

# Trabajo Fin de Grado

Estudio y mejora de la línea de producción de  
camas de hogar.

Study and improvement of the home beds  
production line.

David Casalod Ezquerro

Directores:

María José Oliveros

Julián Castejón

Universidad de Zaragoza / Escuela de Ingeniería y Arquitectura

## RESUMEN

Trabajo de fin de grado de ingeniería de tecnologías industriales centrado en el estudio, análisis y optimización de una sección de montaje de camas de hogar. Anteriormente se seguía una producción en línea y al trasladarse la fábrica y cambiar su volumen de producción, se está rediseñando a una fábrica con producción celular siguiendo la metodología Lean Manufacturing.

Se comienza explicando el marco teórico que va a ser el hilo conductor del trabajo, dónde se explica la metodología seguida y los cálculos necesarios. Después se explica la situación inicial del proceso y se analiza. Tras la etapa de estudio, se evalúan los resultados obtenidos para marcar unos objetivos concretos y marcar los puntos de mejora.

Como etapa final se presentan y explican las mejoras implantadas y su alcance.

# ÍNDICE

1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	6.
1.1 Objetivo.....	6.
1.2 Alcance.....	6.
2. MARCO TEÓRICO.....	7.
2.1 Metodología Lean Manufacturing.....	7.
2.2 OEE.....	9.
3. DESCRIPCIÓN LÍNEA DE FABRICACIÓN.....	10.
3.1 Producto.....	12.
3.3 Descripción del proceso.....	15.
4. CÁLCULO OEE.....	21.
4.1 Cálculo del OEE del puesto de montaje.....	21.
4.1.1 Cálculo OEE según datos ERP.....	22.
4.1.2 Cálculo OEE real.....	23.
4.1.3 Comparación.....	24.
4.2 Cálculo del OEE del proceso de la embaladora.....	24.
4.2.1 Cálculo OEE según datos ERP.....	24.
4.2.2 Cálculo OEE real.....	25.
4.2.3 Comparación.....	26.
4.3 Conclusión.....	26.
4.4 Encuestas.....	26.
5. ESTUDIO DE INDICADORES Y OPORTUNIDADES DE MEJORA.....	27.
5.1 Mudos y despilfarros.....	27.
5.2 Objetivos.....	33.
6. IMPLANTACIÓN DE MEJORAS.....	34.
6.1 Despliegue de mejoras.....	35.
6.2 Layout.....	41.
6.3 Sustituir embaladora.....	43.
8. BIBLIOGRAFÍA.....	45.
9. ANEXOS.....	45.

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mudos.....	7
<b>Figura 2:</b> Innovación vs Kaizen con innovación.....	8.
<b>Figura 3:</b> PDCA.....	9
<b>Figura 4:</b> Distribución en planta de la fábrica.....	11.
<b>Figura 5:</b> Cama hogar articulada.....	12
<b>Figura 6:</b> Chasis cama hogar.....	12
<b>Figura 7:</b> Cuerpo cama hogar.....	12.
<b>Figura 8:</b> Piezas de plástico.....	12
<b>Figura 9:</b> Layout inicial.....	16.
<b>Figura 10:</b> Carros para cuerpos pintados.....	17.
<b>Figura 11:</b> Almacén y jaulas de chasis.....	17.
<b>Figura 12:</b> Almacén intermedio de cajas de plásticos.....	17.
<b>Figura 13:</b> Cuerpos cerca de mesa.....	18.
<b>Figura 14:</b> Mesa montaje.....	18.
<b>Figura 15:</b> Plataforma giratoria.....	18.
<b>Figura 16:</b> Cuerpos acabados.....	18.
<b>Figura 17:</b> Chasis.....	18.
<b>Figura 18:</b> Almacén intermedio de maderas.....	18.
<b>Figura 19:</b> Nido con piezas y cartones embalaje.....	19.
<b>Figura 20:</b> Carros libres.....	19.
<b>Figura 21:</b> Carros con camas terminadas.....	19.
<b>Figura 22:</b> Entrada embaladora.....	19.
<b>Figura 23:</b> Salida embaladora.....	19.
<b>Figura 24:</b> Carro con camas embaladas.....	20.
<b>Figura 25:</b> Jaula amarilla para transporte.....	20.
<b>Figura 26:</b> Diagrama del proceso.....	20.
<b>Figura 27:</b> Diagrama de Spaghetti con layout inicial.....	21.
<b>Figura 28:</b> Cálculo OEE inicial según ERP.....	23.
<b>Figura 29:</b> Encuesta valoración inicial.....	27.
<b>Figura 30:</b> Poliestireno en uso y sobrestock en el puesto.....	28.
<b>Figura 31:</b> Cuerpos mezclados.....	29.
<b>Figura 32:</b> Piezas defectuosas sin identificar.....	29.
<b>Figura 33:</b> Remachadora y remache torcido.....	30.
<b>Figura 34:</b> Chasis mezclados.....	30.
<b>Figura 35:</b> KLT Modular.....	35.
<b>Figura 36:</b> Tarjetas identificativas.....	35.
<b>Figura 37:</b> Poliestireno almacenado.....	37.
<b>Figura 38:</b> Máquina de plástico de burbujas.....	37.

