en la planta con tu equipo de trabajo:

Primero revisa las áreas de inventarios e investiga porque los operadores crean inventario.

Determina el tiempo aproximadamente de los productos en inventario

Delimita un área para ellos si no la tienen, de esta forma no andan por toda la planta y no logramos conocer la cantidad en este estado.

Crea contramedidas con tu equipo para eliminar inventario.

Porque es importante lograr tener pull system? Debido a que tendrás más flexibilidad de producir variedad de productos, tendrás menos inventarios y menos desperdicios de tiempo.

Sabemos que por el tipo de producto no necesariamente es adecuado revertirlo a pull todo el sistema de la planta pero créanme hacer el brainstorming puede llevarte a mejorar el proceso hasta crear una especie de híbrido en el cual el cuello de botella puede llegar a ser mitigado. Un sencillo ejemplo de esto es cuando vemos que la bodega de materia prima le envía el producto al operador antes de ser solicitado y este se ve envuelto en un área donde no puede caminar y realizar el flujo adecuado por la cantidad de materia prima que tiene. Hacerlo Pull system sería crear un sistema donde el operador pueda solicitar la materia prima en el momento adecuado.

**Cuándo es mejor no revertir el sistema:**

Puede que si hay una forma de hacerlo Pull pero el costo vs. beneficio nos indica que es mejor no crearlo como por ejemplo cuando el volumen de producción es muy alto y la variedad de productos es muy poca, ejemplo de esto es chocolate o productos de consumo masivo.

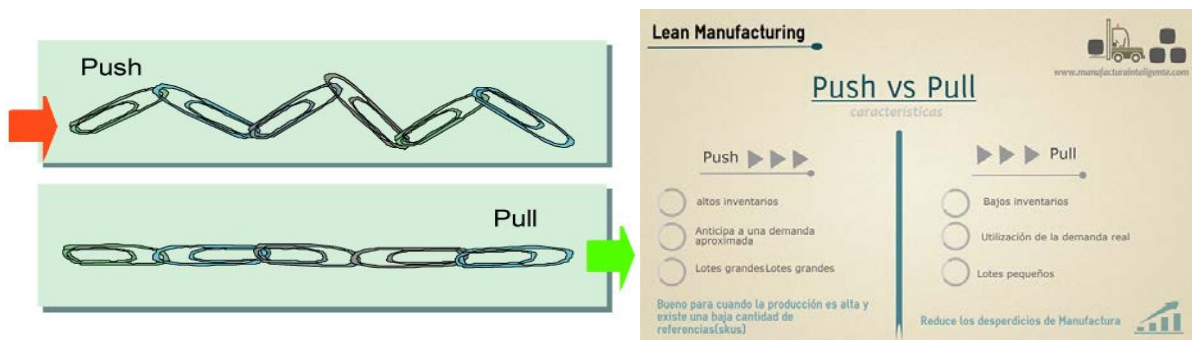


Figura 15: Push vs Pull. Fuente: Manufactura inteligente.

**2.2.16 5 Porqués**

La técnica de los 5 Porqués es un método basado en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. El objetivo final de los 5 Porqués es determinar la causa raíz de un defecto o problema.

Se basa en un proceso de trazabilidad, se analizan las posibles causas al problema caminando hacia atrás, hasta llegar a la última causa que originó el problema. (Ten en cuenta que no tienen por qué ser exactamente 5 preguntas, pues esto va a depender de la longitud del proceso causal del problema).

El objetivo de esta técnica es descubrir información vital de modo sistemático, analizar las causas ocultas y desarrollar soluciones a las preguntas planteadas. Se puede aplicar a la resolución de un conflicto, toma de diagnóstico o la toma de decisiones, figura 16.

RETO O PROBLEMA	RAZÓN
POR QUÉ:	A
POR QUÉ A:	B
POR QUÉ B:	C
POR QUÉ C:	D
POR QUÉ D:	E

*Raíz del problema: E*

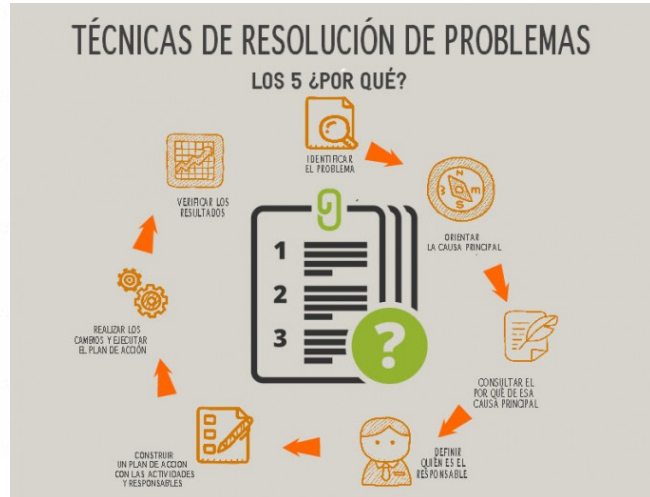


Figura 16: 5 Porqués?

### 3. Explicación de la línea de producción (Línea piloto)



Imagen 1: Clearflood.

En la línea producción de la cual vamos a hacer el estudio se realiza el montaje de un proyector tipo LED (Imagen 1). El cual tiene varios modelos siendo todos ellos muy similares, cambiando unicamente de color o de distintos tipos de sistemas electrónicos, lo que nos da una diversidad de consumos y potencias.

El proyector se divide en:

- Carcasa, imagen 2:



Imagen 2: Cover (carcasa).

- Marco, imagen 3:

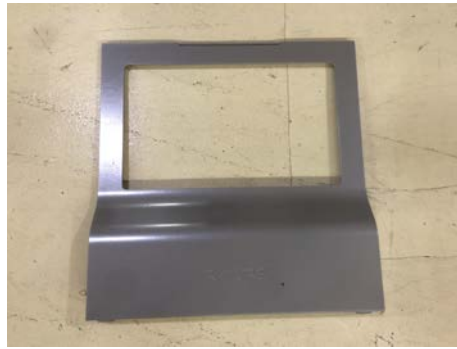


Imagen 3: Frame (marco).

- Lira y diales, imágenes 4 y 5:



Imagen 4: Lira.



Imagen 5: Dial.

- Cierre, imagen 6:



Imagen 6: Cierre.



- Vidrio, imagen 7:



Imagen 7: Vidrio.

- Juntas, imágenes 8 y 9:



Imagen 8: Junta exterior.

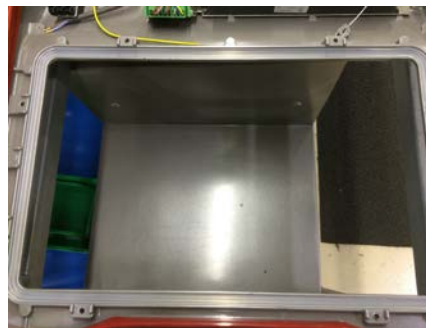


Imagen 9: Junta Interior

- Drivers, imágenes 10 y 11:



Imagen 10: Driver 1.





Imagen 11: Driver 2.

- Bandeja, imagen 12:



Imagen 12: Bandeja.

- PCBA y lentes:



Imagen 13: PCBA y lentes.

