



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

OPTIMIZACION DE UNA LINEA DE MONTAJE DEL SECTOR DEL AUTOMOVIL A TRAVES DE LA FILOSOFIA LEAN.

AUTOR: Eduardo Santamarina Mazuelo

TUTOR: Pablo Sebastián Ferrer Gisbert

Selección

Curso Académico: 2016-17

Indice

1. Objeto del Proyecto	3
1.1. Antecedentes	3
2. Introducción al Problema	4
2.1. Productos Ofertados.....	6
2.2. Distribución y Logística en la Planta de Montajes	9
3. Útiles, Tiempos y Rendimientos.....	11
3.1. Útiles de Montaje	11
3.2. Estudio de Tiempos.	13
3.3 Rendimientos	14
4. Propuesta de mejora	16
4.1. Motivación	16
4.2. Lean Manufacturing.....	17
4.2.1. Herramientas Lean.....	18
4.3. Primer Paso: Ubicación y Distribución en la Planta de destino.	25
4.4. Segundo Paso: Eliminación de Palets de Entrada	31
4.5. Tercer Paso: Eliminación de Palets de Salida.....	38
4.6. Cuarto Paso: Implementación de <i>Kanban</i>	43
4.7. Quinto Paso: Unificar Embalaje IN-OUT	48
4.8. ¿Es posible unificar las tareas del APP?.....	52
5. Estudio Económico.	56
6. Resumen	59
7. Anexo	61
8. Bibliografía.....	62

1. Objeto del Proyecto

En este proyecto se plantea la mejora global, tanto a nivel de procesos como a nivel de distribución, localización y embalajes, de una línea de montajes en una empresa del sector del automóvil. Este cambio está motivado por las necesidades de ahorro de espacio, tiempos, movimientos y con el fin de conseguir una mejora sustancial de la calidad y un ajuste de la producción, factores muy importantes en estos tiempos en los que la aplicación del Lean Manufacturing es casi una exigencia más por parte de los clientes.

1.1. Antecedentes

Este proyecto se enmarca en una empresa de inyección de plásticos, matricería y montaje de piezas que trabaja en el sector del automóvil. Sus principales clientes son GM, Ford y Faurecia, empresa que trabaja también con Ford, montando sus interiores entre otros proyectos.

En sus inicios, la empresa, se dedicaba exclusivamente al diseño, reparación y mantenimiento de matrices de inyección. A medida que fue creciendo se introdujo como proveedor de plásticos inyectados ofreciendo unos costes más reducidos que su competencia.

Actualmente la empresa ha crecido de una manera muy explosiva, lo que ha desencadenado un crecimiento irregular y un desarrollo tecnológico y logístico muy pobre. Esto se puede observar en el mapa general de la empresa, con naves dispersas y con formas irregulares (en parte propiciado por la antigüedad del polígono en el que se sitúa).

A pesar de la situación, la empresa es consciente de sus carencias y sus puntos fuertes y está luchando por mejorar el servicio otorgado a sus clientes y reducir costes logísticos y de no-calidad.

2. Introducción al Problema

El problema que se quiere abordar en este proyecto, pretexto para el planteamiento del objetivo de este trabajo de Fin de Grado, son las distancias que salvan las naves comúnmente denominadas “INYECCIÓN”, “MONTAJES” y “EXPEDICIONES”. La nave de MONTAJES está separada de las otras dos naves más de 300m, como se puede observar en la Figura 2.1.



Figura 2.1 Logística interna

En la Figura 2.1, la flecha amarilla corresponde a la actual zona de montajes, las flechas roja y azul corresponden a la zona de inyección y expediciones respectivamente. La línea roja representa el flujo que siguen las piezas en crudo, inyectadas en la nave de inyección y utilizadas en la nave de montajes, y algún premontaje como la Sigla Seat (del que se hablará posteriormente) que se monta en la nave de montajes y se termina de valorizar en la nave de inyección. La línea amarilla es el flujo que siguen los montajes con destino el cliente final, desde la nave de montajes a la nave de expediciones.

Como puede observarse en la Figura 2.2 la nave de INYECCIÓN provee ciertos componentes a la nave de MONTAJES y, tras efectuarse el montaje de estos (junto a otros materiales que, al venir de proveedores externos, no conllevan problemas en el flujo de material, aunque si en la capacidad de almacenaje) se envían a la nave de EXPEDICIONES, donde son preparados para el envío al cliente final.

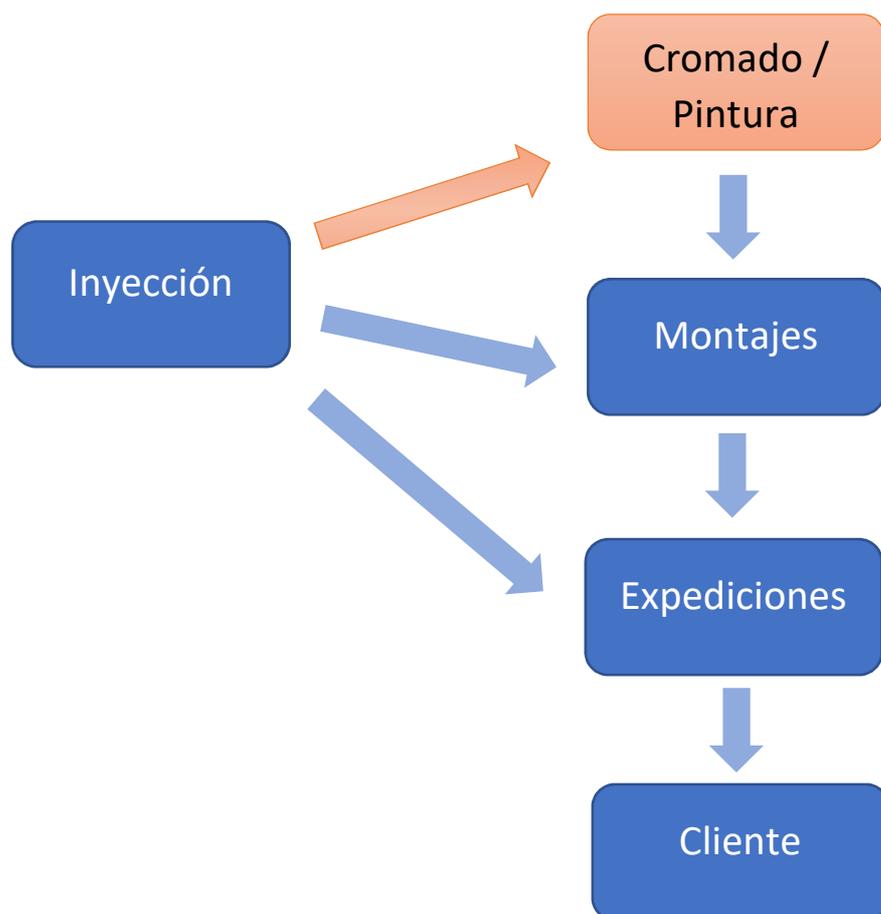


Figura 2.2 Logística Global

Las posibles causas de la problemática que se expone son:

-La empresa está situada en un polígono industrial antiguo, las naves son estrechas y no siguen una construcción estándar, lo que dificulta un crecimiento equilibrado en una nave y obliga a que, si se quiere crecer, haya que comprar otra nave.

-Esta causa está directamente relacionada con la anterior, cuando se quiere crecer, debido a la alta ocupación en el polígono es muy difícil adquirir una nave contigua para poder expandirse de forma controlada.

-El crecimiento explosivo de la empresa, potenciado por una calidad competente y unos costes muy reducidos, desembocó en la necesidad de comprar de forma precipitada sin evaluar correctamente los beneficios de trasladarse a un polígono moderno y con mayor disponibilidad.

-La “pereza” de realizar inversiones pensando en el futuro hace que la empresa se sienta cómoda en su ambiente actual y pronostica un frenazo en su avance debido a la dificultad de realizar el cambio una vez se haya crecido en exceso.

2.1. Productos Ofertados.

La empresa oferta gran variedad de productos y servicios, entre los cuales destacan el mantenimiento y reparación de matricería, tanto propia como de sus clientes, y la inyección de piezas de plástico para Mercedes, GM, Ford, etc. Aunque para satisfacer el objeto de este trabajo se resumirán los productos que pasan por la línea de montajes de forma continua, sin hacer hincapié en las piezas de recambios.

2.1.1. PINTURA

- Applique (610APXCxxx), esta es una pieza pintada, pertenece al proyecto MOKKA, porta las lámparas que iluminan la matrícula del vehículo y la cámara (en caso de llevarla) que da servicio a la ayuda de aparcamiento. Tanto la lama como la pieza base se inyectan en Beniparrell, la lama se croma en Bonrepós y la pieza base se pinta en Massanassa, posteriormente se montan los subcomponentes en Beniparrell. (Figura 2.3)
- Handle (610HAGAxix), esta es una pieza pintada, pertenece al proyecto MOKKA, es la maneta encargada de la apertura del maletero del vehículo. Sigue la misma secuencia que el Applique. (Figura 2.4)
- Decor IP (610IPMOxxx), esta es una pieza pintada, pertenece al proyecto MOKKA, son los embellecedores de debajo del aire acondicionado y de la guantera del vehículo. Sigue la misma secuencia que el Applique. (Figura 2.5)

610APXCxxx		Figura 2.3
610HAGAxix		Figura 2.4
610IPMOxxx		Figura 2.5

2.1.2. CROMADOS

- Emblema Opel (610D2J1xxx/610LGOPxxx), pertenece al proyecto ASTRA, es el logo (Opel, Vauxhall y Holden) y tiene integrada la maneta encargada de la apertura del maletero del vehículo. Tanto el logo, como el bracket, se inyectan en Beniparrell, el logo se cromado en una sede de la empresa en Bonrepós y vuelve a Beniparrell para montarle el bracket con el pulsador. (Figura 2.6)
- Tira LED (610CJFAxxx), pertenece al proyecto VS20 de Mercedes, es la tira LED decorativa interior, su aplicación es meramente decorativa. Sigue el mismo proceso que el Emblema Opel. (Figura 2.7)
- Sigla Seat (610LGSExxx), pertenece al proyecto CUPRA de SEAT, es el emblema delantero del vehículo, es un premontaje que luego se incorpora en la rejilla delantera del vehículo, también producida en la empresa estudiada. (Figura 2.8)
- Bezel Exhaust (610BRRAXxx), pertenece al proyecto S-Max de Ford, son los embellecedores de los tubos de escape de la versión más completa de este modelo. (Figura 2.9)

<p>610LGOPxxx</p>	 <p>Figura 2.6</p>
<p>610CJFAxxx</p>	 <p>Figura 2.7</p>
<p>610LGSExxx</p>	 <p>Figura 2.8</p>
<p>610BRRAXxx</p>	 <p>Figura 2.9</p>

2.1.3. CRUDO

- Tobera (610CTLExxx), perteneciente al proyecto CUPRA de SEAT, esta pieza es el conducto final del aire acondicionado, el situado a lo largo del salpicadero apuntando a la luna delantera (Figura 2.10).
- Altavoces (610REFAxxx), forma parte del proyecto VS20 de MERCEDES-BENZ, son las rejillas de los altavoces (Figura 2.11).

610CTLExxx	 Figura 2.10
610REFAxxx	 Figura 2.11

2.1.4. AÑADIDOS CON EL TRASLADO

610HOSHxxx (Horse Shoe) Figura 2.12	
610CAFKxxx (Chrome Applique) Figura 2.13	

2.2. Distribución y Logística en la Planta de Montajes

En esta nave se efectúan los montajes de los componentes inyectados, pintados y cromados. La mayor parte de los montajes se efectúan con la asistencia de útiles de trabajo, aunque es mayoritariamente manual, los útiles empleados son herramientas de *clipado*, prensado y comprobaciones, lo que hace que el rendimiento final dependa en gran medida de la distribución en planta y de los movimientos que efectúen los operarios. Además, aunque existen algunos POKA-YOKES para evitar errores de montaje, la calidad final depende del operario, hecho que se tratará de corregir en puntos posteriores.

Inicialmente en la Planta de Montajes (P1) se ubican los procesos siguientes:

Altavoces	Handle
Applique	Sigla Seat
Decor IP	Logo Opel
Tobera	Tira Led

La distribución de dichos procesos se organiza según el Anexo 1, además la planta cuenta con un almacén propio, lo que más que una ventaja supone el inconveniente de que maquilla las carencias de los procesos de Inyección y las carencias de los proveedores, lo que supone una menor evolución del proceso global y un desperdicio de espacio enorme. Ejemplo de estos desperdicios es la cantidad ingente de material de Altavoces o algún recambio, que ocupando la mitad del almacén acumula un stock de aproximadamente 2 mes, representa lo contrario al objeto de este proyecto.

Como se puede observar en la Anexo 1, en la situación inicial existe un *Layout* erigido a ambos lados de un pasillo que une la puerta principal con el Almacén. Esta distribución sería muy eficiente si se tuvieran dos puertas, una en cada extremo, se aprovisionara el material del almacén desde la puerta trasera y se sacase el material terminado por la delantera.

El problema principal es que la nave está rodeada por otras naves y no es posible realizar tal distribución, no existe una puerta trasera y el material se carga por la puerta principal, atraviesa toda la línea de montajes y se almacena al fondo de la nave. Una vez el material se procesa se devuelve al almacén, donde se fleja y, tras esto se saca por la puerta principal a un segundo almacén, estos movimientos se realizan con carretilla. En este segundo almacén se acumula hasta que hay suficiente para llamar a un camión, el cual lo lleva hasta el almacén de expediciones, donde aguarda a ser enviado al cliente final. Además, en el caso de piezas en crudo, se recogen, en camión, a la nave de Inyección, como se ha comentado al inicio de este punto.

En definitiva, se pueden contar 5 movimientos (4 efectuados por una carretilla y 1 realizado por un camión, suponiendo que se aprovecha el camión que trae las piezas en crudo) para las piezas cromadas o pintadas; y 8 (a los anteriores habría que añadir un movimiento de carretilla dentro de la nave de Inyección y el camión que las lleva al almacén de montajes) para las piezas en crudo (Figura 2.14).

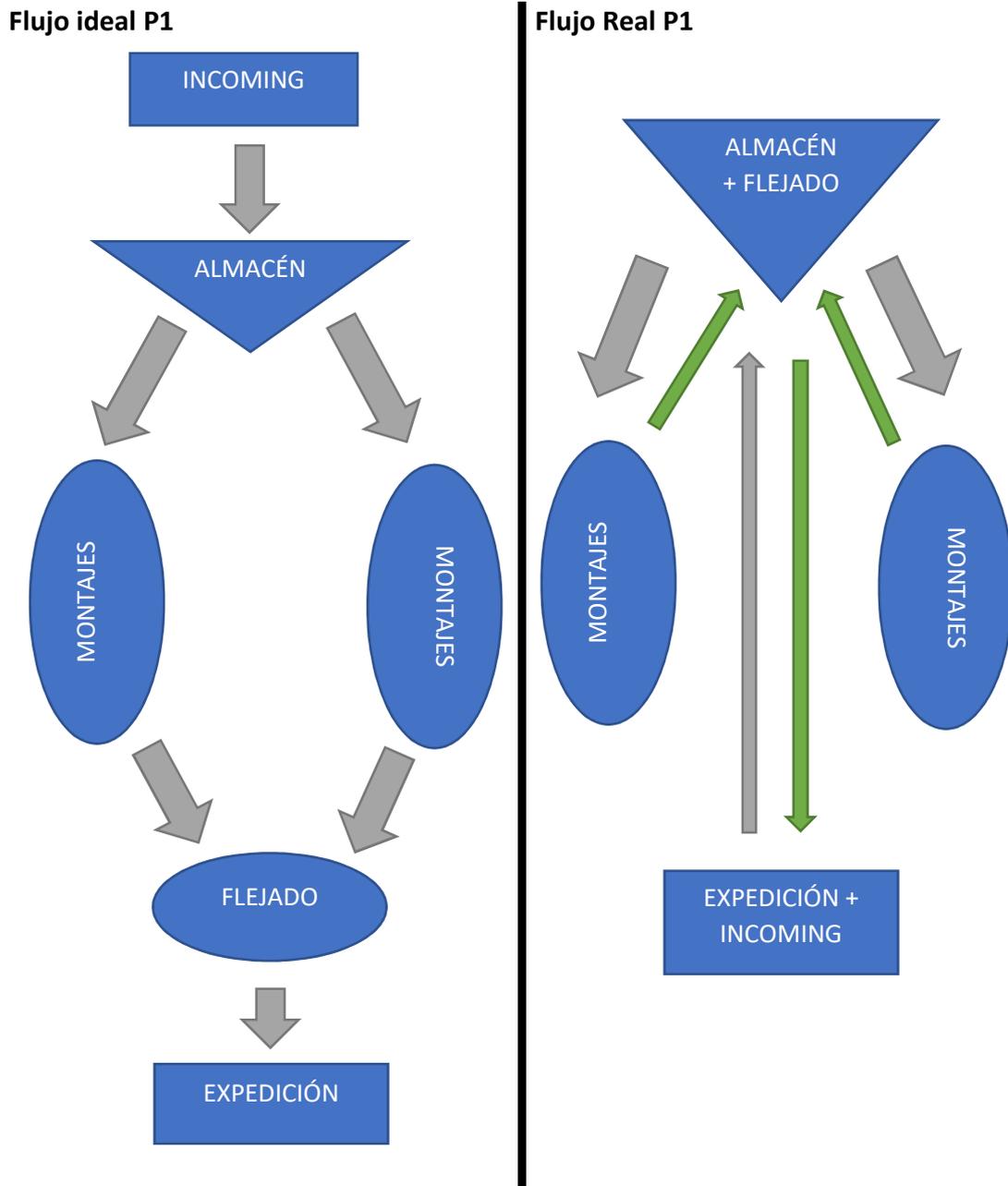


Figura 2.14 Flujo de material Ideal vs Real P1

3. Útiles, Tiempos y Rendimientos

3.1. Útiles de Montaje

Exceptuando algún montaje manual, los puestos de montajes que hay en la empresa estudiada son de accionamiento neumático lo que presenta las siguientes ventajas y desventajas:

VENTAJAS

- Se puede conseguir como fluido de trabajo simplemente tomándolo de la atmósfera, lo que no implica costos.
- Hay pocos riesgos de accidentes, porque no posee propiedades explosivas.
- Se encuentra en grandes cantidades en la Tierra.
- El aire después de utilizado se devuelve al ambiente sin representar contaminación del medio.
- Los actuadores pueden trabajar a altas velocidades.
- A diferencia de otros medios como la hidráulica, éste no requiere volver al generador, sino que se devuelve al ambiente sin inconvenientes.
- Fácil montaje y mantenimiento.
- Fácil transporte.

DESVENTAJAS

- El aire, al salir del compresor, puede tener una alta temperatura, lo que hace que al recorrer la línea de distribución se presente enfriamiento y se produzca condensación, traduciéndose en presencia de agua en las tuberías. Este es uno de los más graves inconvenientes que presenta el trabajo con aire comprimido, pues el contenido de humedad puede afectar los dispositivos de trabajo (actuadores, válvulas, etc.).
- La operación de los elementos de trabajo ocasiona gran cantidad de ruido lo que obliga al uso de silenciadores en los escapes de las válvulas, incrementando costos. Esto no elimina todo el ruido, pero lo disminuye. También el compresor produce mucho ruido, razón por la cual se debe instalar en un lugar apartado del área de producción de la empresa.
- Cuando se trabaja con aire comprimido no se logran fuerzas muy grandes, lo que obliga a utilizar otras alternativas como la hidráulica cuando se requiere aplicación de grandes fuerzas. La fuerza máxima es de 30000N, aproximadamente.
- Las fugas normalmente se detectan por el sonido que producen, pero en una industria hay gran presencia de ruido, lo que dificulta el poder determinar que hay presencia de fugas. Esto genera caídas de presión y disminución en el caudal, obligando al compresor a trabajar más tiempo incrementando los costos en el consumo de energía.
- El compresor consume mucha energía, por eso se hace muy costosa la generación de aire comprimido.

Además de los útiles neumáticos también hay pequeñas herramientas que ayudan en el montaje. Aunque no es objeto de este trabajo cabe resaltar las posibilidades que ofrece en la industria la impresión 3D, ejemplo de ello es un útil (Figura 3.1) diseñado específicamente para *clipar* la cámara en la pieza 610APXCxxx (Figura 3.2). Esta operación se realizaba con un destornillador plano, lo que al final incumbió en una reclamación por un arañazo en la pintura, como respuesta a esta reclamación se pretendió hacer un útil de madera, pero debido a los requerimientos dimensionales del útil la resistencia no era suficiente, tras comprobar que el PLA no arañaba la pintura se acabó eligiendo esta alternativa.