<b>Figura 39:</b> Carro para cuerpos.....	38.
<b>Figura 40:</b> Estantería Flow-rack.....	38.
<b>Figura 41:</b> Antes, playa.....	39.
<b>Figura 42:</b> Después ubicaciones.....	39.
<b>Figura 43:</b> Hojas impresión de órdenes.....	40.
<b>Figura 44:</b> Hoja Excel programada.....	40.
<b>Figura 45:</b> Propuesta de mejoras.....	41.
<b>Figura 46:</b> Layout final.....	41.
<b>Figura 47:</b> Etapa Seiri.....	42.
<b>Figura 48:</b> Robot enfilador.....	43.

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Volumen de producción anual.....	13.
<b>Gráfico 2:</b> Máximos y mínimos mensuales en la producción.....	14.
<b>Gráfico 3:</b> Diagrama de Pareto de los modelos más fabricados de 2019.....	14.
<b>Gráfico 4:</b> Diagrama de Pareto modelos más fabricados .....	15.
<b>Gráfico 5:</b> OEE según ERP vs OEE real del puesto.....	24.
<b>Gráfico 6:</b> OEE según ERP vs OEE real de la embaladora.....	26.
<b>Gráfico 7:</b> Producción ideal vs obtenida.....	32.
<b>Gráfico 8:</b> Principales ineficiencias mensuales en el montaje.....	32.
<b>Gráfico 9:</b> Horas mensuales en ineficiencias en la embaladora.....	33.
<b>Gráfico 10:</b> Cálculo del retorno de inversión.....	44.

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> OEE.....	10.
<b>Tabla 2:</b> Tiempos de picking metales .....	31.
<b>Tabla 3:</b> Takt time con aumento de producción.....	34.
<b>Tabla 4:</b> Código de colores.....	39.
<b>Tabla 5:</b> Comparación de costes.....	43.

## 1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Debido al traslado de fábrica y el aumento en la variedad de productos producidos en Industrias Hidráulicas Pardo durante los últimos años, es necesario un rediseño de su metodología de trabajo para conseguir un mayor rendimiento. A causa del aumento de la competencia tanto en terreno nacional como internacional, junto con la necesidad cada vez más frecuente de reducir tiempos de entrega, ha llevado a la dirección empresarial estudiar e implementar maneras de aumentar la eficiencia en la producción.

En este trabajo se analiza y evalúa la línea de montaje de camas articuladas de hogar y su línea de embalado. La producción de camas de hogar está creciendo a un ritmo exponencial anualmente, además desde la empresa están evaluando comenzar a exportar al extranjero camas de hogar lo que haría que aumentase más la producción.