- Cables y conectores, imágenes 14-19:

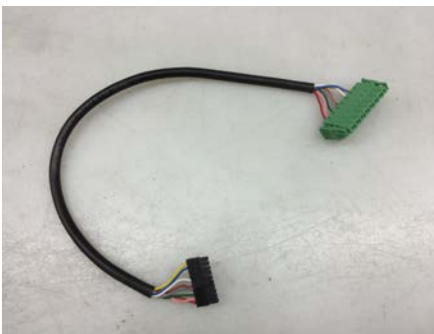


Imagen 14: Cable y conector macho PCBA.



Imagen 15: Conector Wieland macho.



Imagen 16: Conector Block tres vías.



Imagen 17: Conector Block 2 vías.



Imagen 18: Conector Hembra PCBA.



Imagen 19: Conector Wieland hembra.

- Tirante, imagen 20:



Imagen 20: Tirante.

- Prensa, imagen 21:



Imagen 21: Prensa

- Caja empaquetado, imagen 22:



Imagen 22: Caja de empaquetado.

Inicialmente la línea cuenta con 7 estaciones de trabajo más la ayuda de un comodín. En estas estaciones se realiza el montaje eléctrico y el mecánico.

Estas 7 estaciones, son las siguientes:

1. Preparación de drivers y programación de estos, imagen 23.



Imagen 23: Estación 1.



2. Colocacion de drivers en bandeja y algunas conexiones, imagen 24.

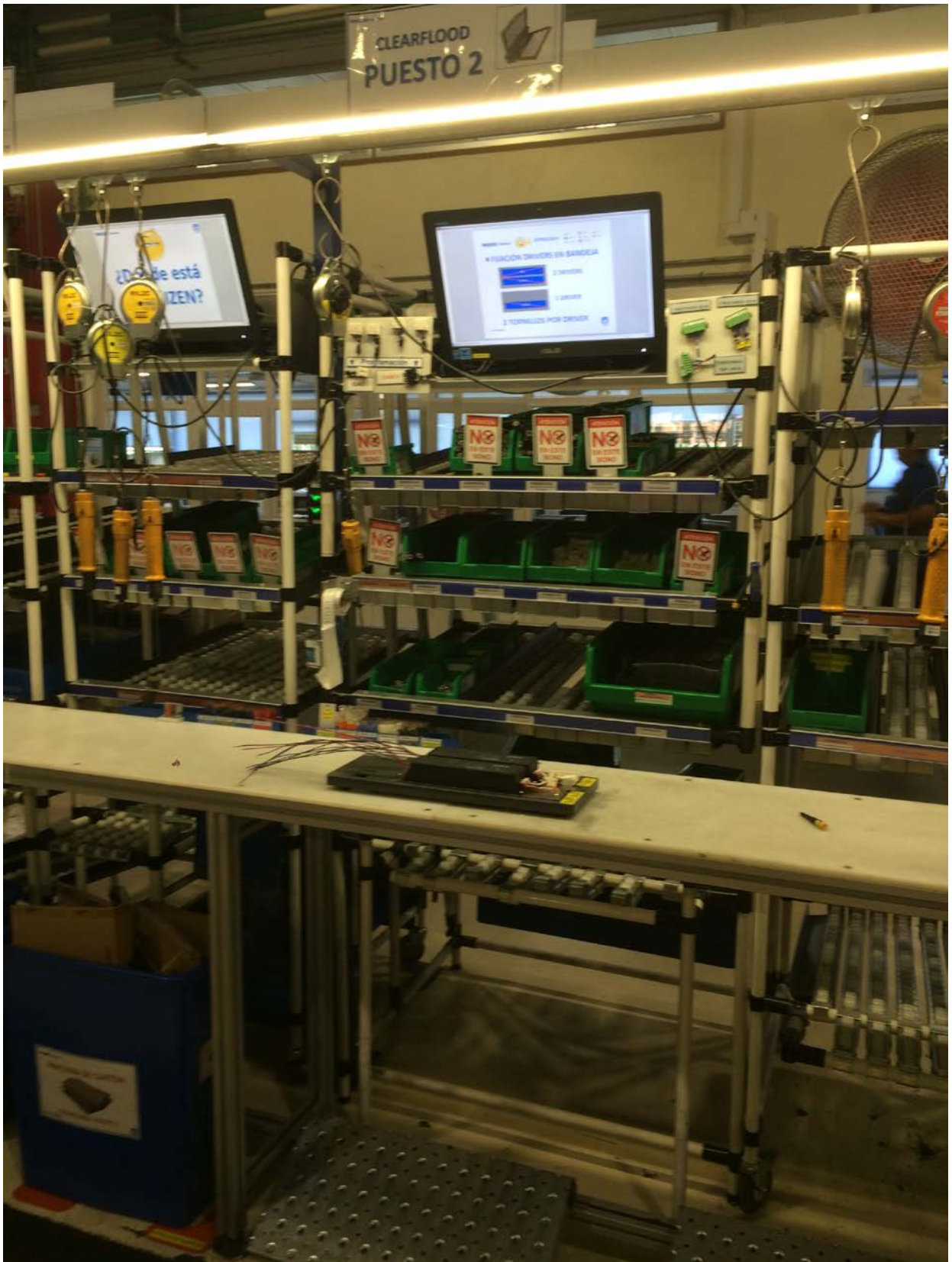


Imagen 24: Estación 2.

3. Últimos retoques en la bandeja y los drivers con todas sus conexiones, imagen 25.