Figura 3.1 Útil fabricado con tecnología 3D



Figura 3.2 Cámara aparcamiento
610APCCxxx

A modo de aclaración, en las tablas y *layouts*, los útiles y todo lo relacionado con ellos serán nombrados con la referencia general de salida de la pieza que se monte en ese útil. Esta información se ha proporcionado en el punto 2.1.

3.2. Estudio de Tiempos.

El estudio de tiempos es una técnica empleada en la Medición del Trabajo, es la técnica más precisa y permite cuantificar mejor los desperdicios en los procesos de la industria.

La Medición del Trabajo busca determinar el tiempo que invierte un empleado cualificado en realizar una determinada tarea siguiendo unas instrucciones de trabajo establecidas para dicha tarea. Además de para establecer tiempos tipo a la hora de lanzar un proyecto nuevo, la Medición del Trabajo es útil para determinar el tiempo durante el cual no se está generando valor añadido.

En lo que respecta a la fijación de tiempos tipo, los motivos que pueden impulsar el empleo de cualquiera de las técnicas de Medición del Trabajo pueden ser los siguientes:

- Comparar entre varios métodos y, en igualdad de condiciones, decidir el más óptimo.
- Repartir el trabajo dentro de los equipos, con el objetivo de equilibrar los procesos.
- Determinar el número de máquinas que puede atender un operario.
- Obtener información en la que basar el programa de producción.
- Obtener información para realizar la oferta completa de un determinado proceso (cotización, demanda asumible, etc.).
- Fijar unas normas de uso de los útiles de trabajo.

La Medición del Trabajo consta de unas etapas que permiten estandarizarlo para la fijación de tiempos tipo:

1. Seleccionar el trabajo que va a ser objeto de estudio.
2. Registrar todos los datos relativos a las circunstancias, métodos y elementos de actividad.
3. Examinar los datos registrados para evaluar los posibles desperdicios.
4. Medir la cantidad de trabajo, cuya unidad será el tiempo, mediante la técnica más apropiada. (Es en esta fase donde entra el Estudio de Tiempos como técnica para medir el trabajo)
5. Compilar el tiempo estándar de operación, teniendo en cuenta los datos medidos y los coeficientes de fatiga, así como los tiempos de descanso y otros suplementos.
6. Definir la serie de actividades y el método de operación al que corresponde el tiempo calculado. En esta fase es cuando “nacen” las instrucciones de trabajo del proceso.

En el punto de Medición cabe destacar que, aunque se haya centrado en el “Estudio de Tiempos” por ser la técnica que más se ajusta a las necesidades y posibilidades del proyecto, existen otras técnicas a tener en cuenta:

-Muestreo del Trabajo

-Estimación Estructurada

-Estudio de Tiempos

-Normas de Tiempo Predeterminadas

El Estudio de Tiempos consiste en registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida para analizar esos datos y averiguar el tiempo requerido para realizar la tarea.

Para emplear esta técnica se deben seguir unos pasos:

1. Seleccionar el trabajo y etapas del estudio.
2. Delimitar y cronometrar el trabajo.
3. Calcular la muestra necesaria para que los datos sean válidos.
4. Valorar el ritmo de trabajo.
5. Aplicar coeficientes de fatiga y otros suplementos.
6. Calcular el tiempo estándar de trabajo.

3.3 Rendimientos

El cálculo de los rendimientos es una herramienta útil para la corrección de incidencias, aunque por sí solo no lo es tanto para observar oportunidades de mejora en el proceso, para eso habría que volver a la toma de tiempos para observar los desperdicios corregibles durante el proceso estipulado.

Una incidencia es una situación, en teoría, extraordinaria, que repercute en la producción de forma negativa. Estas situaciones surgen por estos factores, entre otros:

- Falta de proveedor
- Accidente Laboral
- Retrabajo de piezas por error de material entrante
- Acciones añadidas temporalmente por reclamaciones de cliente

Para hacer el seguimiento de los rendimientos se ha implementado el KPI de Productividad de los diferentes puestos (Figura 3.3).

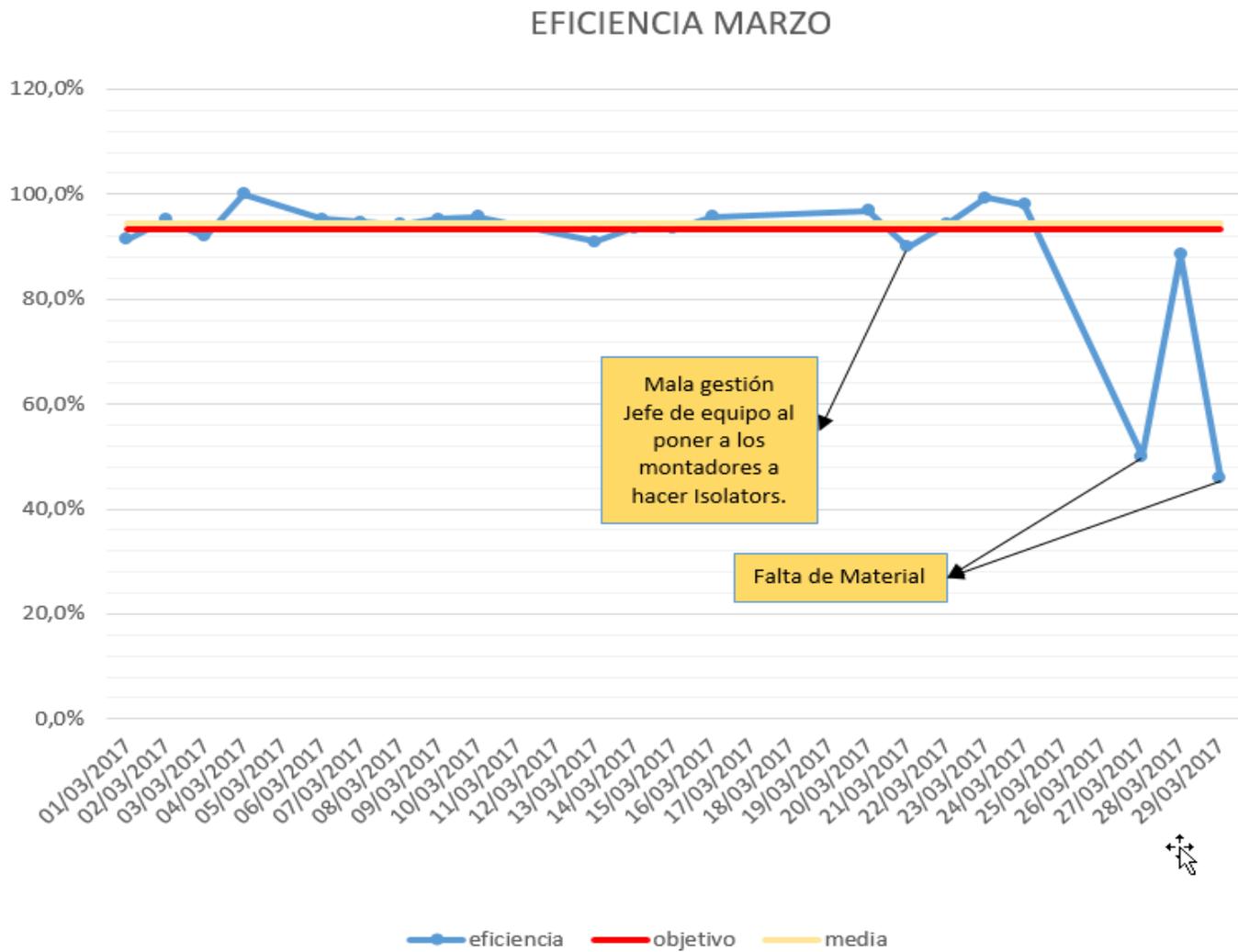
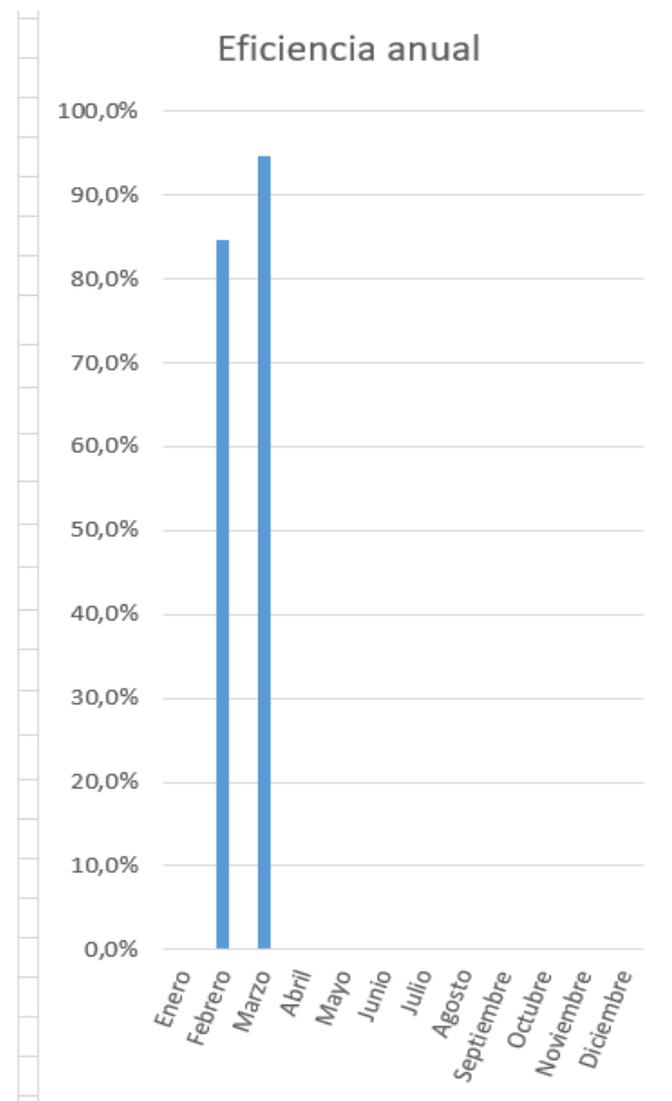


Figura 3.3 KPI Productividad Montaje 610APXCxxx



4. Propuesta de mejora

4.1. Motivación

Desde siempre el sector del automóvil ha sido uno de los sectores más exigentes. Hoy en día, gracias a la revolución encabezada por Toyota con instauración de la filosofía Lean, este sector se ha vuelto incluso más exigente.

En cuanto a calidad, el nivel se ha elevado no solo por las exigencias del cliente, sino porque las empresas se han dado cuenta que la no calidad es más cara que poner los medios necesarios para desarrollar una calidad total. Las multas de los clientes, el aumento de la desconfianza por su parte que hace que incrementen los pedidos para prevenir quedarse sin material, la gestión de las reclamaciones, el retrabajo de las piezas o la eliminación de estas, son solo algunos de los sobrecostos que se derivan de no realizar las cosas bien a la primera.

Para evitar todos estos inconvenientes se ha desarrollado un sistema de calidad y unos procesos enfocados a evitar que las cosas salgan mal. Sistema de auditorías que controlan los procesos varias veces al día, QRQCs y PDCA's para analizar causas y soluciones de los diversos problemas, *Poka-Yokes* que evitan que las piezas puedan ser mal montadas o que se ponga una pieza defectuosa en la línea de montaje, incluso involucrar a los operarios en la calidad total, regirse por la ISO-9000, son medidas tomadas para dirigir a todo el conjunto de la empresa en la misma dirección.

A nivel de producción ya no es suficiente con tener varias líneas realizando los mismos o diferentes productos, se debe optimizar el espacio a través de la polivalencia de las líneas de montajes y los operarios. La estandarización de los productos o adaptación de los útiles con adaptadores de fácil sustitución, la implementación de un sistema *Kanban* para gestionar la secuenciación de forma evidente e intuitiva, la formación por niveles a los operarios o el sistema SMED para facilitar la producción de pequeños lotes, son algunas de las herramientas encaminadas a alcanzar la polivalencia requerida. Además, se busca eliminar hasta el mínimo desperdicio de tiempo, y realizar únicamente tareas que den valor al producto, aquí es donde la ingeniería sufre las exigencias del mercado y se desarrolla en su máximo exponente, como por ejemplo en la factoría Ford, con un entramado de *conveyors*, túneles y líneas de montaje perfectamente secuenciado, y con la capacidad de exigir a sus proveedores un compromiso envidiable.

Una vez definido el panorama del mercado en el que se sitúa la empresa se van a analizar las causas por las que este proyecto es pertinente.

- **Exceso de movimientos evitables, definidos en el punto 2.**
- **Exceso de material parado en almacenes.**

- **No se respeta el FIFO:**
El FIFO (First In - First Out) es un modo de trabajar que garantiza que no se acumule material antiguo en un almacén, esto intenta garantizar el buen estado de los materiales de producción
- **Retraso en el aprovisionamiento:**
Aunque los materiales estén en el almacén de la nave de montajes, debido a las diversas funciones del carretillero y a la dificultad de maniobrar una carretilla en un espacio tan ajustado, se producen lapsos de tiempo a la hora de aprovisionar, lo que además confirma el punto siguiente.
- **Se mantiene ocupado al Jefe de Equipo realizando tareas de aprovisionamiento en lugar de realizar auditorías de proceso y de 5s:**
Las tareas fundamentales del Jefe de Equipo deberían ser la de controlar las necesidades de los operarios, motivar la producción y realizar un control continuo de la calidad, y la limpieza, a través de las diferentes auditorías. Al estar ocupado en tareas de aprovisionamiento no puede desarrollar su trabajo plenamente.
- **Inseguridad:**
La utilización de una carretilla eléctrica en una zona con tantos operarios alrededor es una práctica que genera mucha incertidumbre a la hora de asegurar la seguridad de todos los empleados. Algunos de los riesgos posibles son el atropello, vuelco de cargas y golpes.

4.2. Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es un modelo de gestión enfocado en realizar una producción ajustada, ajustada a un pedido, ajustada en cuanto a tiempos, desperdicios y personal. Aunque en un modelo más arcaico este ajuste supondría una pérdida de valor por costes de calidad y retrasos, en el modelo Lean ese ajuste se consigue incidiendo en la mejora continua de la producción y del flujo, tanto de información como de bienes, pretendiendo así maximizar el valor que percibe el cliente reduciendo costes e involucrando a toda la organización en dicho proceso, incluso un operario, que en las filosofías anteriores era un simple peón, puede ser partícipe de la evolución de la compañía.

Este modelo de gestión, tan aclamado en hoy en día fue implantado por Toyota, en ese entonces dirigida por Taiichi Ohno. Tras la segunda guerra mundial Taiichi Ohno visitó EEUU para estudiar el modelo de producción de Ford, pero no fue hasta que visitó los supermercados estadounidenses cuando encontró un modelo inspirador de gestión de la producción. Los supermercados fueron ejemplo de ajuste de la cadena de valor, se eliminaban pasos innecesarios, los inventarios manejados eran reducidos (seguramente obligados por la caducidad de los artículos, esto es un factor que fuerza a que si tienes inventarios elevados seguramente tengas que tirar a la basura gran parte del inventario de forma periódica), y se le daba al trabajador la responsabilidad de apoyar la cadena de valor.

Al final, el modelo Lean Manufacturing, trata de encontrar/crear las herramientas pertinentes para eliminar los desperdicios de cada industria, por ese motivo lo que vale para un tipo de empresa a lo mejor no vale para otro sector y hay que ir cribando y definiendo que herramientas son más útiles para una empresa en particular, sin perjuicio, claro está, de mantener siempre el objetivo claro. Algunas de las herramientas más conocidas, que se van a definir más adelante, son 6 Sigma, TPM, JIT, 5s, FIFO, etc. Incluso existen empresas que han creado modelos propios que se basan en la madurez de la organización, esto es muy útil a la hora de implantar una filosofía o sistema puesto que establece un “paso por paso”.

En el modelo Lean, los sobrecostes son percibidos como desperdicios, así pues, los desperdicios en cuya eliminación/reducción más incide esta filosofía son:

- Tiempo Ocioso
- Sobreproducción
- Movimientos
- Transportes innecesarios
- Almacenamiento/Inventario
- Fallos de Calidad
- Exceso de Instrucciones

Se van a definir algunas de las herramientas más generalizadas en las empresas que han adoptado, o adaptado, el modelo Lean:

4.2.1. Herramientas Lean

- **Key Performance Indicator (KPI)**

Un KPI es una herramienta muy útil para hacer un seguimiento periódico del rendimiento de los factores que indican la “salud” del proceso. Estas gráficas son de gran ayuda para detectar variaciones e incidencias en los procesos, el paso siguiente sería realizar una investigación de la incidencia y poner los recursos necesarios para que no se vuelva a repetir, en caso de haber sido un suceso negativo, o intentar recrear dicha situación, en caso de haber sido una variación positiva para el proceso. Además estas gráficas se sitúan en zonas vistas de la planta para involucrar a todo el personal e informar de la situación en cada momento.

Uno de los principios de la filosofía Lean es medir todo lo concerniente a la actividad de la empresa, una de las frases que más resuena relacionada con este principio es “Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre.” (William Thomson Kelvin). La razón de esta necesidad de medir los factores importantes de los procesos, y exponerlos de una manera tan pública es sencilla de entender: aunque ocultes los problemas estos no dejarán de existir, al contrario, irán aumentando hasta que sea demasiado tarde y salgan a la superficie de manera forzada. La manera más común de ocultar estos problemas de calidad o de procesos es aumentando el inventario (Figura 4.1).