El desarrollo de este trabajo se ha llevado a cabo desde el departamento de operaciones de la fábrica en colaboración con el departamento de mantenimiento y los propios operarios de la línea, ya que son ellos los que deberán adaptarse a los cambios de la forma de trabajo y sugerir modificaciones y mejoras.

### 1.1. Objetivo

El objetivo es evaluar y optimizar el rendimiento de los puestos de producción de camas de hogar con la implementación de la filosofía de trabajo y las herramientas propias de la filosofía Lean Manufacturing; ayudando así a conseguir reducir costes y tiempos en la fabricación de sus productos a la empresa.

Actualmente, esta línea tiene problemas que ocasionan unas bajas eficiencias y costes crecientes. Se va a cuantificar estos problemas mediante el estudio de las causas de las ineficiencias. Identificando las causas que provocan los bajos niveles del OEE se tomarán medidas para, aumentando la disponibilidad, el rendimiento y la calidad, aumentar así el OEE.

### 1.2. Alcance

En este trabajo se busca mejorar los procesos relacionados con el montaje del producto, así como todos los procesos que rodean a este producto. Se va a intentar mejorar el rendimiento del proceso total y además abaratar los costes del propio producto, eliminando tareas o componentes que dificultan el proceso.

Durante la duración de este proyecto, se han llevado a cabo la mayoría de las propuestas sugeridas, pero las más importantes se están realizando actualmente. Por lo tanto, no se ha podido realizar una comparación entre la situación inicial y final.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING

El Lean Manufacturing es una filosofía de gestión derivada del Sistema de Producción Toyota (TPS)<sup>1</sup> que se basa en un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicios que no agregan valor en un proceso, pero si implican costo y esfuerzo. Los desperdicios implican desde materiales, tiempos, transportes hasta errores o potencial humano desaprovechado. El objetivo principal del modelo Lean es gestionar y mejorar los procesos de la organización con menos recursos.

Como resumen se puede decir que el método Lean busca mantener el valor añadido del producto reduciendo el trabajo necesario para ello. Todo el enfoque de la producción está centrado en el punto de vista del cliente, para definir un proceso productivo en el cual toda acción o proceso tiene valor, es decir el cliente estaría dispuesto a pagar por ello. Como primer objetivo se centra en el estudio de todas las tareas involucradas en la obtención del producto definiendo así qué añade valor al producto final y qué no. Con el estudio del proceso productivo quedan definidas las mudas (Fig. 1), es decir los desperdicios que comúnmente se clasifican en 8 grupos<sup>2</sup>.



Figura 1: Mudas.

- Transporte: corresponde a todos aquellos traslados innecesarios de productos o materiales. Conlleva una alta probabilidad de incidencias.
- Sobreproducción: producir más de lo demandado o producir algo antes de que sea necesario.
- Inventario: si el inventario sobrepasa la necesidad para cubrir la demanda del cliente tiene un efecto negativo ya que ocupa espacio valioso y genera necesidad de trabajo.
- Movimientos: hace referencia a cualquier movimiento físico o desplazamiento que el personal realice que no agregue valor al producto.
- Retrasos: implica todos los productos o procesos que están a la espera de algo impidiendo así la consecución de las tareas siguientes.
- Defectos: es la repetición o corrección de procesos cuando se comete un error.

<sup>1</sup> En el Anexo 1 se expone con más detalle el origen del Lean Manufacturing.

<sup>2</sup> En el Anexo 2 se explica detallada mente cada tipo de muda.

- Sobreproceso: añadir pasos innecesarios al proceso y que no han sido requeridos por el cliente, clasificados como ineficientes e inútiles.
- Talento sin aprovechar: desaprovechamiento del conocimiento, la creatividad, la inteligencia de todos los trabajadores involucrados en el proceso productivo.