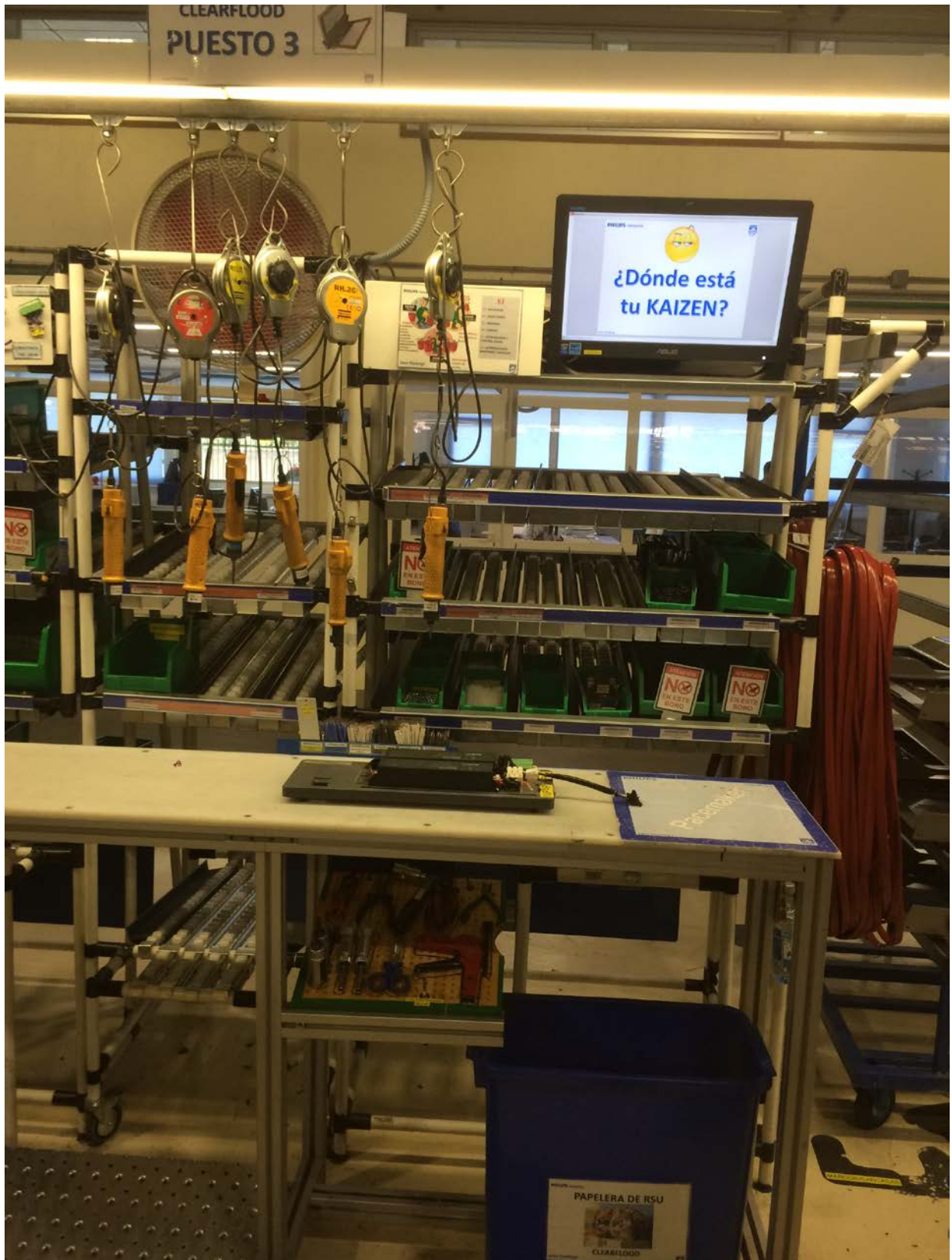


Imagen 25: Estación 3



4. Colocación de marco y carcasa en los carros, juntas en el marco y sujeción de bandeja a marco, imagen 26.

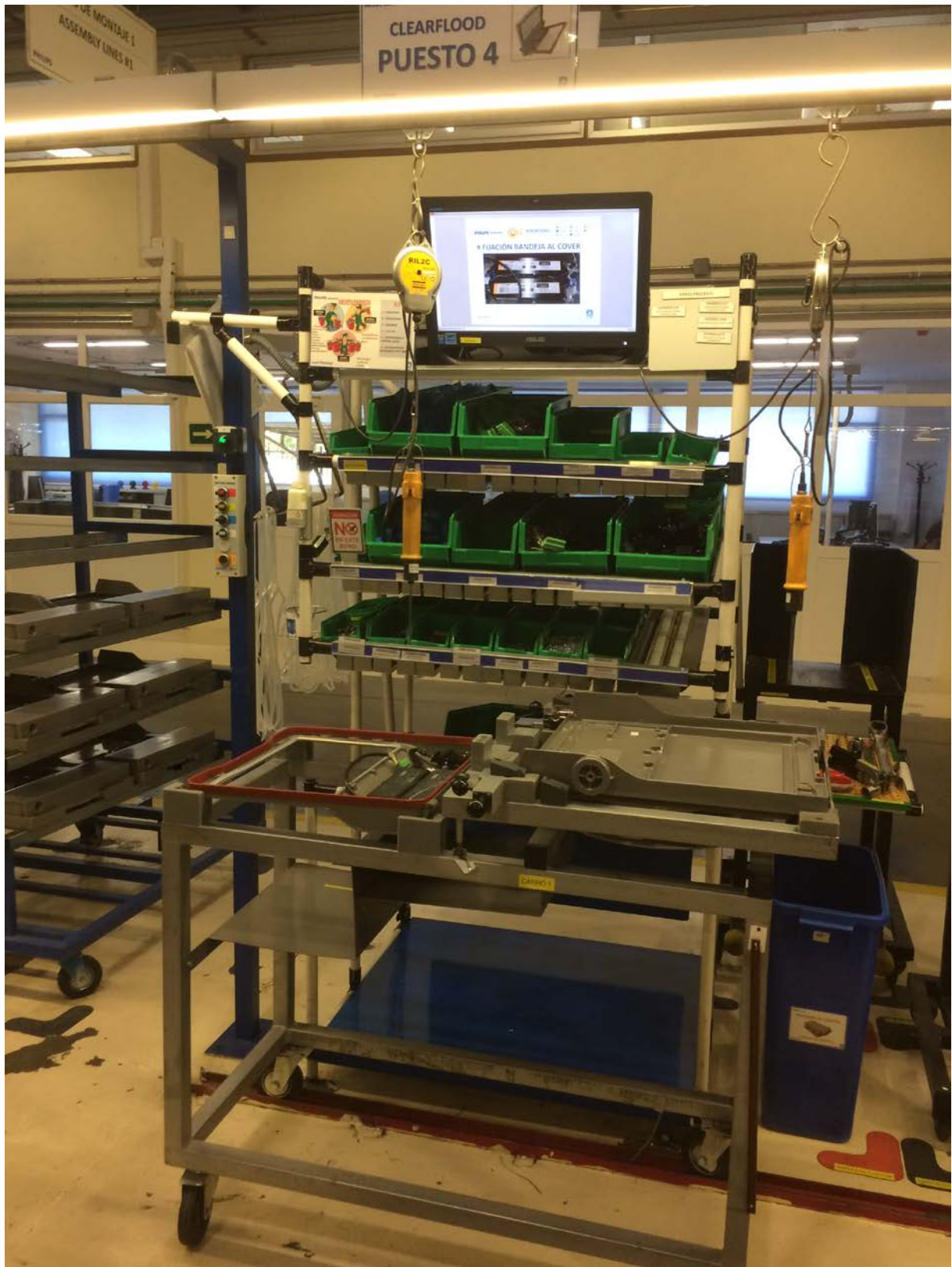


Imagen 26: Estación 4.

5. Colocación de cierre, prensa y vidrio, imagen 27.



Imagen 27: Estación 5.



6. Colocación de PCBA, lentes y ensamblaje de carcasa y marco, imagen 28.



Imagen 28: Estación 6.