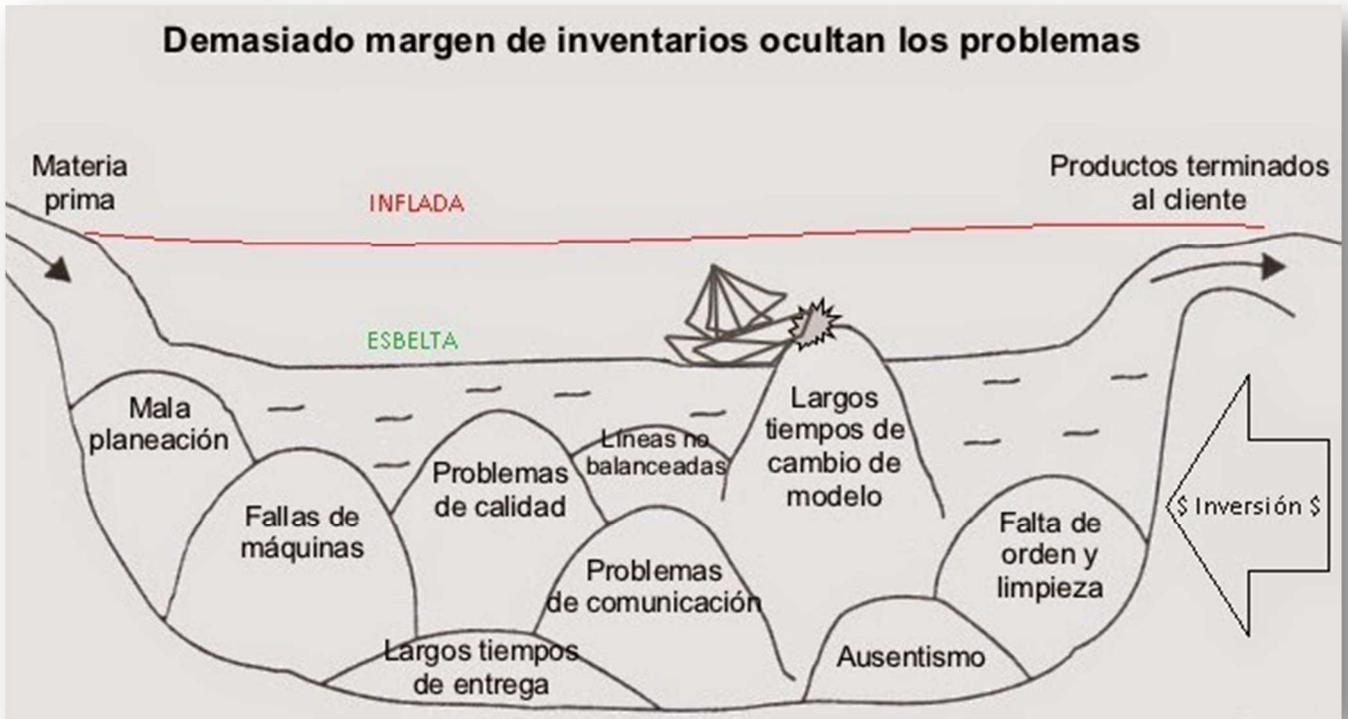


Figura 4.1 Ilustración comparativa industria tradicional vs industria Lean

Al estar en una línea de montaje los KPIs más interesantes son los de productividad y calidad:

Para el KPI de productividad se han tomado tiempos de los procesos de montaje, se ha calculado una producción ideal (teniendo en cuenta los coeficientes de fatiga y otros factores) y se ha aprovechado la declaración de producción, que se realizaba con el fin de facturar, para automatizar una tabla Excel que tome esos datos, calcule la productividad (Ecuación 4.1) y vaya generando la gráfica día a día. Este KPI es de carácter mensual y se cuelga cada mes en los puestos de interés (Figura 4.2)

$$Productividad = 100 * \frac{Producción Real}{Producción Ideal} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

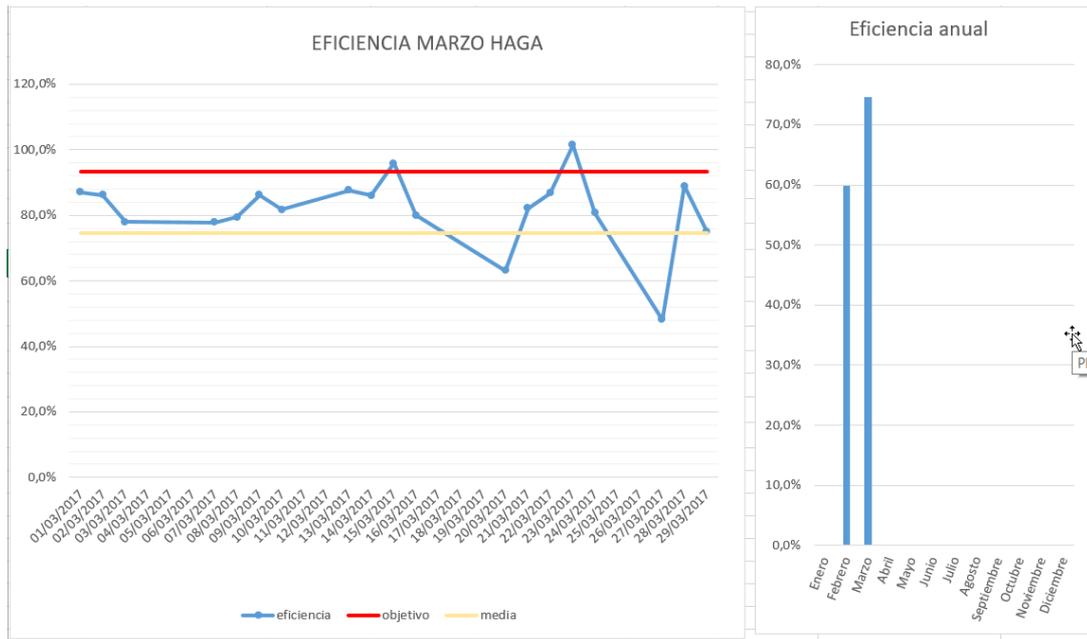


Figura 4.2 KPI Productividad

En cuanto al KPI de calidad, se ha implementado una toma de datos paralela entre los defectos detectados durante el montaje y los detectados en la revisión posterior. Estos datos se enfrentan con los defectos detectados por el cliente, este dato es el punto que se pretende mejorar con este KPI, el objetivo siempre es cero rechazos del cliente. Los otros datos, aunque menos críticos, también son objeto de mejora, puesto que los errores detectados tras el montaje suponen un coste sin retorno (Figura 4.3).

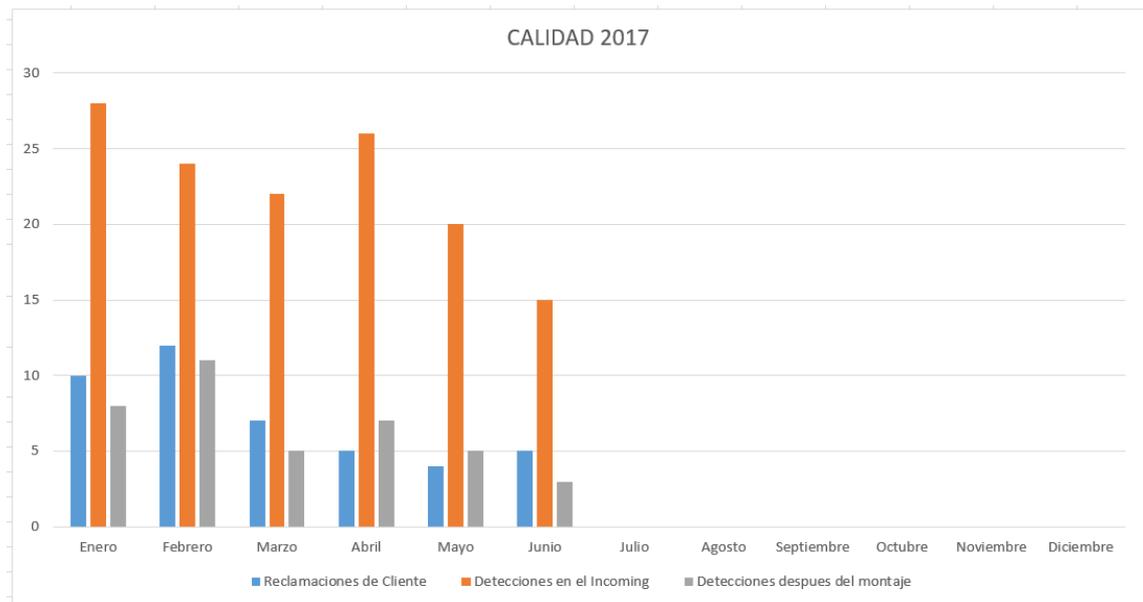


Figura 4.3 KPI Calidad

- **First In – First Out (FIFO)**

FIFO es una manera de trabajar que garantiza, en cierta medida, la no expiración de los materiales involucrados en el montaje. El principio básico es que, en un almacén, o zona de recogida de material, el primer material que se debe utilizar es el más antiguo. Esto es muy fácil de seguir si el flujo de material es lineal, se carga por un lado y se recoge por el lado contrario, es decir, el material más nuevo empuja al material más antiguo a la salida.

- **Cinco eses (5s)**

Las 5s son una manera de responsabilizar al empleado de mantener su puesto de trabajo ordenado, basándose en la premisa de que, si en el puesto solo hay lo indispensable para la actividad de cada momento, se perderá menos tiempo buscando las herramientas necesarias en cada movimiento y, además, dificulta que se cometan equivocaciones en su utilización, lo que incrementa la calidad asociada al proceso. También es una herramienta útil para reducir riesgos, incrementar la moral del trabajador y mejorar la seguridad laboral.

Las 5s hacen referencia a 5 puntos/ etapas fundamentales que deben comprobarse para lograr el objetivo:

1S. Seiri → Eliminar innecesarios

2S. Seiton → Situar necesarios

3S. Seiso → Eliminar Suciedad

4S. Seiketsu → Estandarizar mediante normas y procedimientos

5S. Shitsuke → Mantener la disciplina y seguir mejorando.

- **Just In Time (JIT)**

Just in Time es, en sí mismo, Lean Manufacturing, ya que es, en sí mismo, la voluntad de ajustar la producción al máximo. Para conseguir este fin es necesario una coordinación solidaria entre el cliente y el proveedor, esto requiere gran flexibilidad del área productiva y un método sincronizado. Para mejorar la sincronización se emplean herramientas visuales, como el sistema *Kanban*, que es un sistema de tarjetas, e incluso herramientas sonoras.

El sistema *Kanban* se puede resumir en que se coloca una tarjeta que se encuentra oculta mientras, por ejemplo, existan piezas en la ubicación donde deben estar para un montaje, si esa tarjeta es visible significa que se han acabado las piezas, el proveedor de dichas piezas ve la tarjeta y debe saber que le toca aprovisionar esa ubicación. De esta forma tienes justo lo necesario en el lugar necesario. Esto es muy sencillo de aplicar cuando cliente (operario de montaje) y proveedor (proveedor) se encuentran en el mismo espacio físico, sin embargo, es complicado realizar esa sincronización cuando existen largas distancias, que complican la sincronía del proceso y es donde entra la logística.

- **Kaizen**

Comúnmente conocido como “mejora continua” es un proceso que implica a todos los trabajadores, ya que todos los trabajadores pueden proponer ideas para mejorar el trabajo y la calidad, busca acciones concretas, de reducido presupuesto y simples de realizar, para mejorar cualquier actividad desarrollada por la empresa, desde posicionamiento de los útiles en el puesto de trabajo hasta gestión de residuos de toda la compañía. El hecho de que cualquier empleado pueda participar es debido a que todos son capaces de proponer ideas para la mejora de su puesto de trabajo o de una zona en general, además esto ayuda a mantener motivados a los empleados, que ven como se les empieza a considerar en el entorno de la empresa.

En algunas empresas el *Kaizen* está tan arraigado que prácticamente incluyen cláusulas en los contratos para participar en uno o más eventos *Kaizen*, incluso ofrecen pluses a sus empleados por la participación. Estos eventos son reuniones de equipos de mejora continua, formados por trabajadores de la empresa de cualquier nivel y departamento, que trabajan juntos para darle enfoques diferentes a un problema concreto. Esto fomenta la unión de equipos totalmente dispares y el sentimiento de formar una piña gran parte de la empresa.

- **Total Productive Maintenance (TPM)**

Esta herramienta busca eliminar desperdicios de tiempo asociados a averías de la máquina. Consiste en introducir el mantenimiento preventivo en las tareas básicas de los operarios, este mantenimiento puede ser limpiar un sensor al inicio del turno, medir una pieza sometida a desgaste o conocer bien la maquina operada. De esta forma, en siguiendo la línea de las demás herramientas, se pretende dar mayor responsabilidad al empleado, él es el encargado de su equipo de trabajo por lo tanto, él es quien debe cuidarlo, limpiarlo y mantenerlo, dentro de sus limitaciones.

- **8 Disciplinas (8D) (Anexo 2)**

El 8D es una herramienta de análisis y resolución de problemas. Para realizar dicho análisis se reúne un equipo multidisciplinar que se compromete a definir, investigar, relacionar, solucionar y evitar que se repita, un problema concreto, dicho problema puede ser una reclamación de cliente, un problema en la línea o incluso un problema disciplinar de un empleado. La herramienta se apoya en 8 etapas lineales que dirigen al equipo en el análisis y solución:

1D. Creación del equipo de reacción.

2D. Descripción inicial del problema, en esta etapa es útil hacerse las siguientes preguntas:

¿Cuál es el problema?

¿Qué está pasando? vs ¿qué debería estar pasando?

¿Cuándo está pasando? Vs ¿Cuándo no está pasando?

¿Quién está involucrado?

¿Cuál ha sido el alcance del problema?

3D. Se definen unas acciones temporales, estas acciones no son la solución definitiva, no debe dejarse aquí el problema, puesto que estas acciones están basadas en experiencias similares o en un plan de reacción preestablecido.

4D. Análisis de las causas raíz. En este apartado se utilizan técnicas de análisis de situaciones, en el ejemplo anexo se emplean las 5Ws y el diagrama de Ishikawa:

Las 5Ws consiste en preguntarse hasta 5 veces el porqué de la situación, el modo de proceder es, expones el problema, te preguntas el porqué, a cada respuesta te vuelves a preguntar el porqué, así hasta 5 veces en cada rama (es posible que una pregunta tengas varias respuestas). Generalmente así se debería llegar al problema de base.

El diagrama de Ishikawa, comúnmente llamado diagrama de espina de pescado, consiste en un análisis gráfico de la situación, situando el problema visible a la cabeza del análisis y cada espina refleja una disciplina relacionada con el problema. De cada espina salen ramificaciones en las que se aportan las razones por las que esa disciplina está relacionada con el problema. (Figura 4.4)

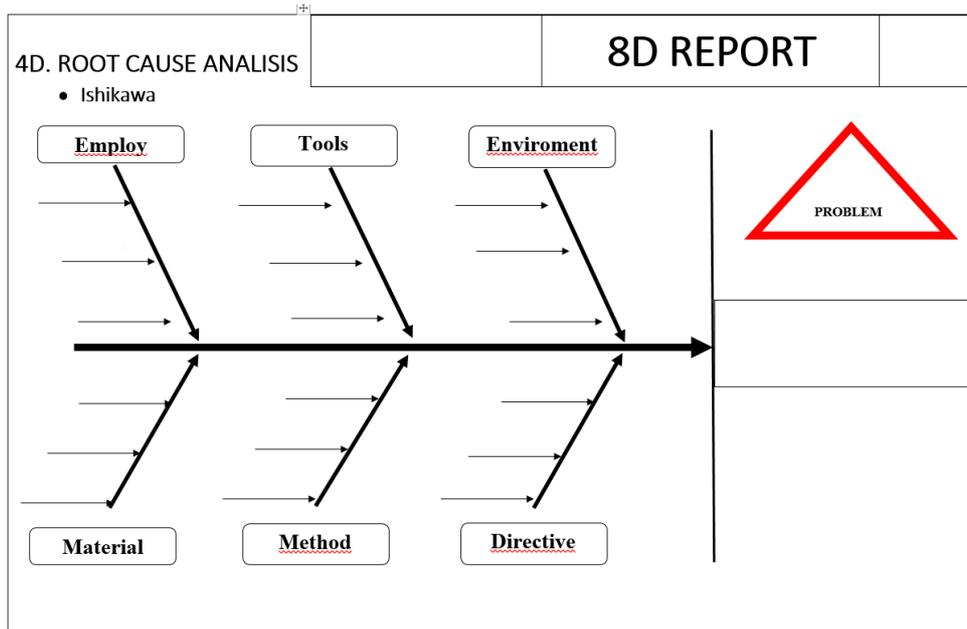


Figura 4.4 Diagrama de Ishikawa

5D. Implementación de acciones permanentes. Tras el análisis de la causa raíz ya se puede atacar el problema desde la base, las acciones que se tomen serán efectivas o no, pero este es un proceso que evoluciona gracias a la realimentación. Se propone una solución, se verifica (6D.) y se corrige según necesidad.

6D. Verificación de acciones permanentes. En esta etapa se comprueba que, efectivamente, las acciones tomadas son positivas y han resuelto el problema. Si el problema no se hubiera resuelto pero las acciones son positivas para el proceso, estas acciones se continuarían y se implantarían en las instrucciones de proceso.

7D. Prevenir recurrencia. Este punto es, según lo observado durante las prácticas, el punto que menos se comprende y se suele aplicar de forma incorrecta. La prevención de recurrencia no consiste en realizar acciones para prevenir que el problema se repita, para eso están las acciones permanentes, consiste, sin embargo, en realizar un análisis a priori o posteriori de las acciones permanentes y del proceso en sí, en el anexo se realiza a través de un FMEA (Análisis de modo y efecto de fallo) y un plan de auditorías de control. Un FMEA consiste en analizar todos los posibles fallos derivados de las acciones permanentes, o del proceso en general, y evaluar su importancia y las acciones que se deberían tomar para evitar que eso suceda. Se trata pues, de evitar que vuelva a haber errores relacionados con ese proceso.

8D. Cierre y Felicitaciones. En el cierre se puede hacer un pequeño *checklist* para ver cómo se va desarrollando la actividad asociada al 8D además una vez se considera cerrado es importante reconocer los fuertes y debilidades del equipo, y establecer unas lecciones aprendidas que puedan ser útiles en futuros problemas. Para ello se debe llevar un archivo que relacione los 8Ds con las reclamaciones, el tipo de defecto y cualquier dato que ayude a la consulta del 8D en caso de surgir un problema similar.

En las felicitaciones se trata de reconocer el esfuerzo realizado al equipo, esto ayuda a la realización del equipo laboralmente, se señalan los puntos positivos y los puntos a mejorar.

- **“Plan, Do, Check, Act” (PDCA)**

También conocido como *Círculo de Deming*, por Edwards Deming, su autor. Se trata de una metodología basada en cuatro pasos que se deben realizar para lograr la mejora continua, es decir, reducción de errores, solución de problemas, etc. Los pasos son cíclicos, lo que garantiza que se intenta mejorar sobre lo mejorado, que al fin y al cabo es una de las bases del Lean.

Las etapas son:

+Planificar: Se buscan los objetos de mejora y se plantean una serie de objetivos respecto a estos.

+Hacer: Se realiza una prueba de implantación de la propuesta.

+Check: Se comprueba, tras un periodo de adaptación, que el resultado obtenido es el deseado, si esto no sucede se modifica la mejora implantada acorde con el *feedback* recibido.

+Actuar: Se estudian los resultados y se comparan con la situación anterior, se debe decidir si modificar la mejora, aceptarla o desecharla según estos resultados. Tras este paso se debe realizar el ciclo periódicamente para seguir mejorando.

- **Quick Response Quality Control**

En esta herramienta se adapta el modus operandi del ciclo PDCA a la resolución de incidencias.

+Detección: Se decide si la incidencia es lo suficientemente grave como para detener la actividad o si por el contrario debería continuar, además se toman los datos pertinentes para proceder a su análisis y resolución.

+Comunicación: Se comunica la incidencia a los responsables de los procesos lo más rápidamente posible, si la incidencia es grave se debe comunicar de forma inmediata.

+Analizar y Actuar: las acciones más urgentes a determinar son la corrección, es decir, que hacer con los productos ya afectados, y la acción correctiva, es decir, que hacer para que no vuelva a ocurrir. En la práctica la acción correctiva solo es precisa si la incidencia es muy grave o si es repetitiva.

+Verificar: Hay que validar que las acciones han cumplido su cometido.

4.3. Primer Paso: Ubicación y Distribución en la Planta de destino.

Los montajes se van a ubicar en un apartado de la nave de inyección, donde actualmente se están realizando muros de calidad. En esta zona actualmente hay 8 mesas de inspección de las cuales solo se utilizan 3, además cada mesa tiene un *Layout* más extenso de lo realmente necesario para el tipo de tarea a realizar. Estas tareas se van a reubicar en una sola mesa alargada, en una esquina de la zona.

Según la asignatura X a la hora de establecer una distribución en planta se deben tener en cuenta varios factores:

El espacio disponible.

El espacio necesario de cada proceso.

El flujo de material.

En primer lugar se calcula el espacio necesario, para esto hay que recordar las clases de la asignatura Proyectos de Ingeniería, concretamente el Método Guerchet:

$$St = Ses + Sg + Sev \quad \text{Ecuación 4.2}$$

En esta fórmula hay 3 variables, la primera se trata de la superficie estática del útil:

$$Ses = \text{Supf. en planta del útil} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

La segunda es la Superficie de Gravitación, que se calcula según:

$$Sg = Ses * n \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Donde n es el número de lados accesibles.

La tercera es la Superficie de Evolución:

$$Sev = (Ses + Sg) * k \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Donde k es un número de ponderación estipulado (Figura 4.5)

Gran industria, manutención mediante puente grúa	0,05 - 0,15
Trabajo en cadena, con transportador mecánico	0,10 - 0,25
Textil. Hilado	0,05 - 0,25
Textil. Tejido	0,50 - 1
Relojería, joyería	0,75 - 1
Pequeña mecánica	1,50 - 2
Industria mecánica	2 - 3

Figura 4.5 Ponderaciones Superficie de

El espacio ocupado por un proceso cualquiera quedaría definido según la Figura 4.6:



Figura 4.6 Superficie total de una maquina

A modo de ejemplo, estos serían los cálculos para el proceso de montaje de la Sigla Seat (610LGSE000):

Dimensiones útil: 0.60 x 0.60 m

Numero de palets: 2

Dimensiones palet: 1.2 x 1 m

Numero de lados accesibles/ útil: 2

Numero de lados accesibles/ palets: 1

Aplicando la Ecuación 4.3

$$Ses = 0.36m^2$$

Aplicando la Ecuación 4.4

$$Sg = 0.36 * 1 = 0.36m^2$$

Aplicando la Ecuación 4.5

$$Sev = (0.36 + 0.36) * 0.20 = 0.144m^2$$

Superficie necesaria:

$$St = 0.36 + 0.72 + 0.162 = 3.64m^2$$

Las superficies de los demás procesos son:

Pieza	Ses	n	Sg	Se	N	St
610IPMOxxx	0,51	1	0,51	0,204	1	1,224
610CJFAxxx	1,725	1	1,725	0,69	1	4,14
Mesa 610REFAxxx	1,35	2	2,7	0,81	1	4,86
Útil 610REFAxxx	0,36	1	0,36	0,144	1	0,864
610BRRAXxx	0,96	1	0,96	0,384	1	2,304
610CTLExxx	0,63	1	0,63	0,252	1	1,512
610LGOPxxx	0,81	1	0,81	0,324	1	1,944
610HOSH002	0,8784	1	0,8784	0,35136	1	2,10816
610CAFK003	1,54	1	1,54	0,616	1	3,696
510LGS0000	0,36	1	0,36	0,144	1	0,864
Palet	1,2	2	2,4	0,72	25	108
Total	10,32	Total	12,87	4,64	Total	131,52

Tabla 4.1 Calculo Superficies Método Guerchet

En cuanto a la superficie disponible, a priori en la zona nueva hay un área de 368 m² que se destinará a los procesos y otra de 527 m² que se destinará a la cadena de suministro.