Algunas de las herramientas propias de la metodología Lean para lograr los objetivos son<sup>3</sup>:

- Las 5s: Su objetivo es conseguir los tres ceros en el puesto de trabajo, cero defectos, cero accidentes y cero despilfarros, siendo de esta forma el punto de partida de la mejora continua. Es una técnica de gestión que se basa en 5 fases que son:
  - Seiri (eliminar)
  - Seiton (ordenar)
  - Seiso (limpiar)
  - Seiketsu (estandarizar)
  - Shitsuke (disciplina)
- Fabricación celular y JIT (Just in time): El enfoque en el cliente ha hecho que los requerimientos de producto sean cada día más variados. Trabajar con lotes más pequeños y variados hace que los centros de trabajo tengan que aumentar la flexibilidad. Estas nuevas condiciones se satisfacen con un modelo de trabajo JIT con un enfoque intensivo en las herramientas Kanban y Heijunka, las cuales marcarán el ritmo de producción. En la fabricación celular la distribución de la planta se mejora haciendo fluir la producción de forma ininterrumpida entre cada operación, reduciendo el lead time y sacando el máximo partido al personal y a su versatilidad.
- Kaizen, mejora continua (Fig. 2): La base que fundamenta el método consiste en involucrar de forma activa a todos los empleados en sus continuos procesos de mejora a través de pequeños aportes. Lo que define al Kaizen es el cambio utilizando el pensamiento, el análisis y sobretodo la creatividad para generar y realizar pequeños y constantes cambios.

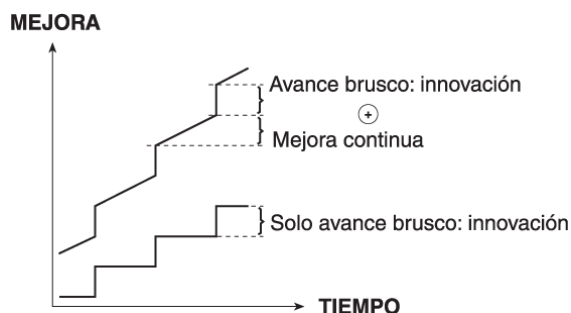


Figura 2: Innovación vs Kaizen con innovación.

- Kanban: se puede definir como un sistema de flujo que permite, mediante el uso de señales, el movimiento de unidades a través de una línea de producción mediante una estrategia pull. Este tipo de flujo sirve para optimizar los inventarios y el flujo del producto de acuerdo al comportamiento real de la demanda.
- PDCA (Plan, Do, Check, Act): Es una estrategia de mejora continua en cuatro pasos: Plan, Do, Check, Act. Sirve como registro de los problemas ocurridos y de las soluciones elegidas. (Fig. 3)

<sup>3</sup> En el Anexo 3 se explica en detalle las herramientas del Lean Manufacturing y se añaden más herramientas utilizadas.



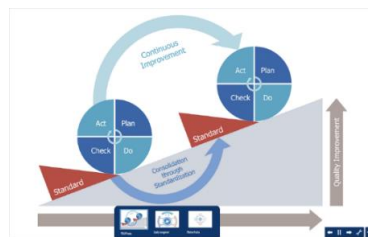


Figura 3: PDCA

## 2.2 OEE

La Efectividad Global de Equipos, conocida como OEE por sus siglas en inglés (Overall Equipment Effectiveness), es un indicador vital que representa la capacidad real para producir sin defectos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos. Es un indicador poderoso que requiere de información diaria del proceso.

El indicador OEE es una herramienta integral de evaluación comparativa, esto quiere decir que puede ser utilizado para evaluar los diferentes componentes del proceso de producción, por ejemplo: disponibilidad, rendimiento y calidad. Del mismo modo, es un indicador apropiado al momento de medir los avances reales en la aplicación de la metodología Lean Manufacturing.