7. Ensayo de luminaria, colocación de lira y diales y empaquetado, imagen 29.

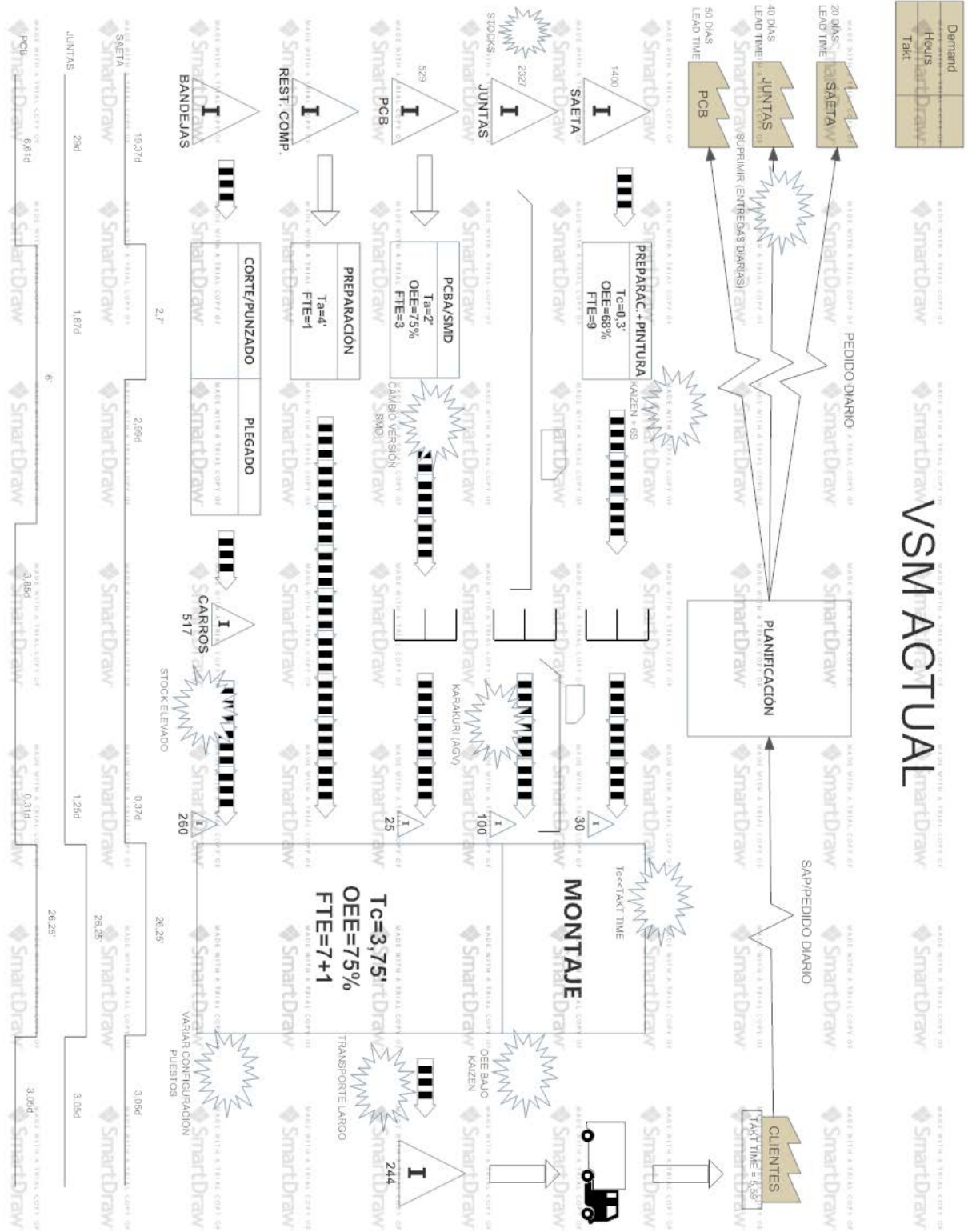


Imagen 29: Estación 7.



## 4. Situación de partida y futura

### 4.1. VSM Actual





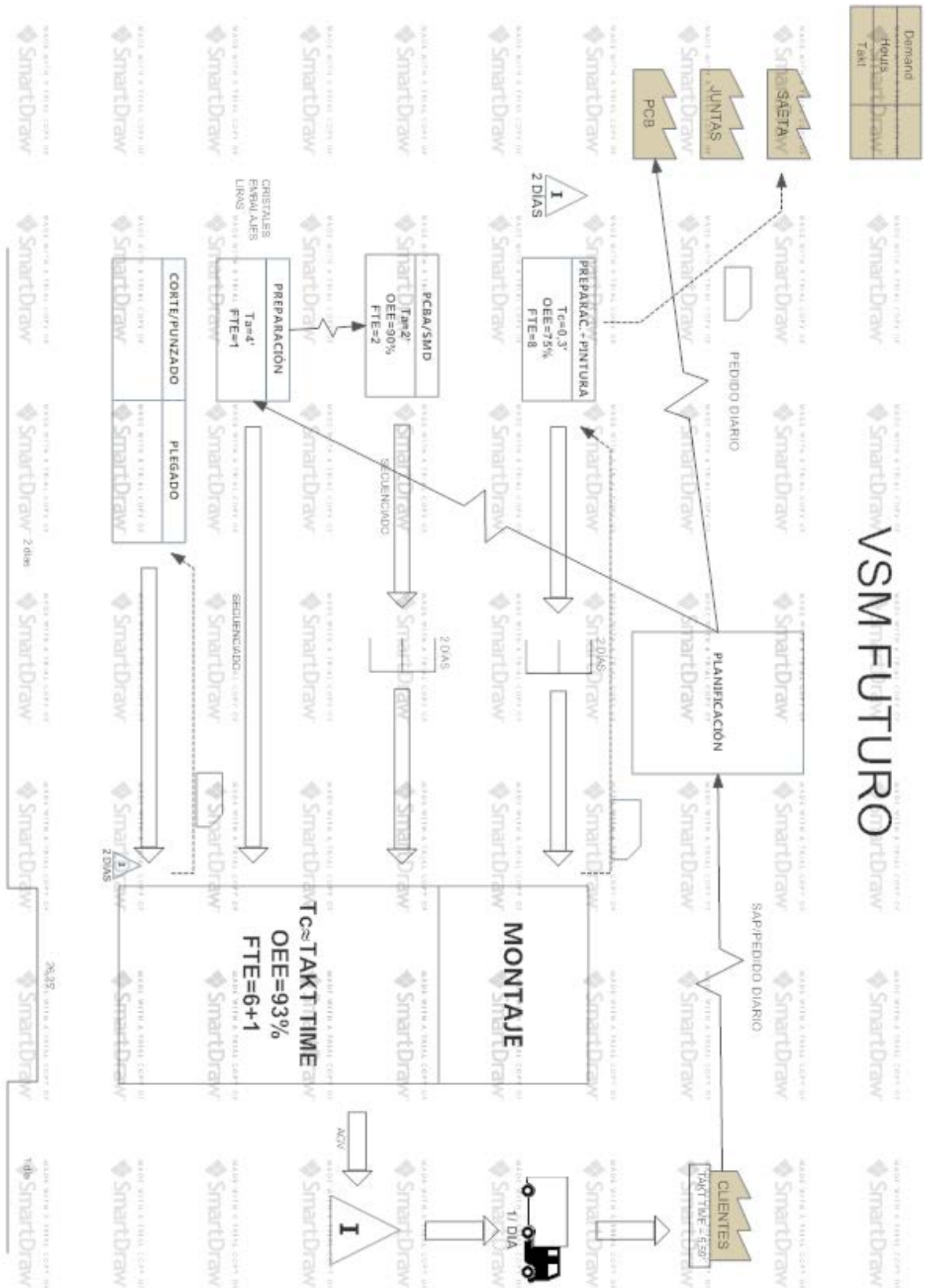
Problemas:

- Tc mucho más bajo que el takt time.
- Mucho stock proveedores Juntas y SAETA (marcos y carcasas)
- Drivers con mucho stock.
- Lentes con mucho stock.
- OEE bajo en montaje
- PCBA fabricada con stocks altos.
- Transportes manuales largos
- Mala configuración puestos
- Stock bandeja alto

Acciones:

- Escenario adecuado para takt time, es decir utilizar un escenario de menos operarios, esto se consigue estandarizando y balanceando operaciones y estaciones.
- Introducir juntas en sistema kanban y marcos y carcasas en secuenciado.
- Introducir drivers en el secuenciado.
- Introducir lentes en el secuenciado.
- Balancear puestos para que las máquinas funcionen con mayor efectividad.
- Estandarizar el stock e introducir las PCBA's en el secuenciado.
- Utilización de AGV
- Estandarización de puestos, 6's
- Introducir bandejas en sistema kanban.