Para determinar la disposición de los procesos y las zonas logísticas también se ha consultado la Unidad 6 de la asignatura *Proyectos de Ingeniería*, donde se hace referencia al flujo de materiales y el cómo distribuir los procesos según la importancia de su relación entre ellos y las zonas logísticas.

Para ello se asignará a cada componente del flujo un número:

- Almacén IN: 1
- 510LGS0000: 2
- 610IPMOxxx: 3
- 610CJFAxxx: 4
- 610REFAxxx: 5
- 610BRRxxx: 6
- 610CTLExxx: 7
- 610HOSH002: 8
- 610LGOPxxx: 9
- 610CAFK003: 10
- Inyección: 11
- Expediciones: 12

Una vez realizada la asignación hay que recordar la simbología empleada en la asignatura:



Figura 4.8 Simbología Procesos

Value	Closeness desirability
A	Absolutely necessary
E	Epecially important
I	Important
O	Ordinary closeness OK
U	Unimportant
X	Not desirable

Figura 4.7 Importancia Relaciones

Para determinar la relación entre procesos se ha empleado la Tabla 4.2

Proceso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		E	E	E	O	E	O	I	E	E	O	U
2	E		U	U	U	U	U	U	U	U	E	I
3	E	U		U	U	U	U	U	U	U	U	I
4	E	U	U		U	U	U	U	U	U	E	I
5	O	U	U	U		U	U	U	U	U	E	I
6	E	U	U	U	U		U	U	U	U	E	I
7	O	U	U	U	U	U		U	U	U	E	I
8	I	U	U	U	U	U	U		U	U	U	I
9	E	U	U	U	U	U	U	U		U	U	I
10	E	U	U	U	U	U	U	U	U		U	I
11	O	E	U	E	E	E	E	U	U	U		I
12	U	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	

Tabla 4.2 Tabla de Relaciones entre procesos

Para simplificar el esquema se va a suponer 3 grupos de montajes:

- Los que dependen fuertemente del área de Inyección, pero también del Almacén que absorbe la producción de Inyección: Grupo 1
- Los que dependen fuertemente de proveedores externos: Grupo 2
- Los que no dependen fuertemente de nadie (debido a tamaño de pieza y coste de movimiento/pieza prácticamente nulo: Grupo 3

La asignación quedaría:

- Almacén IN: 1
- Grupo 1: 2
- Grupo 2: 3
- Grupo 3: 4
- Inyección: 11
- Expediciones: 12

Así pues, el esquema inicial quedaría de la siguiente manera (Figura 4.9):

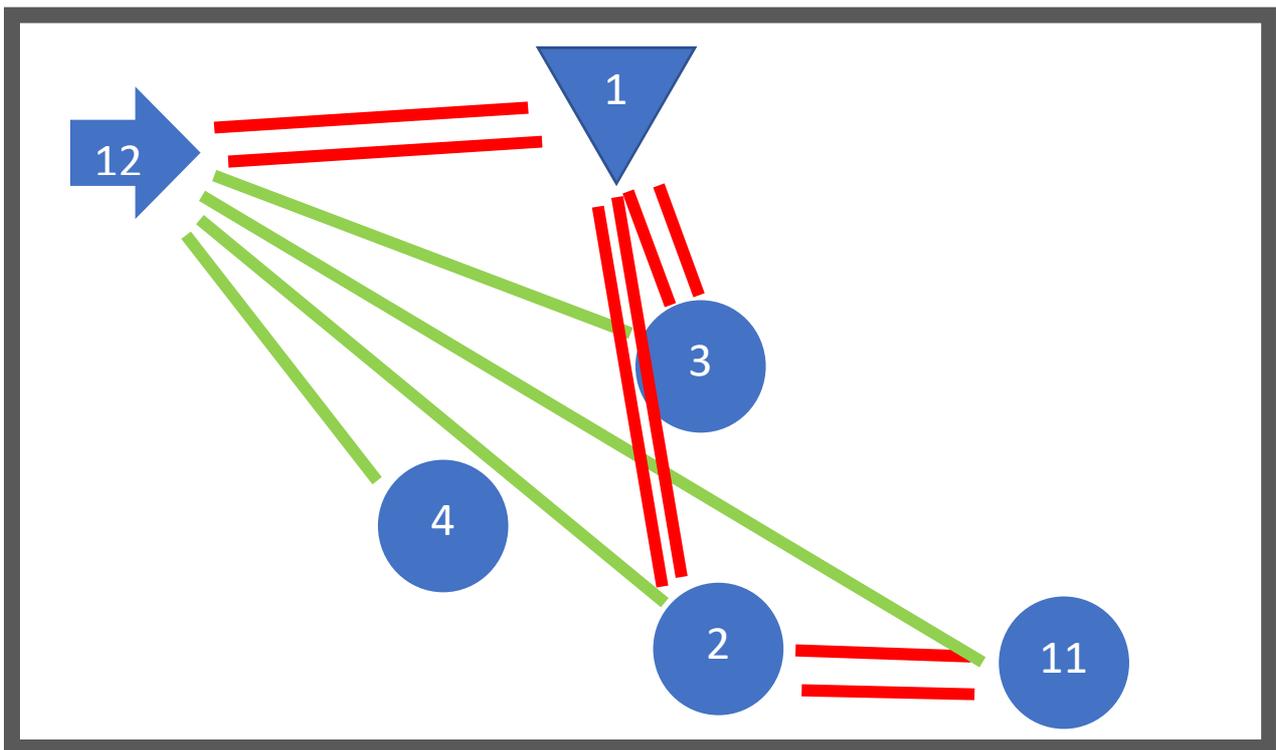


Figura 4.9 Diagrama Ubicaciones Nueva Zona

En el Anexo 3 se puede observar la distribución tras este primer paso.

Para poder comparar cada mejora que se realice, sobre esta base se ha realizado una toma de tiempos inicial (T₀) de los procesos de montaje. Además, como las futuras mejoras involucran en su mayoría a la entrada y salida de material en el puesto, tan solo se incidirá en estos tiempos, dados en segundos (Tabla 4.3).

Pieza	T ₀ ciclo (s)	T ₀ OUT (s)	T ₀ IN (s)	T ₀ emb
610IPMOxxx	30	29	30	8
610CJFAxxx	67	25	28	24
610REFAxxx	33	20	26	48
610BRRAXxx	44	28	30	12
610CTLE000	214	19	19	0
610LGOPxxx	24	24	32	27
610HOSH002	77	28	28	72
610CAFK003	250	31	33	6
510LGS0000	27	44	32	45

Tabla 4.3 Tiempos iniciales

4.4. Segundo Paso: Eliminación de Palets de Entrada

Para introducir este paso antes se hablará sobre un concepto no nombrado durante el Grado, descubierto tras una visita a la planta de Faurecia de Almussafes, la cual provee a la factoría Ford de los salpicaderos de sus coches, montados y listos para ensamblar en el coche; por lo tanto, podría decirse que es un concepto tomado de uno de los referentes en secuenciación en el sector de la automoción.

Se trata del *Supermercado*, consiste en habilitar una zona cercana a la línea de producción para abastecer a los puestos. A priori puede parecer que es un almacén más, con todos sus inconvenientes, pero si se analiza su distribución se pueden ver las ventajas:

- Dos posiciones (1 calle) por componente utilizado en la línea.
- Los útiles rotativos “limpian” su calle cada vez que se cambie de montaje.
- Posiciones a ras de suelo.
- Accesibilidad a pie.
- Prohibición del uso de carretillas.

Ventajas:

- Las piezas en crudo pueden dejarse en el Supermercado directamente, ahorro de almacenamiento y se evita inyectar de forma innecesaria.
- Las piezas de proveedor no sufren las ineficiencias de los almacenes de forma directa. Aunque, por supuesto, el futuro será corregir dichas ineficiencias.
- Las piezas de proveedor pasarán antes por un *Incoming*, en el Supermercado solo debe haber material OK.
- El flujo de material mejora al eliminar las carretillas.
- La seguridad en la línea mejora al eliminar las carretillas.
- Los errores de aprovisionamiento generan menos retrasos, por no tener que desplazar grandes cantidades de material distancias considerables. Además, al tener mejor visibilidad del material estos errores disminuyen.
- Es más fácil mantener el orden en este elemento en comparación con los almacenes tradicionales.

¿Cómo se pueden eliminar los palets de entrada en la línea?

La introducción del concepto anterior es justificada en este paso que se va a llevar a cabo. Al igual que en los supermercados, en donde es imposible entregar directamente el producto al cliente desde el camión de aprovisionamiento, aquí ocurre lo mismo, la secuenciación necesaria para tal variedad de piezas con tantos focos diferentes y tan alejados es prácticamente una odisea. Ford lo ha conseguido a base de atraer a sus proveedores a sus inmediaciones y debido a un ejercicio de la ingeniería intachable, construcción de túneles con un determinado ritmo de aprovisionamiento, estandarización de procesos, eliminación de los embalajes en la línea, empleo de jaulas donde se sitúan los materiales, automatización de gran parte de los procesos, etc. Por lo tanto, la solución es la misma que la de los supermercados, en su caso los productos son “expuestos” en estanterías, reservando un espacio para cada producto en base a su demanda, caducidad, aprovisionamiento, etc. Por eso no es de extrañar que, en el *Consum*, la cerveza *Amstel* cuente un espacio donde situar más de 200 unidades y la cervezas *Pilsner Urquell*, *Murphy’s* o *Guinness* cuenten con un espacio inferior a 18 unidades cada una. Como se iba explicando la solución a adoptar es sencilla de copiar de los supermercados, se habilitan unas “estanterías” donde ubicar un número de unidades que sea “cómodo” de secuenciar sin incurrir en un abuso del espacio. Y, como hay piezas de un mayor tamaño en vez de utilizar estanterías con esas referencias, se ubicarán directamente en el suelo. Por lo que es una mejora considerable a coste reducido (inicialmente).

Para determinar el espacio necesario se debe calcular las posiciones necesarias de cada referencia (Tabla 4.4).

Puesto	Referencias IN Pintura	Referencias IN Cromado	Referencias IN Crudo	Otras
610IPMOxxx	4	0	0	1
610CJFAxxx	0	4	2	1
610REFAxxx	0	2	4	0
610BRRAXxx	0	2	2	0
610CTLE000	0	0	1	1
610LGOPxxx	0	3	2	1
610HOSH002	0	1	0	1
610CAFK003	0	1	0	1
510LGS0000	0	2	1	0
Total	4	15	12	6

Tabla 4.4 Calculo materiales Supermercado

La distribución del supermercado se puede consultar en el Anexo 4

Y la distribución en planta será (Figura 4.10):

Se sustituye el Almacén IN por el Supermercado.

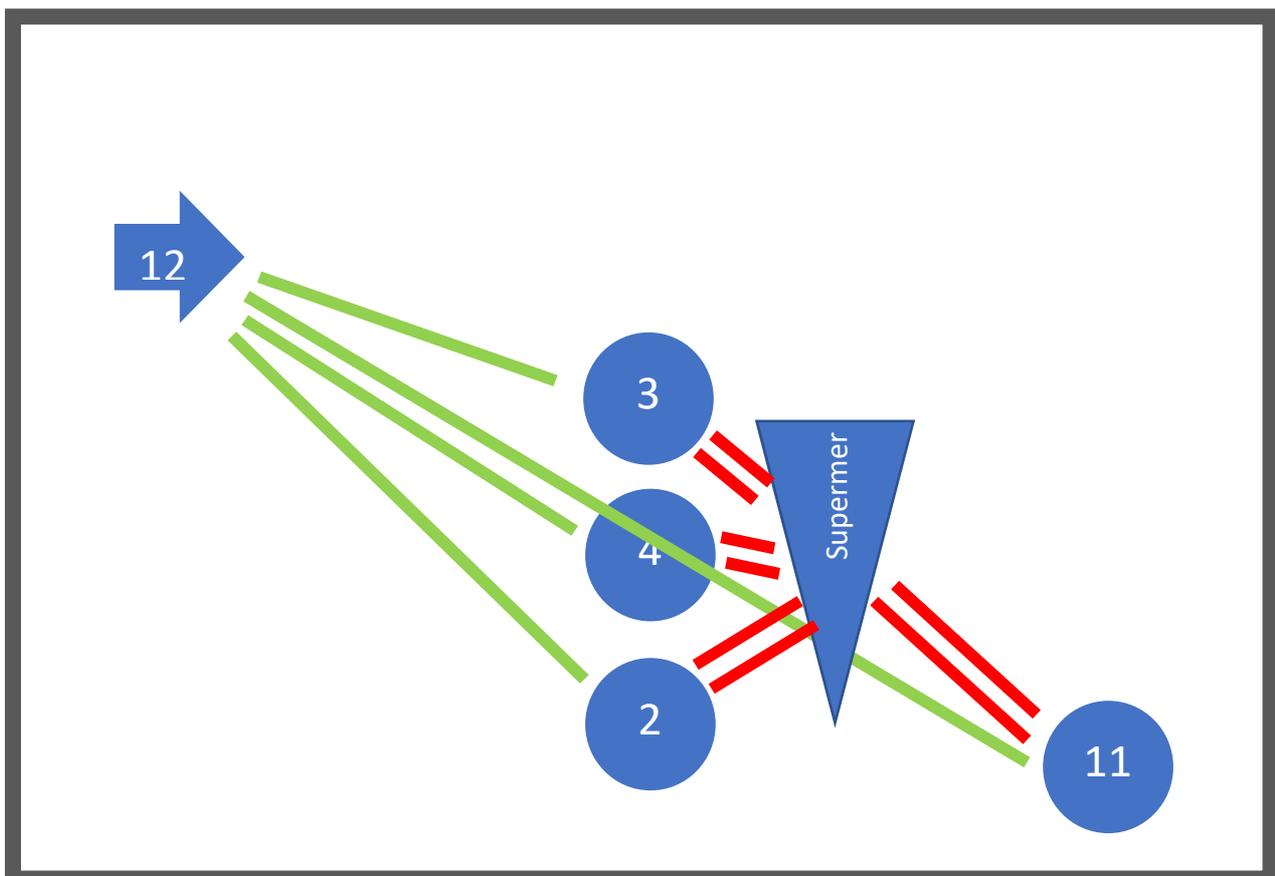


Figura 4.10 Distribucion en la Nueva Zona con el Supermercado

Para seguir en esta dirección se debe pensar en cómo realizar el aprovisionamiento, desde el supermercado hasta el puesto de trabajo.

En primer lugar, se va a crear la figura del aprovisionador. La tarea del aprovisionador será la de estudiar la planificación, mantener una buena comunicación con el jefe de equipo de su turno, y conocer a la perfección la distribución de la zona y del supermercado, así como las referencias de su zona, todo esto con el fin de poder aprovisionar de forma satisfactoria y sin errores a los puestos de trabajo, es decir, es la unión entre el supermercado y la línea de montaje.

En segundo lugar se debe buscar un sustituto viable de los palets, ya que se parte de la premisa de que se van a eliminar de la línea. Para empezar, se señalan algunos de los inconvenientes de los palets en la línea:

- Es el operario el que va vaciando el palet a medida que avanza.
- Es perjudicial para la espalda coger los KLTs de los pisos inferiores.
- Para su manejo requieren de Transpaleta o carretilla.
- Su rendimiento de almacenamiento es muy ineficiente a medida que se consume el material. (Demasiada superficie ocupada de forma permanente).
- El exceso de movimientos hace que se deterioren fácilmente.
- No son adaptables.

Por lo tanto, se busca un sustituto que sea rápido para el operario a la hora de coger el material, cómodo para el aprovisionador, que permita recoger fácilmente el embalaje IN vacío y dejar el embalaje IN lleno, modulable para adaptarse a los cambios futuros, robusto, práctico y que no tenga que ser sustituido para cambiar el material.

Tras muchas observaciones en muchas empresas como Faurecia, Schneider, Celestica, etc. Se ha llegado a la conclusión de que el sustituto más adecuado son las estanterías modulares. Se trata de unas estanterías tubulares (Figura 4.11) que son totalmente adaptables a las necesidades del proceso, ya que se puede variar su altura y anchura movimiento las rotulas de unión o cambiando los tubos utilizados, sin tener que desoldar o cortar materiales costosos. Además, se pueden instalar sistemas de rodillos para agilizar las cargas y descargas de KLTs y también se les puede dar inclinación a sus baldas, por lo que el operario o el aprovisionador tan solo tienen que dejar el material al inicio de la rampa y por gravedad caerá a la cara opuesta, donde le aguarda el receptor interesado de ese material (Figura 4.12).



Figura 4.11 Estantería modular

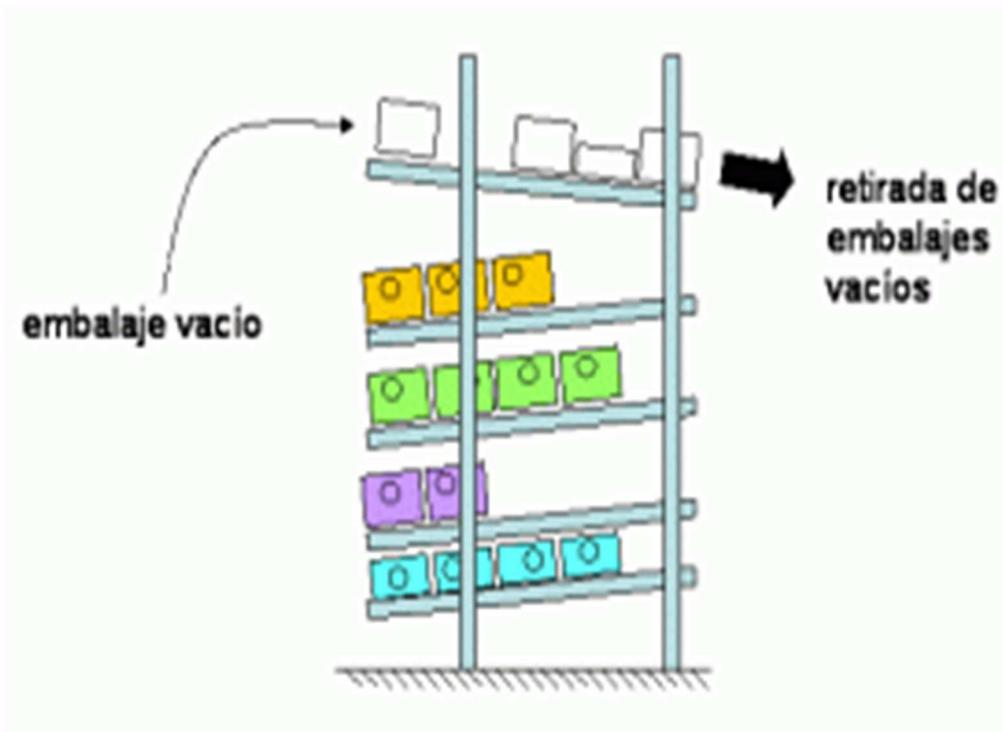


Figura 4.12 Modo general de operación

Para cada puesto se determinara que morfología interesa más a la hora de diseñar las estanterías de material de entrada (Tabla 4.5).

Puesto	Dimensiones Max. Embalaje (L x W x H)	Carriles Emb. Lleno	Carriles Emb. Vacío	Altura libre entre carriles (cm)	Anchura mínima del carril (cm)	Longitud/carril (cm)
610IPMOxxx	60x40x28	2	2	33	40	120
610CJFAxxx	80x40x20	3	2	25	40	120
610REFAxxx	40x31x28	2	2	33	35	120
610BRRAXxx	60x40x28	2	2	33	40	120
610CTLExxx	60x40x28	2	2	33	40	120
610HOSH002	60x40x28	2	2	33	40	120
610CAFK003	130x40x25	2	2	30	40	120
510LGS0000	60x42x30	2	2	35	45	120
610LGOPxxx	60x40x28	2	2	33	45	120

Tabla 4.5 Dimensiones estanterías

Una vez se han recopilado los datos va a establecerse el diseño general que tendrán las estanterías, y posteriormente se incidirá en cada puesto.