## 4.2. VSM Futuro



## 5. Desarrollo del proyecto

### 5.1. 6's

Como herramienta principal del Lean manufacturing en Philips trabajamos con las 6's.

- **Seguridad**

La primera y mas importante S la de seguridad. Haciendo todos los días una pequeña reunión en la línea tratando temas relacionados con la seguridad. Y comprobando que todos los operarios llevan los EPI's necesarios.

Cada día un operario escribe una frase relacionada con la seguridad y es el que da la reunión de seguridad indicando donde se encuentran los extintores, salidad de emergencia y puntos de encuentro.

Existe una herramienta que se denomina NEAR MISS que sirve para prevenir un incidente o accidente. Es un informe donde aparece que se ha detectado una situación de riesgo y las acciones llevadas a cabo para su eliminación apareciendo las fotografías de la situación de riesgo y de la situación después de las acciones llevadas a cabo.

En la zona de seguridad es donde se coloca la frase de cada día, los días sin accidentes de trabajo y los NEAR MISS, imagen 30.



Imagen 30: Indicador seguridad Philips



- **Clasificar, Ordenar y Limpiar.**

Tres “S” muy sencillas de entender pero muy complicadas de llevar a cabo.

Cada día a primera hora de la jornada se validan las estaciones/puestos de trabajo, comparando con un estado de referencia que todo esté igual.

A última hora de la jornada tenemos 10 minutos para llevar a cabo las labores de clasificar, ordenar y limpiar, imagen 31.

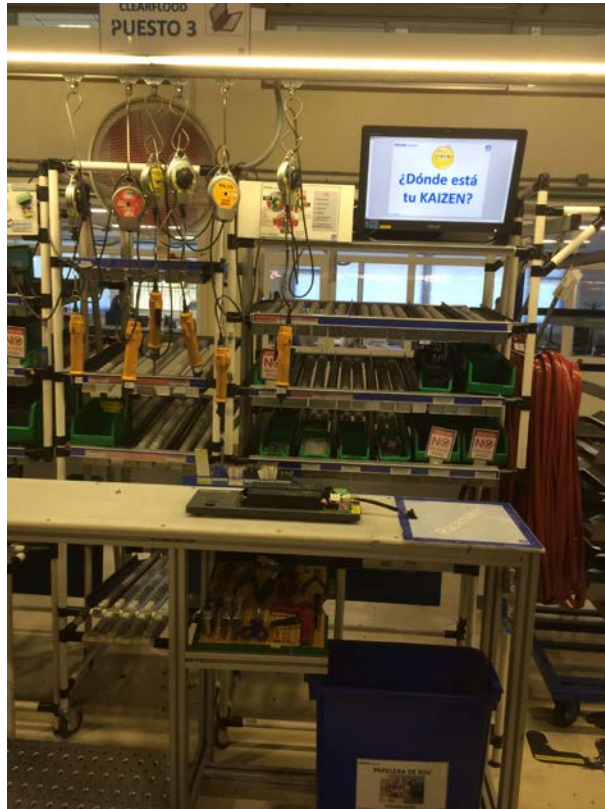


Imagen 31: Estado de referencia puesto 3

- **Estandarizar.**

Tenemos una gama de montaje donde aparece los procesos de todos los puestos, el orden en que se debe actuar, las herramientas, los pares de apriete y los puntos críticos. También en cada puesto hay una pantalla donde van apareciendo los procesos, imagen 32.

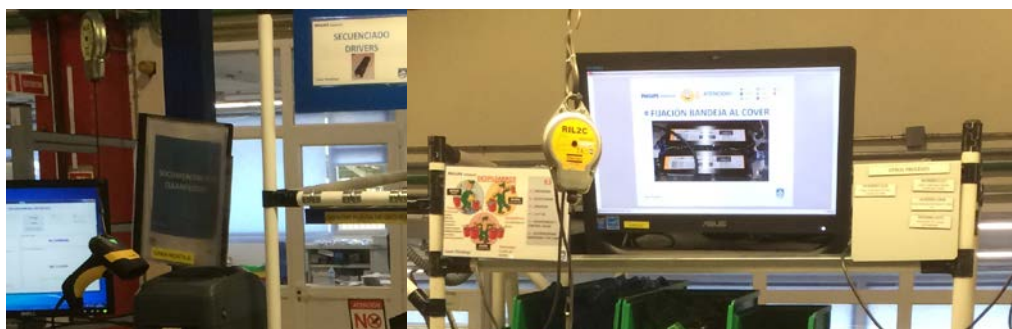


Imagen 32: Gama de montaje y pantalla informativa



- **Disciplina**

El mantenimiento de las 5 primeras “S” tiene que ser llevado a cabo por los empleados de la fábrica y para ello deben de tener una disciplina, con el objetivo de mejorar.



## 5.2. Secuenciación

Uno de los primeros problemas que tenía la línea era que los materiales llegados de proveedores no llegaban de manera secuenciada.

Tanto los drivers como las PCBA's y las lentes llegaban a la línea de manera que el operario del puesto 1 tenía que organizar los drivers y lentes de forma que coincidiesen con los pedidos de la jornada, de la misma manera el operario del puesto 6 tenía que hacer coincidir las PCBA's con los pedidos. Una vez que el operario del puesto 1 tenía los drivers y las lentes organizadas, tenía que hacer llegar las lentes hasta el puesto 6 que es allí donde se realiza el montaje, haciéndolas pasar por todos los puestos hasta el 6.

A consecuencia de esto cada vez que había un cambio de pedido el operario del puesto 1 y el operario del puesto 6 pierden mucho tiempo en organizar los materiales.

La manera de solucionar este problema es mediante la secuencialización, de manera que los drivers de la jornada llegan al puesto 1 de forma ordenada y bien diferenciada a razón de los pedidos. Son introducidos en la línea por la parte posterior de cada puesto, imagen 33.



Imagen 33: Secuenciado Drivers.

Lo mismo ocurre con las lentes y las PCBA's, imágenes 34 y 35.



Imagen 34: Secuenciado PCBA.



Imagen 35: Secuenciado lentes.



A los marcos y las carcasas también necesitamos introducirlos en el secuenciado, poniendo juntos los marcos con las carcasas en carros de diez unidades e introduciéndolos en la línea entre el puesto 3 y el puesto 4, de esta forma el operario del puesto 4 que es donde se monta, no tiene que moverse del puesto, imagen 36.

Así según sea la orden/pedido de un color u otro serán de manera secuenciada con las ordenes de pedido.



Imagen 36: Secuenciado marcos y carcasas

### 5.3. Tablero Heijunka

Otra de las herramientas utilizadas para la mejora de la línea es el tablero Heijunka, donde aparece la producción diaria por horas, el escenario (de 40, 70 o 110 unidades por jornada) y los bonos o pedidos, imagen 37.



Imagen 37: Tablero Heijunka.

Con esta herramienta podemos controlar visualmente y de manera sencilla la secuenciación, la producción diaria y si estamos cumpliendo con los objetivos.

En caso de estar cumpliendo con las luminarias pedidas por horas y en el orden del secuenciado el tablero se rellenará de color verde, si por el contrario, tenemos que sacar alguna orden del secuenciado por algún problema o no cumplimos con los objetivos el tablero se marcará de color rojo.



## 5.4. Kamishibai

Esta herramienta se utiliza para hacer pequeñas auditorías diarias a los operarios de los puestos. Mediante una ruleta, al azar, se elige al operario al que se le va a realizar, este operario escoge una tarjeta y en ella aparecen varias preguntas relacionadas con temas como la seguridad, el lean manufacturing o los procesos de la línea, imagen 38.



Imagen 38: Kamishibai.

Gracias a esta herramienta los operarios cogen conocimientos de todos y cada uno de los puestos y se integran en la estructura de la fábrica.

## 5.5. Poka-yoke

En la línea en la cual estamos haciendo el estudio el poka-yoke es un sistema que hace varias fotografías a la luminaria, con estas fotografías comprueba que todos los elementos son correctos y que están todos en su sitio. Mediante aire comprimido si está todo correcto te deja pasar el carro, si por el contrario tiene algún defecto no abre el cierre y no te deja tirar del carro, imagen 39.



Imagen 39: Poka-Yoke.

En el puesto numero 7 a la hora de ensayar una cámara hace la fotografía en el momento de encendido, comprobando así si el número de led que funcionan es correcto, si no es así te da error y no te da la etiqueta.



## 5.6. AGV

Gracias al sistema filoguiado por una banda magnética, Vehículo Guiado Automático (AGV), se provee a la línea de vidrios, de las partes del empaquetado y de palets, cada dos horas, evitando así que el comodín tenga que estar trayendo estos materiales manualmente, imagen 40.



Imagen 40: AGV.

Este sistema garantiza el transporte de materiales en la ruta predeterminada, de manera ininterrumpida y sin la intervención directa del comodín.

## 5.7. Sistema Andon

El Andon se utiliza cuando por cualquier motivo se tiene que parar la línea. Este sistema alerta al exterior de la línea de que por un problema en el proceso de producción la línea esta parada, imagen 41.



Imagen 41: Tablero Andon.

Mediante una botonera que es activada por el comodín de la línea se alerta del motivo de la parada. Esta parada viene marcada en una pantalla que da al exterior de la línea. En esta pantalla aparecen las horas de la jornada y los motivos por lo que se ha activado el sistema Andon, imagen 42.



Imagen 42: Botonera Andon.





Los motivos por lo que se activa el sistema Andon son:

- Parada: cuando por falta de material no se puede continuar con la producción
- Calidad: tres fallos de calidad seguidos o cinco alternos en una misma hora.
- Proceso:
  - Introducción nuevos componentes ralentiza el ritmo normal
  - Introducción nuevas modificaciones en el proceso
  - Problemas con ordenadores, testeo y/o Poka Yoke.
- Arranque: problemas con el arranque de la línea por falta de material, problemas con ordenadores, máquinas de ensayo y Poka Yoke.
- Urgente: cuando el el motivo de la parada es una urgencia y se asocia a cualquiera de los motivos anteriores.

## 5.8. Kanban

Es un sistema que se usa para reponer los materiales de la línea que están incluidos en este sistema, imagen 43.



Imagen 43: Estanterías con sistema Kanban.

Su funcionamiento consiste en tener tres gavetas de cada material en la estantería de trabajo, estas gavetas tienen material para 4 horas y, según se van acabando se depositan en la parte inferior de la estantería que por un sistema de flujo por gravedad va a parar a la parte posterior de la línea.

Cada cuatro horas pasa el reponedor con un tren logístico (imagen 44), recogiendo las gavetas vacías y alimentando la línea por la parte posterior de la estanterías, y mediante el sistema de flujo por gravedad van a parar las gavetas al frontal de la línea, donde están los operarios.

Con esto conseguimos tener siempre material en la línea y con un stock de 8 horas.



Imagen 44: Moto tren logístico Kanban.

Tanto en la parte posterior como en la parte anterior de la línea aparecen los códigos de los materiales para que así siempre estén en un lugar estandarizado, imagen 45.



Imagen 45: Kanban.



### **5.7.1 Kanban de bandejas.**



Imagen 46: Bandejas en sistema kanban

Las bandejas anteriormente se introducían en carros de forma que había mucho stock y poco controlado, ahora se ha introducido en el sistema kanban reduciendo el stock y teniendo controladas las unidades existentes. Las bandejas vienen en gavetas de 55 unidades cada una, imagen 46.

### **5.7.2 Kanban de juntas.**



Imagen 47: Juntas en sistema kanban.



## Implantación del LEAN MANUFACTURING en una línea de producción

Las juntas al igual que las bandejas venían en un carro amontonada, teniendo así mucho stock y poco control de ellas, se decidió introducirlas en el sistema kanban de modo que vienen colgadas en perchas de 55 unidades cada una, imagen 47.

### 5.9. Kaizen

The image shows a standardized Kaizen suggestion form from Philips. The form is divided into several sections:

- Header:** 'PHILIPS Sugerencia Kaizen' with a flowchart showing five steps: Paso 1 (Escribir), Paso 2 (Escribir), Paso 3 (Escribir), Paso 4 (Escribir), and Paso 5 (Escribir).
- Section 1 (Paso 1):** 'Comprobar y analizar con la sugerencia de ideas el sistema KAIZEN. Si + 3 a paso 1, NO + Analizar sugerencia con el Coordinador para obtener asesoramiento.' It includes a checklist of questions:
  - 1. ¿Mi sugerencia es un KAIZEN? (Marcar casillas correspondientes antes de rellenar formulario)
  - 2. ¿Mi sugerencia puede implementarse en un periodo corto (semanas, 1 - 10 días)?
  - 3. ¿Conoce qué impacto tendrá la sugerencia en la empresa? ¿Es una sugerencia sencilla?
  - 4. ¿Mi sugerencia se refiere a los términos y condiciones de la empresa?
  - 5. ¿Mi sugerencia no requiere más personal que el actual? 2. ¿Mi sugerencia no impacta negativamente en el tiempo de ciclo?
  - 6. ¿Qué departamento es responsable de la sugerencia? (C) Calidad, (P) Producción, (I) Ingeniería, (M) Mantenimiento, etc.)
- Section 2 (Paso 2):** 'El empleado deberá rellenar el paso 1. Una vez completado el formulario se deberá entregar al Coordinador.' It contains fields for: Nombre, Fecha, Problema, Departamento, Área, Descripción actual (¿Cuál es el problema?), Descripción futura (¿Cuál es la sugerencia?), Beneficios, and Causa (¿siempre que sea posible. En caso de duda consultar al Coordinador?).
- Section 3 (Paso 3):** 'El Coordinador deberá comprobar que el paso 1 está totalmente completado antes de completar el paso 2. (El Coordinador completará el paso 2 y se pasará al Comité KAIZEN)'. It includes fields for: Nombre del Coordinador, Fecha de recepción, Firma, and a table for 'Tipo' with categories: Productividad, Precio, Calidad, EHS, Energía, Material.
- Section 4 (Paso 4):** 'Completar paso 3 por miembros de Comité. Se debe evaluar la KAIZEN antes de enviar al Empleado.' It includes fields for: Miembros de Comité, Firma miembros Comité, Fecha de recepción, Decisión (Aprobada, No Aprobada, Más Información), and Comentarios.
- Section 5 (Paso 5):** 'Si la sugerencia es ACEPTADA el empleado se encargará antes de completar el paso 4 del formulario KAIZEN. Una vez completado, volverá el miembro de Comité KAIZEN. Si la sugerencia es NO ACEPTADA el empleado recibirá el formulario KAIZEN. Si la idea requiere más personal que el actual se deberá consultar más tarde al miembro de Comité para evaluar la sugerencia KAIZEN.' It includes:
  - ¿Cuánto tiempo has empleado en esta sugerencia? (Paso 1) and (Paso 2)
  - Coste de implantación:
 