A priori las estanterías tendrán dos o tres estantes en la mitad superior, con una pendiente negativa hacia el operario y uno o dos estantes en la mitad inferior con una pendiente negativa hacia el lado contrario (Figura 4.13).

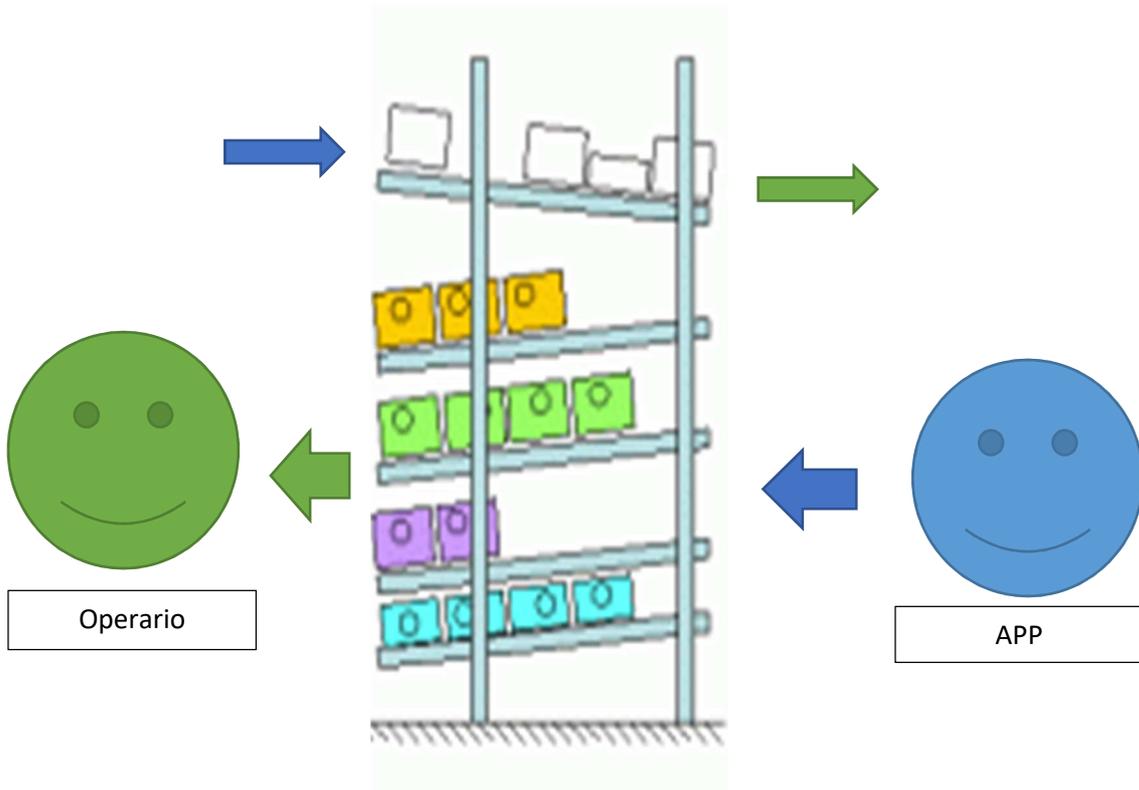


Figura 4.13 Flujo del material en el aprovisionamiento

En los estantes superiores el APP, desde atrás dejará el material recogido en el *Supermercado* y el operario los recibirá en su lado. Cuando el operario haya vaciado el embalaje que contenía las piezas lo coloca en los estantes inferiores y así el APP podrá recogerlo.

La Nueva distribución se ve reflejada en el Anexo 5.

Puesto que esta mejora influye en las actividades que debe realizar el operario asignado al puesto de montaje, va a hacerse una estimación basada en simulaciones del nuevo proceso de suministro en el puesto (T1) (Tabla 4.6).

Pieza	T ₁ IN-TOTAL
610IPMOxxx	10
610CJFAxxx	7
610REFAxxx	7
610BRRAXxx	7
610CTLE000	7
610HOSH002	7
610CAFK003	9
510LGS0000	7
610LGOPxxx	7

Tabla 4.6 Tiempo IN Segundo Paso

4.5. Tercer Paso: Eliminación de Palets de Salida

Siguiendo la dinámica del paso anterior nuestro objetivo es eliminar todos los desperdicios de espacio y tiempo que existen en la línea, una vez se han eliminado los palets de material IN el paso siguiente es eliminar los palets de material OUT. De esta forma se consigue que el operario se dedique única y exclusivamente a aportar valor a las piezas y que no cuesten tiempo de montaje el resto de actividades más propias de la logística.

Cada segundo que el operario invierte en dejar KLTs en un palet es tiempo que se podría invertir en montar más piezas o asegurar una calidad impecable, esas son las actividades realmente importantes y aportan valor y excelencia a las actividades de una empresa.

Al igual que en el paso anterior se va a comenzar habilitando una zona, llamada playa de salida, donde se puedan ubicar los palets de material en proceso. Para elegir esta zona debe tenerse en cuenta que debe estar próxima a la zona de expediciones sin estar alejada de la línea de montajes. Para diseñar su distribución hay que definir el número de referencias diferentes que se pueden montar al mismo tiempo (Tabla 4.7).

Aunque una maquina pueda montar 5 referencias no tendría sentido reservarle 5 espacios si no es capaz de montarlas a la vez.

Puesto	Referencias simultaneas
610IPMOxxx	2
610CJFAxxx	1
610REFAxxx	2
610BRRxxx	1
610CTLE000	1
610HOSH002	1
610CAFK003	1
510LGS0000	1
610LGOPxxx	1
Total posiciones	11

Tabla 4.7 Calculo Ubicaciones Playa Paletizado

Para reservar las posiciones además de tener en cuenta la simultaneidad de los montajes, hay que pensar que para mayor comodidad los palets deben ser accesibles a pie por los 4 lados y por elevadora manual por al menos un lado. Por estos motivos se han reservado 11 posiciones en 3 filas con un espacio mínimo entre ellas de 60cm y un pasillo entre 2 filas de 160cm como se puede observar en la Figura 4.14:

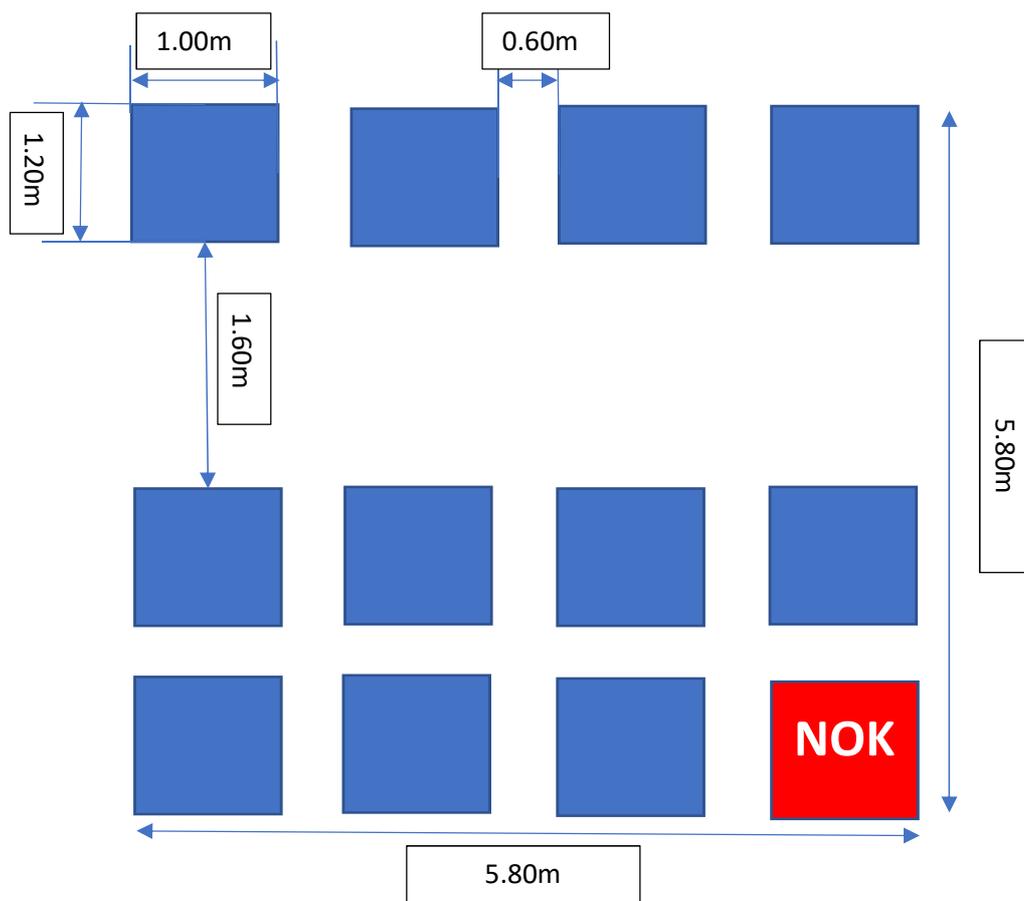


Figura 4.14 Playa Paletizado

Para realizar el tránsito desde la línea de montaje hasta esta playa se le va a otorgar la responsabilidad de la tarea a un trabajador cuya función será la de llevar a cabo con éxito el trasiego de materiales asociado a ese flujo concreto de la línea.

Ahora bien, se da la misma situación que cuando se ha planteado la eliminación de los palets de entrada en el puesto, ¿dónde se ubican las cajas o KLTs de piezas ya montadas una vez se han completado? La ubicación debe estar más a mano que los palets, debe ser más cómodo y requerir menos movimientos, si no fuera así no habría ninguna mejora con este cambio. Se va a recurrir a la misma solución que en el caso anterior por lo que los cálculos son los mismos (Tabla 4.8).

Al igual que en el caso anterior, el operario recibe por los estantes superiores y entrega por los inferiores, lo que cambia es el material que recibe y el que entrega. En este caso recibirá embalaje vacío y entregará material terminado (Figura 4.15).

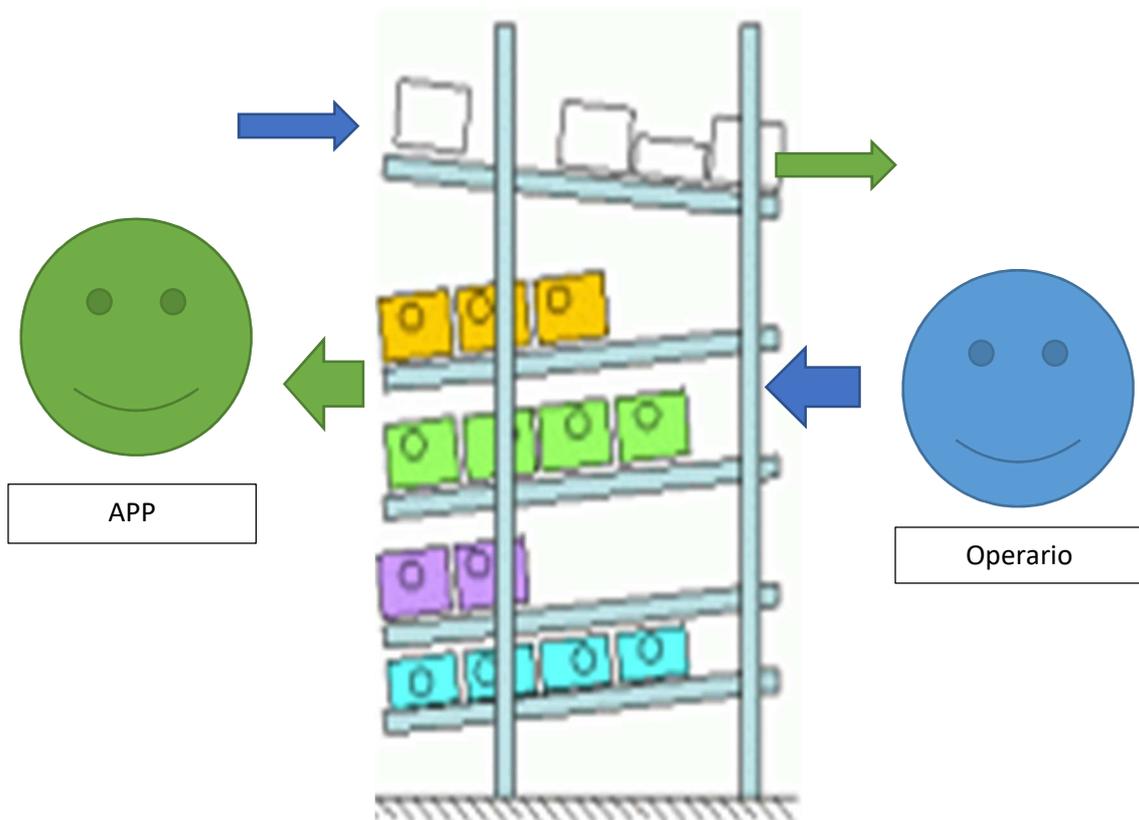


Figura 4.15 Modo de operación estanterías de salida.

Debido a que aún no se ha conseguido calidad total en los procesos y tampoco se ha conseguido detectar los desperfectos de proveedor al 100% en la recepción, existe un residuo en el proceso que hay que tratar. Este desperdicio son las piezas NOK, estas piezas son el resultado de un defecto anterior al montaje o un mal montaje de una pieza OK, para lidiar con este inconveniente se ha pensado en emplear un embalaje diferenciador, de color rojo vivo. El procedimiento será el siguiente:

- El operario tendrá en el puesto 2 KLTs de color rojo vivo.
- Cuando una pieza cumple la condición NOK será embalada como una pieza normal en uno de esos KLT
- Al completar el KLT el operario lo depositará en el estante de salida de piezas terminadas.
- El APP recogerá el KLT y lo depositará en una zona habilitada para ello en la playa de paletizado.
- El APP detectará que al operario solo le queda un KLT de NOK, por lo tanto le repondrá una unidad.
- El responsable de cliente del departamento de calidad será avisado.
- Esta persona deberá contactar con el cliente para confirmar que esa pieza es NOK.
- Una vez recibida confirmación se abrirá un QRQC, si el defecto es de proveedor se lanzará una alerta en la recepción del material, para que tengan en cuenta ese defecto en futuras revisiones.
- Si el defecto es debido a una mala acción del operario se le deberá repetir la formación y realizar auditorías diarias durante una semana, el QRQC seguirá por esta línea.
- Si el defecto es por culpa de la máquina y se repite durante el mismo turno más de 5 veces se parará la máquina y se llamará de urgencia al personal de mantenimiento para buscarle solución.
- Si no se repite se pospondrá el mantenimiento al final de la jornada.

En cualquier caso, se tomará una muestra de cada defecto repetitivo (o de un defecto nuevo), se tomarán fotos de todos los defectos y el resto de piezas se devolverán a proveedor repercutiéndole el coste o se eliminarán si ha sido un error de montaje.

Puesto	Dimensiones Max. Embalaje (L x W x H)	Carriles Emb. Lleno	Carriles Emb. Vacío	Pisos/ carril	Altura entre carriles (cm)	Anchura mínima del carril (cm)	Longitud/carril (cm)
610IPMOxxx	60x40x30	2	2	1	35	40	120
610CJFAxxx	100x40x12	2	2	2	30	40	100
610REFAxxx	40x29x28	2	2	1	35	60	120
610BRRAxxx	60x40x28	2	2	1	35	40	120
610CTLE000	60x40x28	2	2	1	35	40	120
610HOSH002	60x40x28	2	2	1	35	40	120
610CAFK003	130x40x25	2	2	1	30	40	120
510LGS0000	49x29x21	3	2	1	25	60	100
610LGOPxxx	60x40x8	2	2	3	30	40	120

Tabla 4.8 Dimensiones estanterías OUT

La distribución final de la zona, teniendo en cuenta que los siguientes pasos no modifican el *Layout*, se expone en el Anexo 6.

La mejora del proceso repercute en los tiempos de tal forma que se puede invertir ese tiempo en otras actividades (Tabla 4.9).

Pieza	T₂OUT-TOTAL
610IPMOxxx	6,5
610CJFAxxx	6,5
610REFAxxx	7
610BRRAXxx	6,5
610CTLE000	6,5
610HOSH002	6,5
610CAFK003	6,5
510LGS0000	7,5
610LGOPxxx	6,5

Tabla 4.9 Tiempos OUT Tercer Paso

4.6. Cuarto Paso: Implementación de *Kanban*

Una vez se ha planteado la situación deseable de la distribución en planta es hora de prepararse para el quinto paso, pero antes se deben pulir los detalles relacionados con la *Supply Chain*, para evitar errores que puedan repercutir a los clientes.

Este paso intermedio consiste en usar un sistema de información llamado *Kanban*, en este proyecto se va a implementar en su vertiente más sencilla, llegar a las fases más complejas será objeto de futuros proyectos, cuando la mentalidad de la empresa haya madurado a medida que los cambios se van sucediendo.

El sistema *Kanban* es un subsistema del JIT, en la fase inicial y más sencilla consiste en el uso de tarjetas que se colocan en los materiales para que cualquier persona que vea estas tarjetas sepa en qué fase del proceso está el producto.

Por el momento va a limitarse el uso de estas tarjetas a las etiquetas de entrada y salida de material en la zona de montajes, pero se podría establecer una tarjeta para cuando el embalaje se usa en inyección, otra para cuando está en el Supermercado, otra para cuando está en la máquina y otra para cuando está lista para ir a la playa de paletizado, donde se le pondría una tarjeta final al palet indicando que está listo para expedirse.

Siguiendo con el planteamiento van a establecerse tres tarjetas diferentes:

1. Tarjeta 1: Materia prima (Figura 4.16), esta tarjeta será la que lleven los KLTs de material sin montar. Esta condición la cumplen, en la zona de montajes, el material del Supermercado, el material que lleve el APP de entrada y el material dispuesto en los puestos de trabajo a la espera del procesamiento.

Características e información:

- Tarjetas de Color Azul
- Referencia Genérica/ Puesto de montaje
- Cliente
- Unidad de embalaje

"LOGO EMPRESA"	Cliente Final
	OPEL
Nombre material: DECOR IP LH	CÓDIGO DEL PRODUCTO: 510IPMO005 
Tipo de Material: PARA MONTAR	UE: 24 
Procedencia	Destino
PINTURA	MAQUINA 46

Figura 4.16 Tarjeta Kanban Materia Prima

2. Tarjeta 2: Producto intermedio (Figura 4.17), esta tarjeta será la que lleven los productos ya montados pero que requieran pasar por otra máquina para ser finalizados.

Características e información:

- Tarjetas de Color Amarillo
- Referencia Genérica/ Puesto de origen/ Puesto de destino
- Cliente
- Unidad de embalaje

"LOGO EMPRESA"	Cliente Final
	SEAT +
Nombre material: SIGLA SEAT	CÓDIGO DEL PRODUCTO: 510LGS0000 
Tipo de Material: PREMONTAJE	UE: 48 
Procedencia	Destino
MAQUINA 42	 MAQUINA 57

Figura 4.17 Tarjeta Kanban Material en tránsito

3. Tarjeta 3: Producto terminado (figura 4.18), esta tarjeta será la que lleven los productos ya montados y listos para paletizar. Esta condición la cumplen, en la zona de montajes, el producto depositado en la estantería de OUT de los puestos, el producto transportado por el APP de salida y el producto a la espera de ser paletizado en la playa de salida.

Características e información:

- Tarjeta de Color Verde
- Referencia Genérica/ Puesto de Origen/ Destino
- Cliente
- Unidad de embalaje

"LOGO EMPRESA"	Cliente Final
	FORD
Nombre material: BEZEL EXHAUST	CÓDIGO DEL PRODUCTO: 610BRRAXXX 
Tipo de Material: MONTADO	UE: 9 
Procedencia	Destino
MAQUINA 44	PALETIZADO

Figura 4.18 Tarjeta Kanban Material montado

El modo de operar sería el siguiente:

- En el Supermercado todos los KLTs tienen la Tarjeta 1, correspondiente a su referencia, pegada en su cara vista.
- El APP recoge el material con la Tarjeta 1 y lo deja en las estanterías del puesto.
- Cuando el operario del puesto recoge el material para montarlo le deja la Tarjeta 1 pegada y le pega justo al lado la Tarjeta 2 o 3, según corresponda.
- Cuando el operario termina el KLT en el proceso de etiquetado le quita la Tarjeta 1, la deposita en un lugar habilitado para ese propósito y deja el KLT con la Tarjeta 2 o 3 en su estantería correspondiente.
- El APP de entrada en una de sus cargas recoge las Tarjetas 1 que haya.
- El APP de salida recoge el material de la estantería OUT que tenga la Tarjeta 2, o 3, puesta y lleva ese KLT a su lugar correspondiente.