Materiales		Energía		Mantenimiento	
Impugnación	Precio	Calidad	EHS	Energía	Materiales
Almuerzo por turno: 1,8 eur.	Almuerzo por turno: 0,10 eur.	Almuerzo por turno: 0,10 eur.	Almuerzo por turno: 0,10 eur.	Almuerzo por turno: 0,10 eur.	Almuerzo por turno: 0,10 eur.
Almuerzo por turno: 1,8 eur.	Almuerzo por turno: 0,10 eur.	Almuerzo por turno: 0,10 eur.	Almuerzo por turno: 0,10 eur.	Almuerzo por turno: 0,10 eur.	Almuerzo por turno: 0,10 eur.
  - Algunos ejemplos: En caso de duda consultar al Coordinador.
- Section 6 (Paso 6):** 'El miembro de Comité deberá de cumplir la sugerencia. La lista de actividades se pone en el formato de la lista de sugerencias KAIZEN y antes se muestran al Cliente.' It includes a field for: Puntos recordados.

Imagen 48: Documento estandarizado Kaizen

Herramienta utilizada como idea de mejora continua. Es un documento estandarizado donde todo el personal de la fábrica puede dar ideas de mejora continua, en el debe aparecer el nombre de la persona que da la idea de mejora, el problema, el departamento, la fecha, la sugerencia, los beneficios, y los 5 porqué's para llegar a la causa raíz del problema, imagen 48.

Estas ideas son evaluadas por un coordinador y un comité creado específicamente para estas ideas, donde valoran la importancia de la mejora.

Son premiadas economicamente.

## 5.10. Rabbit parts

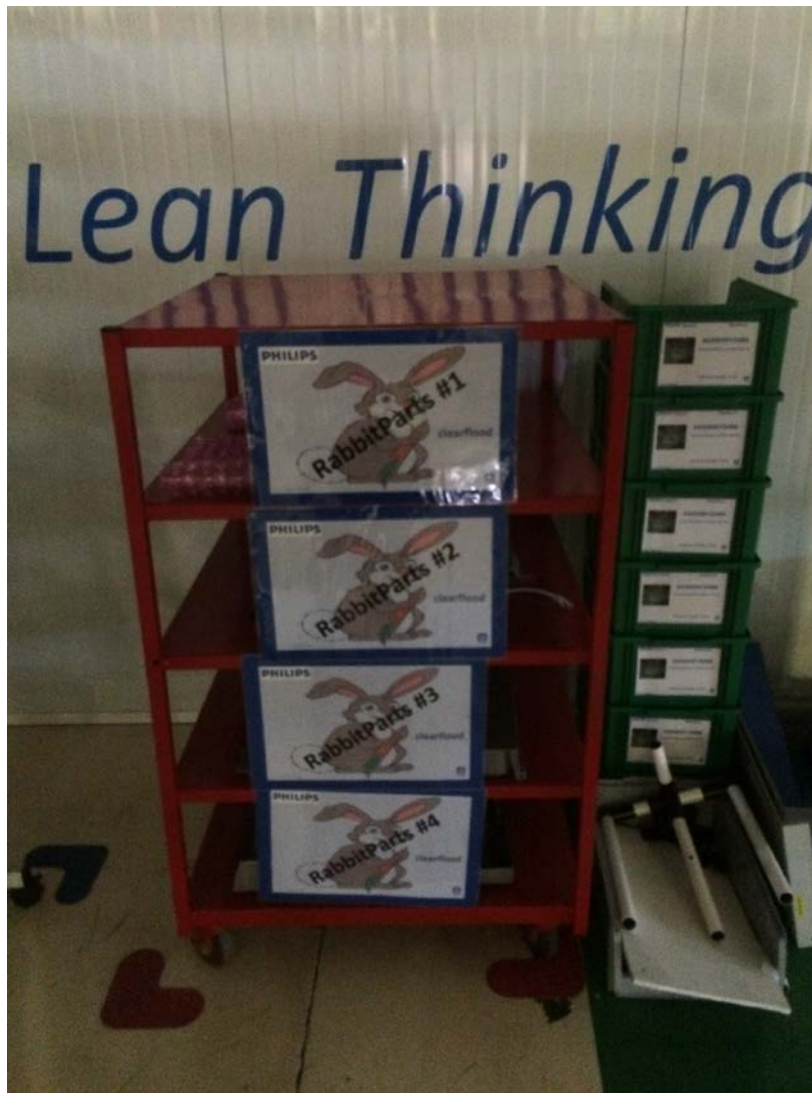


Imagen 49: Rabbit Parts

Este método se utiliza para comprobar la atención de los operarios ya que en un momento dado durante la jornada el comodín puede introducir en la línea algún material defectuoso (rabbitparts), como puede ser un vidrio, lente, PCBA, marco o carcasa, y comprobar que el operario se da cuenta del defecto, imagen 49.

Lo que se intenta conseguir con esto es estimular al operario.

En ningún momento se refleja el nombre del operario.