Para evitar gastos extra las tarjetas no sustituirán a las etiquetas, por lo tanto se imprimirán y plastificarán un número establecido de tarjetas *Kanban* para cada puesto, estas tarjetas serán reutilizables y deberán recuperarse en su ciclo de uso. Con esto se evita imprimir las etiquetas en papel de color, que es más caro y se podrán imprimir en un formato más pequeño, puesto que la información importante para el empleado estará en la tarjeta, por lo que se promueve un buen aprovechamiento del papel.

Por último, se establece que tipos de tarjeta debe utilizar cada montaje (Tabla 4.10).

Pieza	Tarjeta 1	Tarjeta 2	Tarjeta 3
610IPMOxxx	X		X
610CJFAxxx	X		X
610REFAxxx	X		X
610BRRAXXX	X		X
610CTLE000	X		X
610LGOPxxx	X		X
610HOSH002	X		X
610CAFK003	X		X
510LGS0000	X	X	

Tabla 4.10 Tarjetas Necesarias en cada proceso

Siguiendo con la dinámica del proyecto se va a medir el tiempo que estas acciones consumen (Tabla 4.11). El consumo de tiempo se justifica con la disminución de costes por material extraviado, así como la reducción de tiempos de otros puestos ligados a la logística, que previamente debían leer las etiquetas o incluso mirar el contenido para saber cómo tratar el material que estaban manejando.

Pieza	T ₃ TARJETA IN	T ₃ TARJETA OUT
610IPMOxxx	2.5	3
610CJFAxxx	2.5	3
610REFAxxx	2.5	3
610BRRAXXX	2.5	3
610CTLE000	2.5	3
610HOSH002	2.5	3
610CAFK003	2.5	3
510LGS0000	2.5	3
610LGOPxxx	2.5	3

Tabla 4.11 Tiempos IN-OUT Cuarto Paso

4.7. Quinto Paso: Unificar Embalaje IN-OUT

Tras horas de observación se ha llegado a la conclusión de que el hecho de tener embalajes diferentes para las piezas sin montar y las montadas de un mismo puesto conlleva una serie de inconvenientes, los cuales son:

- Necesidad de almacenar dos tipos de embalaje por referencia.
- Movimientos extra para dejar embalaje vacío IN y coger embalaje vacío OUT con cada embalaje completado.
- Movimientos extra de los APP para aprovisionar y recoger embalaje vacío.
- Obliga a tener que mandar camiones con embalaje vacío a los proveedores.

El uso de diferentes embalajes es una forma de asegurar que no se le mandan piezas sin montar al cliente, por lo tanto, es una forma de camuflar las ineficiencias del proceso. El Lean Manufacturing busca todo lo contrario, las ineficiencias deben ser expuestas para poder solucionarlas y así ajustar al máximo el proceso, sin la inversión de tiempo en realizar tareas que no aportan valor por falta de confianza en el proceso. Si el proceso es robusto el error humano es más improbable. Por supuesto la idea no podía ser unificar sin más el embalaje, había que desarrollar antes una herramienta lo suficientemente potente como para prevenir los posibles errores derivados de esa unificación. Es aquí cuando entra el protocolo desarrollado en el punto anterior empleando Tarjetas *Kanban*. Con esta herramienta, siempre y cuando sea estrictamente implementada, no debería haber error alguno a la hora de hacer el cambio de embalaje IN-OUT en los puestos de trabajo, ni tampoco confusión entre los APP con el material que transportan a los puestos y a las playas.

A la hora de unificar el embalaje hay que tener en cuenta una serie de factores:

Diseño (Tabla 4.12):

- Variabilidad del tamaño de la pieza antes y después del montaje.
- Unidad de embalaje de entrada y salida.
- Tipo de embalaje de los componentes.
- Densidad piezas/dm³ del embalaje.

Pieza	UE IN	UE OUT	Tipo IN (cm)	Tipo OUT (cm)	Densidad piezas/dm ³ IN	Densidad piezas/dm ³ OUT
610IPMO00x LH	24	22	KLT 60x40x27	KLT con lona 60x40x24	0.37	0.38
610IPMO00x RH	16	22	KLT 60x40x27	KLT con lona 60x40x28	0.24	0.32
610CJFA00x	78	8	Cartón 121x82x20	KLT 100x40x12	0.39	0.16
610REFA0xx	16	12	Cartón 40x31x28	KLT 40x29x28	0.46	0.37
610BRRA0xx	6	9	Cartón 56x40x18.5	KLT 60x40x28	0.14	0.13
610HOSH002	24	12	KLT 60x40x28	KLT con lona 60x40x28	0.35	0.18
610LGOPxxx	90	12	KLT 60x40x28	Bandeja 60x40x8	1.33	0.625
510LGS00000	264	48	Cartón 59x42x30	Cartón 49x29x21	3.55	1.6
610CTLE000 610CAFK003	Actualmente unificados					

Tabla 4.12 Evaluación unificación embalajes por volumen de carga

Logísticos (Tabla 4.13):

- Numero de embalajes actual.
- Periodo de retorno.
- Cantidades de envío estándares.

Pieza	Nº Embalajes	T _{retorno} (Días)	Cantidad envíos
610IPMO00x LH	150	2	1400
610IPMO00x RH	150	2	1400
610CJFA00x	110	2	1260
610REFA0xx	275	2	2576
610BRRA0xx	150	2	1904
610HOSH002	65	2	1092
610LGOPxxx	400	2	3528
510LGS00000	0		
610CTLE000 610CAFK003	Actualmente unificados		

Tabla 4.13 Evaluación Logística de la unificación de embalaje

Una vez expuestos los datos se van a exponer una serie de pros y contras comunes a la mayoría de los casos:

-PROS:

- Eliminación del cartón en planta.
- Eliminación del *Foam* en la mayoría de los casos.
- Eliminación de movimientos en el cambio de embalaje en los puestos de montaje. Como desmontar cajas de cartón.
- Eliminación de 2 tareas del APP, sacar embalaje vacío IN, traer vacío OUT.
- Aumento del lote en algunas piezas.
- Aumento de la seguridad en el transporte de las piezas IN.
- Sincronización de las cantidades a manejar en los puestos.
- Aumento de la durabilidad del embalaje.
- No requiere tener posiciones en planta para el embalaje vacío.
- Revisión de la protección que otorgan los embalajes actuales.

-CONTRAS:

- Necesidad de piezas de repuesto para mantener coordinación IN-OUT.
- Necesidad de mantener una rotación elevada para no acumular embalajes vacíos.
- Reducción del lote en algunas piezas IN.
- Inversión en más embalaje y/o adaptación de embalaje.

Observando la densidad piezas/dm³ de algunos embalajes, puede concluirse que en la situación actual el beneficio se vería mermado por la diferencia negativa entre el embalaje OUT y el embalaje IN, por ello hay que realizar unas adaptaciones en alguno de los embalajes OUT:

- Tira LED: Para minimizar el impacto en la densidad volumétrica de piezas se va a aprovechar el KLT OUT añadiendo una bandeja al KLT, de esta forma se duplica la capacidad de cada KLT. Esto es posible gracias a que el KLT empleado tiene una altura de 12 cm frente a los 4 cm de altura de la pieza, elevada sobre el plano del KLT 1 cm gracias al uso de un "peine" de *foam* que deja una altura libre de 1,5 cm tras el segundo piso de piezas.
- Horse Shoe: Como se puede observar en la Tabla 4.11, el volumen del KLT es idéntico en ambos casos, por lo tanto, para mantener la capacidad del KLT OUT con respecto al KLT IN habrá que duplicar el número de celdas del KLT de salida.
- D2JO: La adaptación del embalaje OUT de este montaje es complicada ya que proviene de cliente, aun así, las ventajas de unificar el embalaje justifican la pérdida de rendimiento volumétrico, ya que actualmente el retorno de este embalaje se hace en grandes lotes ocupando mucho espacio sin aportar nada.

- **Sigla SEAT:** En este caso, debido a que es un montaje intermedio lo ideal sería servir las piezas sin embalar a la siguiente fase, pero como esto no es posible por distancia y diferencia de volumen, se van a embalar las piezas terminadas en KLT con separadores y se va a reducir el lote de la pieza en crudo, ya que por volumen del montaje final no es necesario inyectar tanta cantidad, a no ser que el proceso sea deficiente y se necesite generar un colchón.

La idea general es usar el embalaje de salida del producto final en la entrada de los componentes principales. Además mediante el uso de una aplicación creada exclusivamente para este proyecto se puede conocer el número de embalajes necesario en las condiciones logísticas actuales (Anexo 7). La Tabla 4.14 refleja el estudio realizado:

Pieza	Embalaje final	Componente afectado	Adaptación embalaje final	Nº embalajes necesarios
Decor IP LH	KLT con celdas	510IPMOxxx	NA	51
Decor IP RH	KLT con celdas	510IPMOxxx	NA	51
Tira LED	KLT con peine	510SPFAxxx	Separador con peine	70
Altavoces	KLT con celdas	510REFAxxx	NA	220
Bezel Exhaust	KLT con celdas	510BRRAXxx	NA	370
Horse Shoe	KLT con celdas	510HOSHxxx	Aumento de celdas/KLT	33
D2JO	Bandeja			230
Sigla SEAT	KLT con separadores	510LGS0000	Reducción lote de crudo	128
Tobera CAFK	Actualmente unificados			

Tabla 4.14 Embalajes necesarios + Tipo + Adaptación

Además se pueden actualizar las tarjetas *Kanban* del punto anterior para que sean reversibles, en una cara describe el periodo previo al montaje y en la otra el periodo después del montaje, así no hay que guardar las tarjetas en el puesto y el APP no tiene que recogerlas. Una vez el material haya pasado de una fase a otra el montador simplemente tendrá que girar la tarjeta y exponer la cara contraria. Esto solo será aplicable a los componentes que han sufrido la modificación de embalaje.

La repercusión en el tiempo de ciclo se observa en la Tabla 4.15:

Pieza	T4 _{IN}	T4 _{OUT}	T4 _{TOTAL}
610IPMO00x	5	5	10
610CJFA00x	3,5	3,5	7
610REFA0xx	3,5	3,5	7
610BRRA0xx	3,5	3,5	7
610CTLE000	3,5	3,5	7
610HOSH002	3,5	3,5	7
610LGOPxxx	3,5	3,5	7
610CAFK003	5	5	10
510LGS0000	3,5	3,5	7

Tabla 4.15 Tiempos IN-OUT Quinto Paso

4.8. ¿Es posible unificar las tareas del APP?

Entre los beneficios de unificar el embalaje, comentados en el punto anterior, se encuentra la eliminación de tareas asociadas a los APP de la zona de montaje. Estas tareas incluyen aprovisionar de embalaje vacío OUT y retirar el embalaje vacío IN de las estanterías. Esta reducción de tareas permite plantearse la posibilidad de actualizar la situación concerniente a este puesto:

Inicial	Final
+1 APP Supermercado → Zona de montajes. +1 APP Zona de montajes → Playa de paletizado.	+1 APP Para ambos movimientos.

Para hacer posible esa situación sería conveniente aumentar la capacidad de carga del APP, puesto que en la situación inicial está limitado a cargar una cantidad reducida de material, por tener que cargar este con sus manos. La forma de aumentar su capacidad de carga es proporcionándole las herramientas necesarias para ello, por este motivo se ha pensado en que emplee un carro para cargar con el material necesario.

Las cualidades que debe reunir el carro son las siguientes:

- Aumento significativo de la capacidad de carga.
- Aumento en la seguridad de los materiales transportados.
- Aumento del confort percibido por el trabajador que lo utilice.
- Mantenimiento de la seguridad del resto de usuarios de la zona.
- Rápido de operar.
- Ágil.

Se ha escogido para este propósito la gama Graphit de Trilogiq (Figura 4.19), que es útil para crear carros de aprovisionamiento adaptados a las necesidades de la empresa, esta decisión está respaldada por una Matriz de Decisión (Figura 4.20), herramienta estudiada en la asignatura Proyectos de Ingeniería.

Las características finales de nuestro carro son las siguientes:

- 3 niveles
- Topes en los 3 niveles
- Superficie útil: 60x120 (cm)
- Altura total: 105 (cm)
- Fabricación: Aluminio tubular con juntas de Fibra de vidrio

Incluso si no se llevara a cabo la unificación de tareas del APP la herramienta planteada sería de gran utilidad, destacan sus beneficios a la seguridad del material y la velocidad de aprovisionamiento.



Figura 4.19 Carro aprovisionador Trilogiq Graphit

MATRIZ DE DECISION

Ponderación	1	3	1	2	1,5	1,5			
Criterio	Confort	Seguridad para la carga	Agilidad	Capacidad	Velocidad de operación	Seguridad para los empleados	Extras	Nota	Ranking
Trilogiq Graphit	7	8	7	8	8	10	Adaptable	81	1ª
Disset Odiseo MSA1003	9	3	5	9	7	8	Elevable	63,5	5ª
Zeppelin	9	4	5	9	7	8	Superficie de goma + Elevable	66,5	4ª
Rotom 72603	7	7	6	9	8	10		79	2ª
MP-CC106025	9	7	8	3	8	8	SOLO KLT 25 cm altura	68	3ª

Figura 4.20 Matriz de decisión para el carro del aprovisionador.

Una acción deseable, antes de la unificación final de las tareas de ambos APP en un solo APP, es la estipulación de un flujo de aprovisionamiento, con el objetivo de optimizar al máximo los movimientos del APP. En primer lugar se va a definir el empleo del carro de aprovisionamiento:

- El nivel inferior se utilizará para recoger el posible embalaje vacío.
- Los niveles medio y superior se utilizarán para transportar la materia prima, desde el *Supermercado* hasta los puestos de montaje.
- Cuando el APP deje un KLT en un puesto de montaje, si hay material terminado lo recogerá ocupando el hueco generado por el KLT IN dejado. La tarjeta *Kanban* no debe estar tapada por ningún material.

El flujo de aprovisionamiento quedará así:

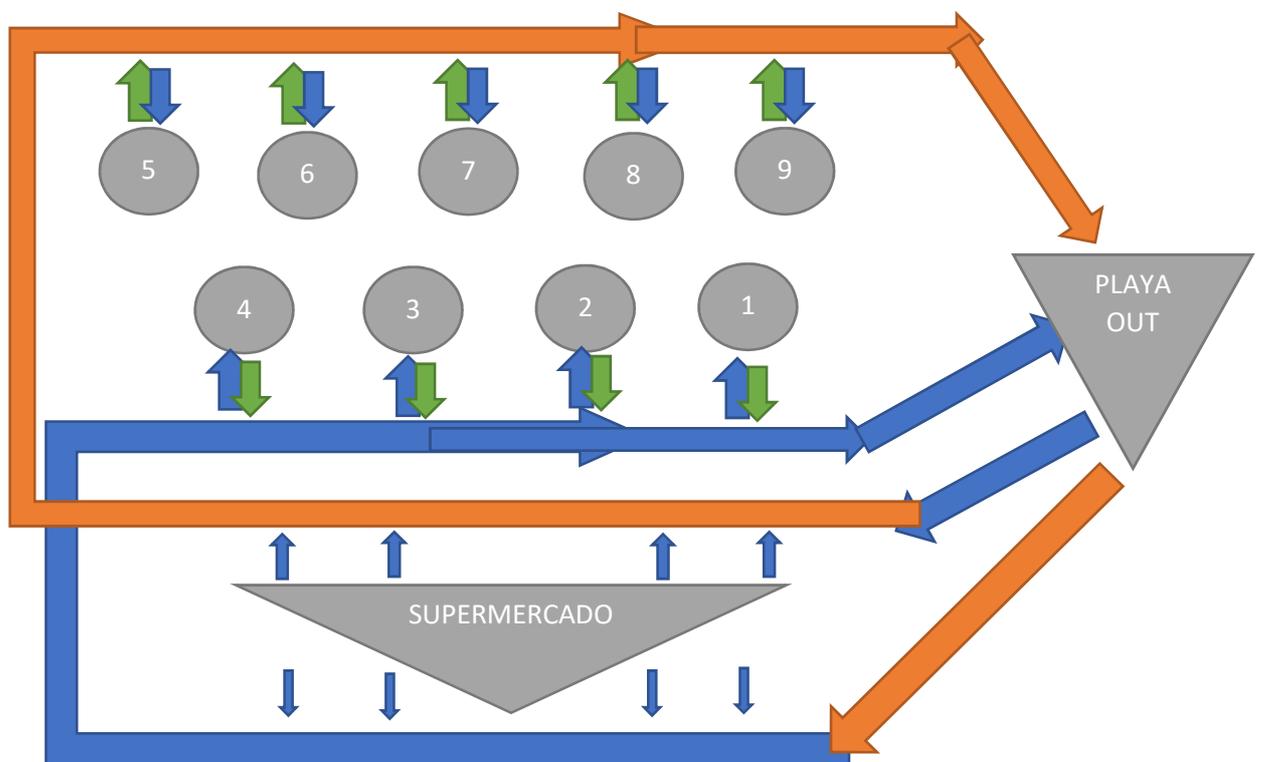


Figura 4.2211 Flujo de aprovisionamiento.

La unificación de tareas del APP se va a realizar en base a estas mejoras:

- Eliminación del 70% del embalaje vacío de la zona.
- Mejora de la trazabilidad de las piezas en planta gracias al uso de tarjetas *Kanban*.
- Aumento del rendimiento del APP debido a la adquisición de herramientas específicas para sus tareas.
- Disminución de viajes de algunos procesos al haber optimizado la capacidad de sus embalajes.
- Optimización de la forma de trabajar en este puesto.

5. Estudio Económico.

Estudiando los datos recopilados se va a ver la evolución en la productividad que han sufrido los procesos a través de los diferentes pasos. No se evaluará el aumento de la seguridad en las instalaciones.

Fijándose en los datos del Anexo X. Con un gasto de amortización calculado a 5 años, que es la duración típica de los proyectos en el sector de automoción, y un margen de beneficio neto del 10% sobre el valor por pieza. Se ve que si el cliente asumiera la sobreproducción (Tabla 5.1) la inversión sería recuperada en el primer año de implementación, y se obtendrían beneficios constantes durante los años venideros. Una vez los proyectos fueran finalizando entrarían otros, pero las medidas expuestas serían igualmente útiles, teniendo que actualizar únicamente los embalajes y las tarjetas *Kanban*, el resto es aprovechable. El VAN obtenido es de 258.245,51 € en 5 años y un TIR del 139% por lo cual se puede concluir que la inversión es muy beneficiosa para la empresa.

En el segundo caso (Tabla 5.2) el cliente no puede absorber nuestra sobreproducción, por lo tanto la mejora del proceso repercute en un ahorro de horas anuales que bien pueden invertirse en lanzar nuevos proyectos o bien pueden propiciar ajustes en las horas de operación. Se va a trabajar en base a la segunda hipótesis, puesto que no es objeto de este proyecto la búsqueda de nuevas oportunidades en el mercado.

El coste asociado a las horas de producción se ha estimado en un 5% de los ingresos por pieza, aquí se incluirían horas de trabajo, electricidad, agua, etc. El periodo de retorno de la inversión sería de menos de 2 años, a partir de ahí se obtendrían beneficios de la inversión. El VAN y TIR asociados a esta opción es de 111.572,38 € y 68% en 5 años respectivamente, su rentabilidad es muy alta.

CASO 1 La demanda absorbe la sobreproducción

AÑO	0	1	2	3	4	5
INGRESOS		985.158,76 €	985.158,76 €	985.158,76 €	985.158,76 €	985.158,76 €
GASTOS ASOCIADOS		886.642,88 €	886.642,88 €	886.642,88 €	886.642,88 €	886.642,88 €
BENEFICIO BRUTO		98.515,88 €	98.515,88 €	98.515,88 €	98.515,88 €	98.515,88 €
BENEFICIO NETO		78.812,70 €	78.812,70 €	78.812,70 €	78.812,70 €	78.812,70 €
GASTO AMORTIZACIÓN		9.798,60 €	9.798,60 €	9.798,60 €	9.798,60 €	9.798,60 €
FLUJO DE CAJA	-48.993,00 €	69.014,10 €	69.014,10 €	69.014,10 €	69.014,10 €	69.014,10 €
FLUJO DE CAJA ACTUALIZADO	-48.993,00 €	66.359,71 €	63.807,42 €	61.353,28 €	58.993,54 €	56.724,56 €

i	0,04
VAN	258.245,51 €
TIR	139%

Tabla 5.1 Análisis Rentabilidad Caso 1

CASO 2La demanda no absorbe la
sobreproducción

AÑO	0	1	2	3	4	5
BENEFICIO NETO		45.865,94 €	45.865,94 €	45.865,94 €	45.865,94 €	45.865,94 €
GASTO AMORTIZACIÓN		9.798,60 €	9.798,60 €	9.798,60 €	9.798,60 €	9.798,60 €
FLUJO DE CAJA	-48.993,00 €	36.067,34 €	36.067,34 €	36.067,34 €	36.067,34 €	36.067,34 €
FLUJO DE CAJA ACTUALIZADO	-48.993,00 €	34.680,13 €	33.346,28 €	32.063,73 €	30.830,51 €	29.644,72 €

i	0,04
VAN	111.572,38 €
TIR	68%

Tabla 5.2 Análisis Rentabilidad Caso 2

6. Resumen

En este capítulo se ofrecerá una visión global de todo lo expuesto en este proyecto y se propondrán alternativas viables a posibles errores de forma breve.

1. En la situación inicial existe una zona de montajes, alejada tanto de su punto de aprovisionamiento como de su punto de expedición.
2. Lo primero es calcular si el traslado de los útiles es plausible, para ello se mide el espacio disponible y se calcula la superficie mínima necesaria para los útiles que se quieren trasladar. Para ello se utiliza lo aprendido en la asignatura de Proyectos de Ingeniería, el Método Guerchet. Además de utilizar otras herramientas de análisis de distribución en planta.
3. Lo siguiente que se ha hecho ha sido plantear una alternativa al uso de palets de entrada. Se ha implementado una zona de desahogo del almacén (Supermercado), que deberá ser reabastecida conforme se vayan extrayendo los materiales. Los encargados del reabastecimiento de piezas de proveedor serán los inspectores del *Incoming* que, tras revisar una muestra representativa del lote, si es OK lo depositarán en su posición. En caso de encontrar un defecto se hará una inspección 100% para cribar las OK y las NOK. El proveedor recogerá los materiales de esa zona y los depositará en cada puesto de montaje a través de unas estanterías.
 - 3.1. De forma alternativa, hasta que se apruebe la compra de las estanterías, se seguirá esa forma de trabajar utilizando los palets, es decir, en vez de aprovisionar palets completos se ubicarán los tablonos de manera fija y se irá depositando el material según necesidad.
4. Continuando con la dinámica anterior, se ha habilitará una zona para ubicar los palets de salida (Playa de Paletizado), un proveedor ubicará el material ya montado en su palet correspondiente, con esto se libera la zona de palets. Para evitar errores cada ubicación se señalará con un cartel vertical indicando que piezas se ubican ahí.
 - 4.1. Cabe la posibilidad de que a priori parezca que no haya hueco, pero hay que pensar que una vez se eliminan los palets de los puestos el *Layout* se va a poder comprimir más, por lo tanto se generará espacio.

- 4.2. Como alternativa, si no hubiese hueco, al estar cerca del patio de embalajes es posible que haya embalajes por falta de espacio en el patio, habría que hacer un estudio del consumo de embalaje diario, tanto por inyección como por montajes, y trasladar el exceso a la nave antigua, donde el almacén ha quedado liberado de gran parte de material. Que pase esto es común debido a que existen embalajes de referencias de recambios, es decir, proyectos finalizados pero cuyas piezas se emplean en reparaciones puntuales.
5. Por último, y tras haber implementado un sistema *Kanban* básico pero robusto, se planteará la posibilidad de unificar embalajes IN-OUT. Para ello se deben cumplir ciertos requisitos, puesto que los clientes tienen mucha fuerza en esta clase de decisiones.
- 5.1. Se debe seguir un control exhaustivo de la secuencia de montaje, se debe insistir en que los embalajes estén completos antes de pasar a otra referencia.
- 5.2. Se debe hacer el cambio de referencia de forma evidente. Revisando a fondo el embalaje antiguo para cerciorarse de que no sobra ninguna pieza.
- 5.3. Se debe ubicar al menos un KLT de piezas de repuesto de la referencia que se monta, si ese KLT no se vacía para el cambio de referencia, se ubicará en una calle del Supermercado que tendrá piezas de repuesto. No debe haber más de un KLT por referencia y nunca completo.
6. Tras estos pasos se conseguirá:
- Optimizar el espacio disponible.
 - Aumentar el ritmo de producción sin forzar al trabajador.
 - Eliminar la necesidad de tener cantidades ingentes de embalaje vacío de los procesos de montaje.
 - Liberación de espacio en el patio de embalajes.
 - Mejora de la Logística interna.
 - Disminución de desperdicios.
 - Mejora de la información que perciben los trabajadores gracias al *Kanban*.
 - Mejorar las condiciones de seguridad al disminuir el uso de carretillas.
 - Mejorar el confort de los trabajadores al mejorar la ergonomía de sus movimientos.
 - Obtención de elevados beneficios, derivados de una pequeña inversión. (la empresa)
 - En el caso de que todo salga según lo planeado, incluso con los errores previstos, un aumento general de la satisfacción de los clientes, debido a disminución de retrasos de producción y aumento paulatino de la calidad.

7. Anexo

7.1. Anexo 1: Layout Nave P1

7.2. Anexo 2: Plantilla Análisis 8D

7.3. Anexo 3: Layout Nave P5.1

7.4. Anexo 4: Distribución del material en el Supermercado

7.5. Anexo 5: Layout Nave P5.2

7.6. Anexo 6: Layout Nave P5.3

7.7. Anexo 7: Analisis_Economico_TFG.xlsx

7.8. Anexo 8: Calculadora_Mejoras.xlsx (Herramienta en proceso)

8. Bibliografía

- https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_interna_de_retorno
- <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/kaizen-mejora-continua/>
- <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingenier%C3%ADa-de-metodos/>
- <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/>
- <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/administraci%C3%B3n-de-inventarios/>
- <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/>
- <http://www.leansolutions.co/conceptos/lean-manufacturing/>
- Elise Gomez-Senent; Domingo Gomez-Senent; Pablo Aragonés Beltrán (2002): Cuadernos de ingeniería de proyectos I: Diseño básico de plantas industriales. Universidad Politécnica de Valencia.
- José Agustín Cruelles Ruiz (2012): Métodos de trabajo, tiempo y su aplicación a la planificación y a la mejora continua. Marcombo
- Resumen de “Jeffrey K. Liker (2000): Las claves del éxito Toyota. Planeta DeAgostini Profesional y Formación, S.L.”

ANEXO



PROYECTO:
 OPTIMIZACION DE UNA LINEA DE MONTAJE DEL SECTOR DEL AUTOMOCION A TRAVES DE LA FILOSOFIA LEAN

PLANO:
 LAYOUT NAVE P1

AUTOR:
 EDUARDO SANTAMARINA MAZUELO

FECHA:
 Nº 1 /4

LOGO EMPRESA

8D REPORT

Part Name

Report nº
Customer:

Open Date

Part Number

Customer

Concern

1D. REACTION TEAM

Name	Department

2D. ISSUE DESCRIPTION (You can also describe a potential future issue)

1. What is the Problem?
2. What is happening VS What should be happening
3. When is happening VS When is not happening
4. Who has been involved?
5. Problem Scope?

LOGO EMPRESA

8D REPORT

(2D) ISSUE PICTURE

3D. TEMPORAL ACTIONS

(These actions will be implemented ONLY until the Root Cause had been verify and a Permanent Solution had been implemented and verified)

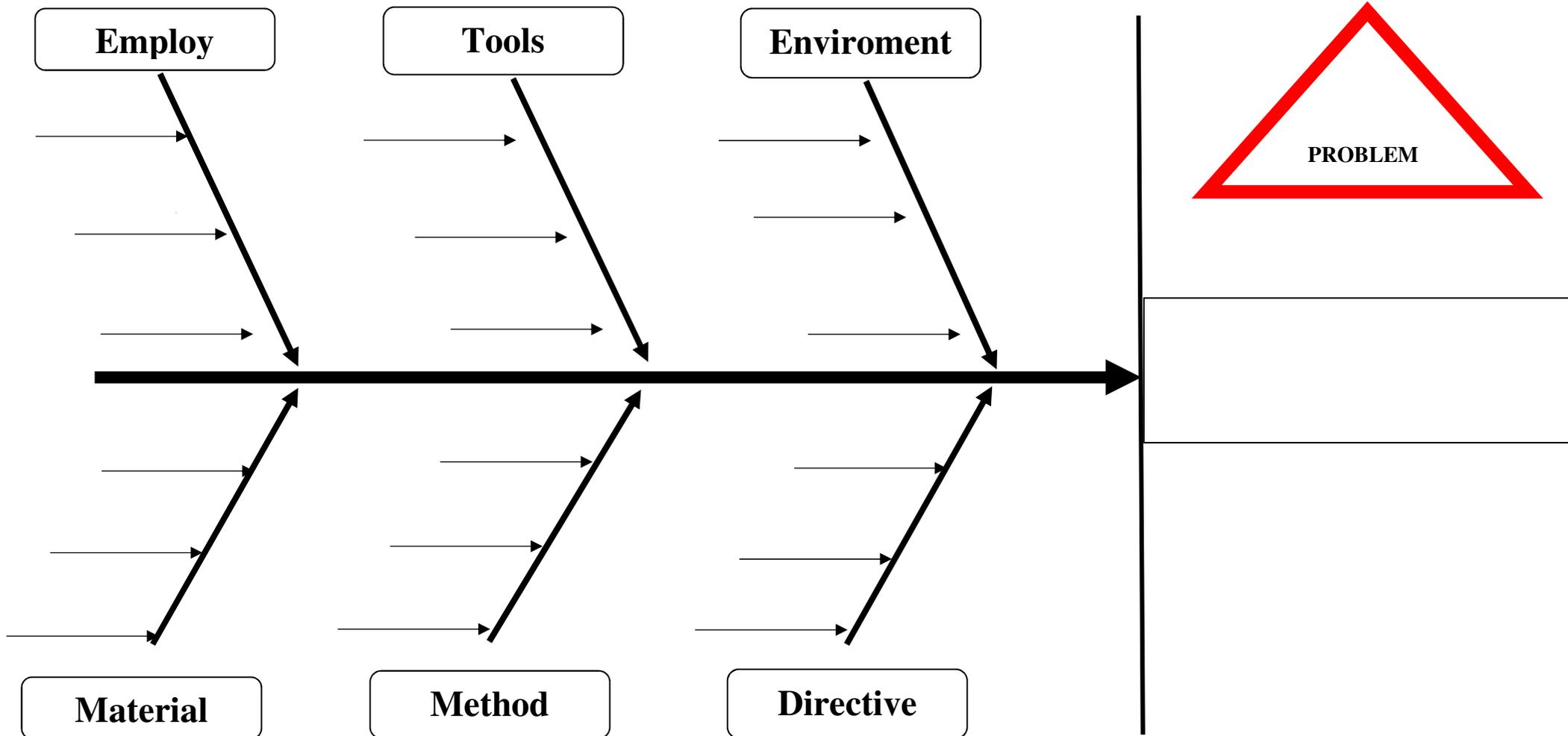
Temporal Actions	Team Verification

4D. ROOT CAUSE ANALYSIS

- Ishikawa

LOGO EMPRESA

8D REPORT



LOGO EMPRESA

8D REPORT

5D. PERMANENT ACTIONS

Action	Goal	Responsible & Deadline

6D. VALIDATE IMPLEMENTED ACTIONS

Implemented Action	Validation Date	Problem solver? & Effectiveness (%)	Has it been positive?	Recurrence?

LOGO EMPRESA

8D REPORT

7D. PREVENT RECURRENCE

- FMEA

Failure Mode	Effects	Severity	Probability	Detection	RPN (S*P*D)	Actions

- Audit plan

-

LOGO EMPRESA

8D REPORT

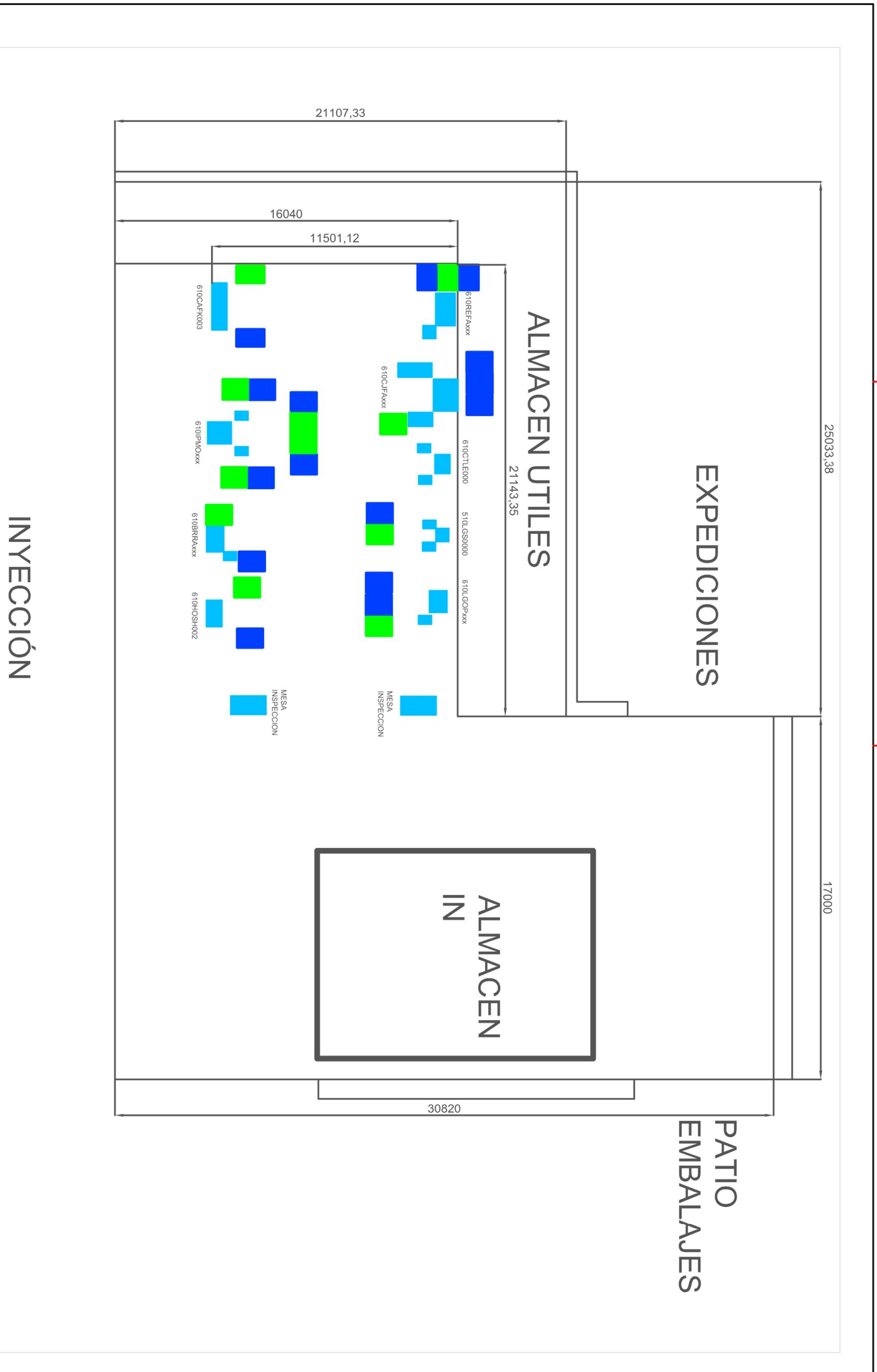
8D. Closing & Congrats

Checklist	Date
<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Root Cause Detected<input type="checkbox"/> Permanent Actions OK<input type="checkbox"/> Problem Solved<input type="checkbox"/> Audits<input type="checkbox"/> Temporal Actions Closed<input type="checkbox"/> 8D Closing	

The Best	Improvable

Special Mentions	Reasons

Learned Lessons



INYECCIÓN

PROYECTO: OPTIMIZACION DE UNA LINEA DE MONTAJE DEL SECTOR DEL AUTOMOCION A TRAVES DE LA FILOSOFIA LEAN		PLANO: LAYOUT NAVE P5.1	
AUTOR: EDUARDO SANTAMARINA MAZUELO		FECHA: Nº 2 /4	

SUPERMERCADO

Posicion ocupada

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

REFA	REFA	REFA	CTLE000	SEAT 1													
EMFA	EMFA	EMFA	GRAPAS IPMO	SEAT 2													
REFA	REFA	REFA	LUFA (SPFA)	SEAT BRACKET	SPFA	EMFA (SPFA)	BRAA067	EMFA BRAA067	BRAA068	EMFA BRAA068	IPMOLH	IPMORH	CAFK003	HOSH002	LGOP	BRACKET LGOP	PALETS VACIOS
EMFA	EMFA	EMFA	GRAPAS HOSH	OTROS													

ESTANTERIAS	UBICACIÓN EN SUELO
-------------	--------------------

VISTA DE FRENTE

Codigo	Procedencia
	Inyección
	Cromado
	Pintura
	Otros

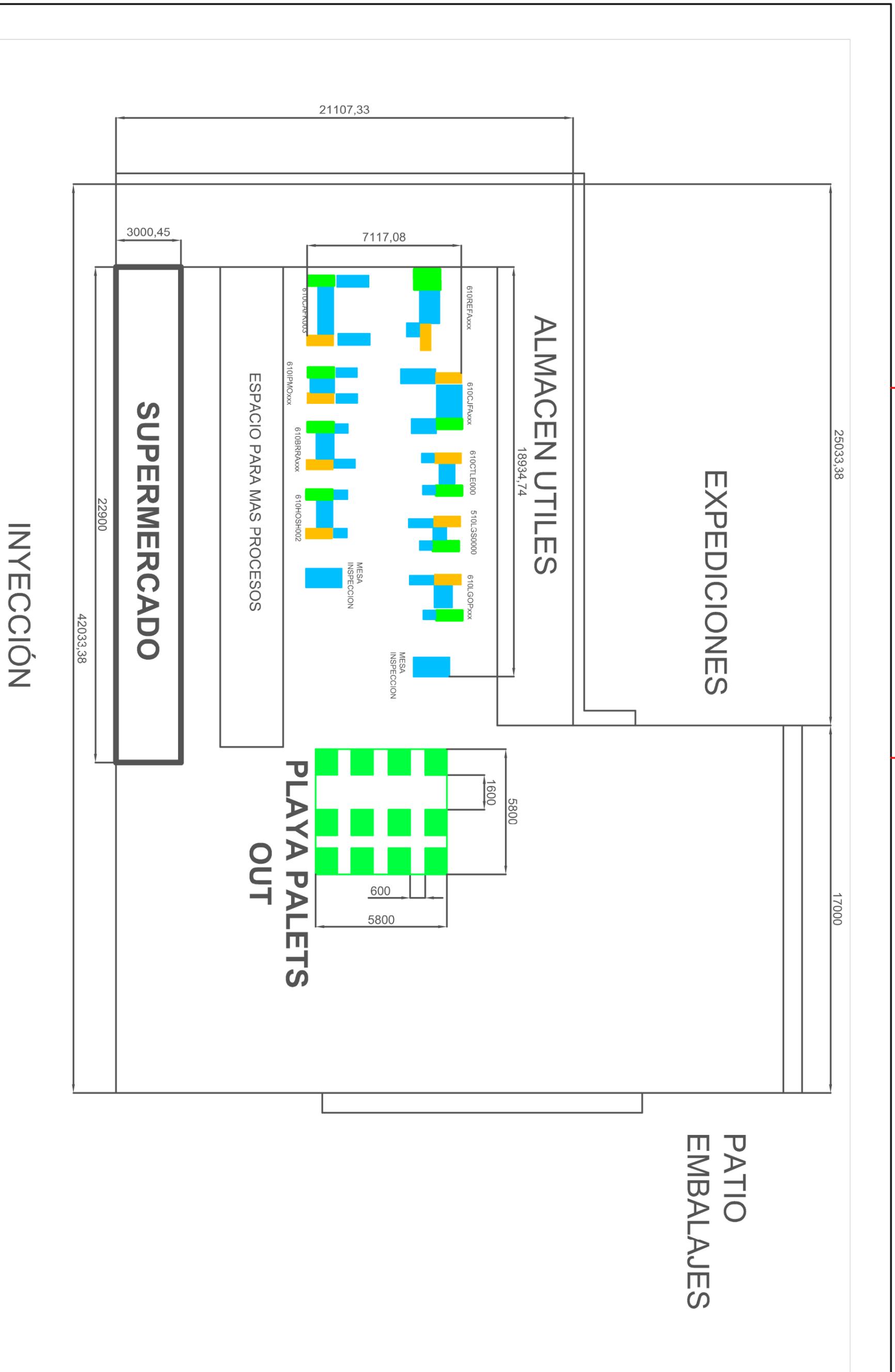


PROYECTO:
 OPTIMIZACION DE UNA LINEA DE
 MONTAJE DEL SECTOR DEL
 AUTOMOCION A TRAVES DE LA
 FILOSOFIA LEAN

PLANO:
 LAYOUT NAVE P5.2

AUTOR:
 EDUARDO SANTAMARINA MAZUELO

FECHA:
 Nº 3 /4



PROYECTO: OPTIMIZACIÓN DE UNA LINEA DE MONTAJE DEL SECTOR DEL AUTOMOCIÓN A TRAVES DE LA FILOSOFIA LEAN	PLANO: LAYOUT NAVE P5.3
AUTOR: EDUARDO SANTAMARINA MAZUELO	FECHA: N° 4 /4