## 6. Viabilidad económica.

Costes	€		Beneficios	€	
<b>Secuenciación drivers, lentes y PCBA's</b>					
Nuevas estanterías	1,03 €	500€ x 3	Tiempo operario línea no preparación	5,10 €	1' x bono
Nuevos carros transporte	1,23 €	600€ x 3			
Tiempo operario preparación	1,28 €	0,25' x bono			
<b>Total</b>	<b>3,54 €</b>		<b>Total</b>	<b>5,10 €</b>	
<b>Tablero Heijunka</b>					
Panel	0,05 €	75 €	Tiempo operario no colocación bonos	0,15 €	0'03 x bono
A0	0,10 €	0,10 €	Tiempo visualización de secuenciado	5,10 €	1' x bono
Soporte bonos	0,07 €	100 €			
<b>Total</b>	<b>0,22 €</b>		<b>Total</b>	<b>5,25 €</b>	
<b>Kamishibai</b>					
Tiempo realización auditoria	0,90 €	3'	Conocimientos de seguridad	- €	0'
Panel	0,05 €	75 €	Conocimientos lean manufacturing	1,02 €	0,2' x bono
			Conocimientos procesos de producción	5,10 €	1' x bono
<b>Total</b>	<b>0,95 €</b>		<b>Total</b>	<b>6,12 €</b>	
<b>Poka-yoke</b>					
Precio sistema	13,70 €	20.000 €	Cero defectos en luminaria	30,00 €	100' x día
Tiempo comprobación luminaria	6,60 €	0,2' x ud.			
<b>Total</b>	<b>20,30 €</b>		<b>Total</b>	<b>30,00 €</b>	
<b>AGV</b>					
Precio AGV	20,55 €	30.000 €	Tiempo operario no preparación y transporte	10,20 €	2' x bono
Precio carros	1,64 €	600 € x 4			
Tiempo operario preparación	2,55 €	0,5' x bono			
<b>Total</b>	<b>24,74 €</b>		<b>Total</b>	<b>10,20 €</b>	
<b>Sistema andon</b>					
Precio sistema	0,68 €	1.000 €	Tiempo reparación	4,50 €	15' x día
<b>Total</b>	<b>0,68 €</b>		<b>Total</b>	<b>4,50 €</b>	
<b>Kanban</b>					
Tren logístico	0,82 €	1.200 €	Tiempo no preparación	40,80 €	8' bono
Gavetas	2,47 €	3.600 €	Tiempo búsqueda materiales	6,00 €	20' día
Tiempo preparación	19,50 €	65' x día	Tiempo paradas por falta de material	5,14 €	120' semana
Estanterías	0,68 €	1.000 €			
<b>Total</b>	<b>23,47 €</b>		<b>Total</b>	<b>51,94 €</b>	
<b>Kaizen</b>					
Tiempo comité Kaizen/línea	0,43 €	0,43€ día	Tiempos reducidos por mejoras	0,18 €	0,3' mejora
Precio documentos	0,02 €	0,01€ docu.	Puestos más ergonómicos	0,60 €	2' día
<b>Total</b>	<b>0,45 €</b>		<b>Total</b>	<b>0,78 €</b>	
<b>Rabbit parts</b>					
Precio carro	0,10 €	150 €	Menos errores humanos por defectos	1,20 €	0,8' x 5erro./día
Precio piezas defectuosas	0,14 €	50€ x 4			
<b>Total</b>	<b>0,24 €</b>		<b>Total</b>	<b>1,20 €</b>	
<b>5S</b>					
Tiempo formación operarios/media diaria	0,18 €	0,6'	Tiempos movimientos operarios	15,40 €	0,14' ud.
Tiempo clasificar, ordenar y limpiar	1,50 €	5' x día			
<b>Total</b>	<b>1,68 €</b>		<b>Total</b>	<b>15,40 €</b>	
unidades / día	110				
bonos / día	17				
Amortización bienes inmuebles días	1460				
Minutos formación	0,1				
Resto minutos	0,3				
Mejoras diarias de media	2				
<b>Total costes/día</b>		<b>76,27 €</b>	<b>Total beneficio/día</b>		<b>130,50 €</b>

Como podemos comprobar el aplicar el sistema Lean Manufacturing nos aporta unos beneficios económicos bastante altos en comparación con los costes.

En todas las herramientas vemos como se sacan beneficios al aplicarlas.





## 7. Conclusiones y Futuras Líneas de Trabajo

### 7.1. Conclusiones

Cabe destacar el aumento del O.E.E del 75% inicial al 93% final.

La mayoría de las estrategias del lean manufacturing bien definidas, representan bajos costos en su implementación y mejoras contundentes en el proceso.

Para producir lo mismo que anteriormente es necesario un operario menos en la línea.

Con varias de las herramientas utilizadas como el Kaizen, Kamishibai y Rabbit Parts, se consigue que los empleados se impliquen en la empresa y se sientan motivados y entusiasmados con su trabajo.

Ni que decir tiene que el objetivo fundamental es el económico, y como podemos comprobar la implementación del Lean Manufacturing en nuestra línea de producción, ha aumentado los beneficios económicos considerablemente.

El Lean Manufacturing siempre tiene en cuenta al trabajador, debe de ser concienciado de la importancia y utilidad que traerá la implementación del Lean Manufacturing, para que ellos sepan porque se están haciendo las cosas y se comprometan a colaborar, ya que ellos son la base para que el Lean Manufacturing funcione correctamente.

Con el sistema Kanban y el secuenciado hemos reducido stocks al mínimo, la línea no se queda en ningún momento sin material y conseguimos una estandarización de materiales tanto en línea como en almacén.

Gracias al Vehículo de Guiado Automático (AGV), muchas operaciones manuales se han eliminado, y aunque el vehículo es de precio elevado se amortiza en poco tiempo, ya que puede administrar muchas líneas a la vez.

La eficiencia de su utilización depende del grado de compromiso de cada miembro del equipo de trabajo de la empresa, desde el director hasta el último operario.

Gracias al Lean Manufacturing y a sus herramientas, la línea rinde más y es mucho más eficiente.

La imagen que da la fábrica es de limpieza y orden, manteniendo un estándar que impacta visualmente y ayuda a repetir los mismos movimientos en las operaciones.

Lean Manufacturing es más que un sistema de mejora, es una filosofía de trabajo, una forma de pensar, con lo cual debe de ser implantado en toda la fábrica, desde la oficina del director hasta el último cuarto.



## Implantación del LEAN MANUFACTURING en una línea de producción

Una de las impresiones que me da el sistema Lean es que da mucha importancia al trabajador y a su seguridad, controlando especialmente que todos los puestos de trabajo sean seguros y los trabajadores no corran ningún riesgo.

En cualquier empresa puede ser implantado el sistema Lean, aunque no sea en su totalidad se pueden aplicar fragmentos de este sistema según sea lo más conveniente.

## 7.2. Futuras líneas de trabajo

Como uno de los mandamientos del LEAN MANUFACTURING es la mejora continua, el objetivo no debe ser otro que continuar mejorando.

- Una de las mejoras futuras es sustituir el tornillo de 5x10mm y la arandela dentada por un tornillo de 5x10mm con cabeza dentada para reducir los tiempos de proceso de varias estaciones. Ejemplo de tornillo 5x10mm con cabeza dentada (imagen 50)



Imagen 50: Tornillo 5x10mm con cabeza dentada

- Sustituir la máquina de ensayo manual por una automática, así durante el tiempo de ensayo el operario del puesto 7 podrá realizar otras operaciones.
- Programar y ensayar en el último puesto, eliminando así la programación del primer puesto.
- Llevar a cabo esta implantación en todos los departamentos de la empresa. Por ejemplo en las oficinas también se puede implantar el Lean Manufacturing, imagen 51:



Imagen 51: Lean en la oficina

- Hay que aplicar el sistema en todas las células de trabajo de la fábrica, para ello en necesario hacerlo progresivamente y con unas fechas definidas para cada acción.
  - Evento Kaizen para crear VSM y proponer fechas y acciones.
  - Formar operarios.



## Implantación del LEAN MANUFACTURING en una línea de producción

- Ampliar el recorrido del AGV para que recorra todas las células.
- Aplicar 6'S
- Colocar paneles informativos y heijunka en cada célula.
- Estandarizar puestos y materiales e implantar sistema Kanban.



## 8. Bibliografía

Villaseñor Contreras, Alberto; Galindo Cota, Edber.; Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica. 2ª edición/ Limusa.

Brau, Sebastian J.; Lean Manufacturing 4.0: La Evolución Tecnológica del Lean.

*Liker, Jeffrey K.; (2010) Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo. 5ª edición/ Grupo Planeta (GBS)*

<http://www.leansolutions.com>

<http://www.toyota.com>

<http://www.monografias.com>

<http://eoi.es>

<http://www.4lean.net>

<http://www.camara-ovi.es>

<http://www.LeanManufacturing40.com>

<http://itcl.es>