ANALISIS RENTABILIDAD

Pieza	NºEsteras	Coste/ esteras	Coste esteras	Nº Embalajes	Coste/ embalaje	Coste embalajes	Nº Carros	Coste/ Carro	Coste Carros	Tarjetas	
610IPMO00x	2	400	800	102,0	40	4080	1	300	300	773	
610CJFA00x	2	500	1000	70,0	42	2940					
610REFA0xx	2	400	800	220,0	38	8360					
610BRRA0xx	2	400	800	370,0	45	16650					
610CTLE000	2	400	800	0,0	35	0					
610LGOPxxx	2	400	800	230,0	20	4600					
610HOSH002	2	400	800	33,0	40	1320					
610CAFK003	2	500	1000	7,0	45	315					
510LGS0000	2	400	800	60,0	35	2100					
Supermercado	4	750	3000								
Totales	22		7600	1092		40365	1	300	300	728	48993

CASO 1 La demanda absorbe la sobreproducción

AÑO	0	1	2	3	4	5
INGRESOS		985.158,76 €	985.158,76 €	985.158,76 €	985.158,76 €	985.158,76 €
GASTOS ASOCIADOS		886.642,88 €	886.642,88 €	886.642,88 €	886.642,88 €	886.642,88 €
BENEFICIO BRUTO		98.515,88 €	98.515,88 €	98.515,88 €	98.515,88 €	98.515,88 €
BENEFICIO NETO		78.812,70 €	78.812,70 €	78.812,70 €	78.812,70 €	78.812,70 €
GASTO AMORTIZACIÓN		9.798,60 €	9.798,60 €	9.798,60 €	9.798,60 €	9.798,60 €
FLUJO DE CAJA	-48.993,00 €	69.014,10 €	69.014,10 €	69.014,10 €	69.014,10 €	69.014,10 €
FLUJO DE CAJA ACTUALIZADO	-48.993,00 €	66.359,71 €	63.807,42 €	61.353,28 €	58.993,54 €	56.724,56 €

i	0,04
VAN	258.245,51 €
TIR	139%

CASO 2 La demanda no absorbe la sobreproducción

AÑO	0	1	2	3	4	5
BENEFICIO NETO		45.865,94 €	45.865,94 €	45.865,94 €	45.865,94 €	45.865,94 €
GASTO AMORTIZACIÓN		9.798,60 €	9.798,60 €	9.798,60 €	9.798,60 €	9.798,60 €
FLUJO DE CAJA	-48.993,00 €	36.067,34 €	36.067,34 €	36.067,34 €	36.067,34 €	36.067,34 €
FLUJO DE CAJA ACTUALIZADO	-48.993,00 €	34.680,13 €	33.346,28 €	32.063,73 €	30.830,51 €	29.644,72 €

i	0,04
VAN	111.572,38 €
TIR	68%

PASO 1

Pieza	Cadencia IN 1	Cadencia IN 2	Cadencia IN 3	Cadencia OUT 1	T0ciclo (s)	T0OUT (s)	(T0/Pieza)OUT	T0IN (s)	T0emb	(T0/Pieza)IN	T0embTOTAL	Tciclo - T0emb	Influencia tarefas embalaje	Piezas0/Hora
610IPMO00x	16	24		22	30,0	29	1,32	30	8	3,96	5,28	24,72	17,6%	100,0
610CJFA00x	78	125		8	66,7	25	3,13	28	24	1,08	4,21	62,46	6,3%	45,0
610REFA0xx	16	288		14	32,6	20	1,43	26	48	4,88	6,31	26,30	19,4%	92,0
610BRRA0xx	6	125		9	44,1	28	3,11	30	12	7,34	10,45	33,67	23,7%	68,0
610CTLE000	250			250	214,3	19	0,08	19	0	0,08	0,15	214,13	0,1%	14,0
610LGOPxxx	90	100	400	12	23,8	24	2,00	32	27	1,39	3,39	20,42	14,3%	126,0
610HOSH002	24			12	76,9	28	2,33	28	72	4,17	6,50	70,42	8,5%	39,0
610CAFK003	32			32	250,0	31	0,97	33		1,03	2,00	248,00	0,8%	12,0
510LGS0000	450	450	264	48	27,3	44	0,92	32	45	0,63	1,55	25,72	5,7%	110,0

PASO 2

Pieza	Cadencia IN 1	Cadencia IN 2	Cadencia IN 3	Cadencia OUT 1	T0 _{OUT} (s)	(T0/Pieza) _{OUT}	T1 _{IN} (s)	T0 _{emb}	(T1/Pieza) _{IN}	T1 _{embTOTAL}	(Tciclo - T0 _{embTOTAL}) / Pieza	Tciclo 1	Piezas1/ Hora
610IPMO00x	16	24		22	29	1,32	10	8	1,88	3,19	24,72	27,92	107,5
610CJFA00x	78	125		8	25	3,13	7	24	0,65	3,77	62,46	66,23	45,3
610REFA0xx	16	288		14	20	1,43	7	48	3,63	5,06	26,30	31,36	95,7
610BRRA0xx	6	125		9	28	3,11	7	12	3,32	6,43	33,67	40,10	74,8
610CTLE000	250			250	19	0,08	7	0	0,03	0,10	214,13	214,24	14,0
610LGPxxx	90	100	400	12	24	2,00	7	27	0,80	2,80	20,42	23,22	129,2
610HOSH002	24			12	28	2,33	7	72	3,29	5,63	70,42	76,05	39,4
610CAFK003	32			32	31	0,97	9		0,28	1,25	248,00	249,25	12,0
510LGS0000	450	450	264	48	44	0,92	7	45	0,43	1,34	25,72	27,07	110,8

Ingresos Suponiendo Demanda PUSH PASO 2

Pieza	Precio/Pieza (aprox)	Piezas0/Hora	Piezas1/Hora	Ingresos/Hora	Horas/Dia	Ingresos/Dia	Ingresos/Año
610IPMO00x	3,00 €	100	107	22,39 €	16	358,21 €	82.388,06 €
610CJFA00x	7,00 €	45	45	2,08 €	16	33,27 €	7.652,76 €
610REFA0xx	3,00 €	92	96	11,03 €	16	176,54 €	40.603,34 €
610BRRA0xx	2,00 €	68	75	13,62 €	16	218,00 €	50.139,13 €
610CTLE000	2,00 €	14	14	0,01 €	16	0,10 €	23,09 €
610LGOPxxx	5,00 €	126	129	16,02 €	16	256,25 €	58.938,18 €
610HOSH002	5,00 €	39	39	2,24 €	16	35,90 €	8.256,62 €
610CAFK003	10,00 €	12	12	0,36 €	16	5,78 €	1.328,79 €
							249.329,96 €

Pieza	Precio/Hora (aprox)	Piezas0/Hora	Piezas1/Hora	Ahorro Horas/Hora	Horas/Dia	Ahorro Horas/Dia	Ingresos/Año
510LGS0000	8,00 €	110	111	0,01	16	0,14	265,23 €

Ingresos Suponiendo Demanda PULL PASO 2

Pieza	Precio/Hora (aprox)	Piezas0/Hora	Piezas4/Hora	Ahorro Horas/Hora	Horas/Dia	Ahorro Horas/Dia	Ahorro/Año
610IPMO00x	50,00 €	100	117	0,15	16	2,35	27.065,66 €
610CJFA00x	50,00 €	45	48	0,06	16	0,93	10.660,27 €
610REFA0xx	50,00 €	92	111	0,17	16	2,77	31.823,97 €
610BRRA0xx	50,00 €	68	83	0,18	16	2,89	33.255,97 €
610CTLE000	50,00 €	14	14	0,00	16	0,01	99,61 €
610LGOPxxx	50,00 €	126	144	0,13	16	2,04	23.516,73 €
610HOSH002	50,00 €	39	42	0,07	16	1,20	13.754,00 €
610CAFK003	50,00 €	12	12	0,01	16	0,10	1.196,00 €
510LGS0000	50,00 €	110	115	0,04	16	0,65	7.421,33 €
							148.793,54 €

PASO 3

Pieza	Cadencia IN 1	Cadencia IN 2	Cadencia IN 3	Cadencia OUT 1	T2 _{OUT} (s)	(T2/Pieza) _{OUT}	T1 _{IN} (s)	T0 _{emb}	(T1/Pieza) _{IN}	T2 _{embTOTAL}	(Tciclo - T0 _{embTOTAL}) / Pieza	Tciclo 2	Piezas2/ Hora
610IPMO00x	16	24		22	6,5	0,30	10	8	1,88	2,17	24,72	26,89	111,5
610CJFA00x	78	125		8	6,5	0,81	7	24	0,65	1,46	62,46	63,92	46,9
610REFA0xx	16	288		14	7	0,50	7	48	3,63	4,13	26,30	30,43	98,6
610BRRA0xx	6	125		9	6,5	0,72	7	12	3,32	4,04	33,67	37,71	79,6
610CTLE000	250			250	6,5	0,03	7	0	0,03	0,05	214,13	214,19	14,0
610LGPxxx	90	100	400	12	6,5	0,54	7	27	0,80	1,34	20,42	21,76	137,9
610HOSH002	24			12	6,5	0,54	7	72	3,29	3,83	70,42	74,26	40,4
610CAFK003	32			32	7,5	0,23	9		0,28	0,52	248,00	248,52	12,1
510LGS0000	450	450	264	48	6,5	0,14	7	45	0,43	0,56	25,72	26,29	114,1

Ingresos Suponiendo Demanda PUSH PASO 3

Pieza	Precio/Pieza (aprox)	Piezas0/Hora	Piezas2/Hora	Ingresos/Hora	Horas/Dia	Ingresos/Dia	Ingresos/Año
610IPMO00x	3,00 €	100	112	34,65 €	16	554,37 €	127.504,23 €
610CJFA00x	7,00 €	45	47	13,55 €	16	216,82 €	49.869,22 €
610REFA0xx	3,00 €	92	99	19,79 €	16	316,69 €	72.839,37 €
610BRAA0xx	2,00 €	68	80	23,10 €	16	369,65 €	85.018,96 €
610CTLE000	2,00 €	14	14	0,01 €	16	0,20 €	47,15 €
610LGPxxx	5,00 €	126	138	59,31 €	16	948,95 €	218.258,31 €
610HOSH002	5,00 €	39	40	7,00 €	16	112,04 €	25.770,17 €
610CAFK003	10,00 €	12	12	0,72 €	16	11,47 €	2.637,66 €
							581.945,06 €

Pieza	Precio/Hora (aprox)	Piezas0/Hora	Piezas2/Hora	Ahorro Horas/Hora	Horas/Dia	Ahorro Horas/Dia	Ingresos/Año
510LGS0000	8,00 €	110	114	0,04	16	0,56	1.032,98 €

PASO 4

Pieza	Cadencia IN 1	Cadencia IN 2	Cadencia IN 3	Cadencia OUT 1	T _{2OUT} (s)	(T ₂ /Pieza) _{OUT}	T _{1IN} (s)	T _{0emb}	(T ₁ /Pieza) _{IN}	T _{2embTOTAL}	(Tciclo - T _{0embTOTAL}) / Pieza	(T ₃ /Pieza) _{KANBAN}	Tciclo 3	Piezas3/Hora
610IPMO00x	16	24		22	6,5	0,30	10	8	1,88	2,17	24,72	0,40	27,29	109,9
610CJFA00x	78	125		8	6,5	0,81	7	24	0,65	1,46	62,46	0,43	64,34	46,6
610REFA0xx	16	288		14	7	0,50	7	48	3,63	4,13	26,30	0,38	30,81	97,4
610BRRA0xx	6	125		9	6,5	0,72	7	12	3,32	4,04	33,67	0,77	38,48	78,0
610CTLE000	250			250	6,5	0,03	7	0	0,03	0,05	214,13	0,02	214,21	14,0
610LGOPxxx	90	100	400	12	6,5	0,54	7	27	0,80	1,34	20,42	0,31	22,07	135,9
610HOSH002	24			12	6,5	0,54	7	72	3,29	3,83	70,42	0,35	74,61	40,2
610CAFK003	32			32	7,5	0,23	9		0,28	0,52	248,00	0,17	248,69	12,1
510LGS0000	450	450	264	48	6,5	0,14	7	45	0,43	0,56	25,72	0,08	26,37	113,8

Ingresos Suponiendo Demanda PUSH PASO 4

Pieza	Precio/Pieza (aprox)	Piezas0/Hora	Piezas3/Hora	Ingresos/Hora	Horas/Dia	Ingresos/Dia	Ingresos/Año
610IPMO00x	3,00 €	100	110	29,78 €	16	476,52 €	109.599,36 €
610CJFA00x	7,00 €	45	47	11,37 €	16	181,93 €	41.844,63 €
610REFA0xx	3,00 €	92	97	16,15 €	16	258,43 €	59.439,83 €
610BRRA0xx	2,00 €	68	78	19,92 €	16	318,71 €	73.303,33 €
610CTLE000	2,00 €	14	14	0,01 €	16	0,16 €	36,56 €
610LGOPxxx	5,00 €	126	136	49,66 €	16	794,52 €	182.739,51 €
610HOSH002	5,00 €	39	40	6,04 €	16	96,70 €	22.241,48 €
610CAFK003	10,00 €	12	12	0,63 €	16	10,13 €	2.330,64 €
							491.535,33 €

Pieza	Precio/Hora (aprox)	Piezas0/Hora	Piezas3/Hora	Ahorro Horas/Hora	Horas/Dia	Ahorro Horas/Dia	Ingresos/Año
510LGS0000	8,00 €	110	114	0,03	16	0,53	983,06 €

Ingresos Suponiendo Demanda PULL PASO 4

Pieza	Precio/Hora (aprox)	Piezas0/Hora	Piezas4/Hora	Ahorro Horas/Hora	Horas/Dia	Ahorro Horas/Dia	Ahorro/Año
610IPMO00x	50,00 €	100	117	0,15	16	2,35	27.065,66 €
610CJFA00x	50,00 €	45	48	0,06	16	0,93	10.660,27 €
610REFA0xx	50,00 €	92	111	0,17	16	2,77	31.823,97 €
610BRRA0xx	50,00 €	68	83	0,18	16	2,89	33.255,97 €
610CTLE000	50,00 €	14	14	0,00	16	0,01	99,61 €
610LGOPxxx	50,00 €	126	144	0,13	16	2,04	23.516,73 €
610HOSH002	50,00 €	39	42	0,07	16	1,20	13.754,00 €
610CAFK003	50,00 €	12	12	0,01	16	0,10	1.196,00 €
510LGS0000	50,00 €	110	115	0,04	16	0,65	7.421,33 €
							148.793,54 €

PASO 5

Pieza	Cadencia IN 1	Cadencia IN 2	Cadencia IN 3	Cadencia OUT 1	T _{OUT} (s)	(T ₄ /Pieza) _{OUT}	T _{IN} (s)	T _{emb}	(T ₄ /Pieza) _{IN}	T _{embTOTAL}	(Tciclo - T _{embTOTAL}) / Pieza	(T ₃ /Pieza) _{KANBAN}	Tciclo 4	Piezas4/Hora
610IPMO00x	22	22		22	5	0,23	5	0	0,45	0,68	24,72	0,18	25,59	117
610CJFA00x	32	125		32	3,5	0,11	3,5	0	0,16	0,27	62,46	0,08	62,80	48
610REFA0xx	14	288		14	3,5	0,25	3,5	0	0,27	0,52	26,30	0,15	26,97	111
610BRRA0xx	9	125		9	3,5	0,39	3,5	12	1,85	2,24	33,67	0,24	36,14	83
610CTLE000	250			250	3,5	0,01	3,5	0	0,01	0,03	214,13	0,01	214,17	14
610LGOPxxx	36	100	400	36	3,5	0,10	3,5	0	0,17	0,27	20,42	0,08	20,77	144
610HOSH002	12			12	3,5	0,29	3,5	0	0,29	0,58	70,42	0,17	71,17	42
610CAFK003	32			32	5	0,16	5		0,16	0,31	248,00	0,06	248,38	12
510LGS0000	450	450	48	48	3,5	0,07	3,5	9	0,33	0,40	25,72	0,05	26,17	115

Ingresos Suponiendo Demanda PUSH PASO 5

Pieza	Precio/Pieza (aprox)	Piezas0/Hora	Piezas4/Hora	Ingresos/Hora	Horas/Dia	Ingresos/Dia	Ingresos/Año
610IPMO00x	3,00 €	100	117	51,74 €	16	827,83 €	190.401,18 €
610CJFA00x	7,00 €	45	48	19,37 €	16	309,96 €	71.289,97 €
610REFA0xx	3,00 €	92	111	57,72 €	16	923,50 €	212.405,12 €
610BRRA0xx	2,00 €	68	83	30,00 €	16	480,05 €	110.411,98 €
610CTLE000	2,00 €	14	14	0,02 €	16	0,24 €	55,81 €
610LGOPxxx	5,00 €	126	144	92,32 €	16	1.477,09 €	339.731,34 €
610HOSH002	5,00 €	39	42	15,75 €	16	252,06 €	57.974,17 €
610CAFK003	10,00 €	12	12	0,79 €	16	12,56 €	2.889,18 €
							985.158,76 €

Pieza	Precio/Hora (aprox)	Piezas1/Hora	Piezas4/Hora	Ahorro Horas/Hora	Horas/Dia	Ahorro Horas/Dia	Ingresos/Año
510LGS0000	8,00 €	110	115	0,04	16	0,64	1.181,71 €

CALCULADORA DE EMBALAJE

Proyecto	Decor IP LH							
UE		22	Tiempo entre recepciones (dias)	3	Uds Necesarias	201	Precio/Unidad (€)	40
Producción Diaria Montaje		819			Uds Actuales	150	Coste Total (€)	2020,36
Consumo diario Embalajes		37			Uds a Comprar	51	Periodo amortización (días)	8
Producción Diaria Supplier		0						
Consumo diario Embalajes		0						
Producción Diaria Inyección		919						
Consumo diario Embalajes		42						

Proyecto	Tipo de Embalaje	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Coste Unitario (€)	Unidades Actuales	UE	Producción Diaria Montaje (piezas)	Producción Diaria Inyección (piezas)	Producción Diaria Supplier (piezas)	Ingreso/Pieza (€)	Beneficio/Pieza (€)	Tiempo entre recepciones (dias)
Decor IP LH	KLT L	40	60	22,5	40	150	22	819	919		3	0,3	3
Decor IP RH	KLT R	40	60	40	40	150	22	819	919		3	0,3	3
APPXC	Bandeja				35		3	450	500				3
HAGA	Bandeja				30		16	450	500				3
D2JO	Bandeja	40	60	8	20	400	12	2016	2100		5	0,5	3
LGSE	Caja	29	48	21	35	0	48	1610	1700	INDIRECTO	INDIRECTO		3
HORSE	KLT	40	60	27	40	65	24	588	650		5	0,5	3
REFA	KLT B	29	40	28	38	275	12	1554	1650		3	0,3	3
CJFA	Bandeja	40	100	12	42	110	16	672	800		7	0,7	3
CBAR		20	30	16			1000	7000					3
CTLE	KLT	40	60	28	35	10	250	196	250		2	0,2	3
BEZEL EXH		39,5	58,5	27	45	150	9	1162	1300		2	0,2	3
CAFK	Bandeja				45	18	32	168	220		10	1	3