Las variables necesarias para el cálculo del OEE y sus ecuaciones para obtenerlas son:

### DISPONIBILIDAD:

Se obtiene con el cociente entre el tiempo productivo frente al tiempo disponible, sirve para ver qué porcentaje del tiempo disponible para trabajar, se ha podido realizar el trabajo.

$$\text{Disponibilidad} = (\text{Tiempo productivo})/(\text{Tiempo disponible})$$

El tiempo productivo es el tiempo real que se ha estado realizando el trabajo. Mientras que el tiempo disponible es el tiempo total menos el tiempo perdido por tareas planificadas, como descansos, reuniones, formaciones etc.

La disponibilidad puede verse afectada por una gran descompensación entre el tiempo productivo y el disponible. El tiempo productivo puede reducirse por paradas, averías, configuraciones o ajustes etc.

### RENDIMIENTO:

El rendimiento o eficiencia del proceso se va a calcular de dos formas. La primera, en base a la producción real frente a la capacidad productiva del puesto, utilizando el Tc medio de las camas. La segunda, abordando el problema como un sistema multilote con diferentes tiempos de ciclo. Se calcula de dos formas diferentes para tratar de definir la realidad de la mejor manera, evitando así los errores en los tiempos de ciclo del ERP.

$$\text{Rendimiento1} = (\text{Tiempo carga trabajo})/(\text{Tiempo productivo})$$

$$\text{Rendimiento2} = (\text{Producción real})/(\text{Capacidad productiva})$$

En la primera ecuación, el tiempo de carga de trabajo es el sumatorio de los tiempos de ciclo de todas las órdenes de montaje que ha realizado el operario.

En la segunda ecuación, la producción real es el número de unidades que ha fabricado y la capacidad productiva es la cantidad de unidades que se podrían haber producido. La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal, en este caso el tiempo de ciclo (Tc).

El rendimiento puede ser afectado por parones o disminuciones de velocidad. Además, tener tiempos de ciclo mal determinados o tareas sin definir, también disminuyen el rendimiento.

### CALIDAD:

La calidad se obtiene de la relación entre las piezas buenas producidas y el total de piezas, incluyendo piezas retrabajadas o desechadas.

$$\text{Calidad} = \text{Unidades buenas}/\text{Producción total}$$

La producción de unidades defectuosas origina pérdida de tiempo productivo, igual al tiempo empleado en fabricarlas. Esto se traduce en pérdida de calidad. También repercute con el tiempo de retrabajar las piezas si son recuperables o el tiempo de procesarlas y tirarlas si no se pueden reparar.

**OEE:**

EL indicador OEE se obtiene con la multiplicación de estas 3 variables.

$$OEE = Disponibilidad \times rendimiento \times calidad$$

El valor obtenido en el OEE tiene una valoración cualitativa, por lo general se coincide en la relación presentada en la tabla 1:

OEE	VALORACIÓN	RESULTADO
0% - 64%	Inaceptable	Grandes pérdidas económicas, baja competitividad
65% - 74%	Regular	Aceptable si se encuentra en proceso de mejora. Pérdidas económicas y competitivas.
75% - 84%	Aceptable	Debe seguir en proceso de mejora.
85 - 94%	Buena	Buena competitividad.
95% - 100%	Excelente	Alta competitividad.

Tabla 1 OEE

Gracias al valor obtenido con este indicador, se podrán acometer las acciones pertinentes focalizando esfuerzos en las variables más débiles

### 3. DESCRIPCIÓN LÍNEA DE FABRICACIÓN

Este trabajo se ha realizado en la fábrica de Industrias Hidráulicas Pardo situada en el polígono Industrial Centrovía, Zaragoza. Fue trasladada ahí el 9 de junio de 2014. Pardo es una mediana empresa constituida en 1980 en Zaragoza. El capital social de esta empresa está en el tramo de más de 100.000€, con una cantidad de empleados de entre 51 y 200 y un importe de ventas de más de 3.000.000€. Es una de las compañías internacionales líderes en la fabricación de camas y mobiliario hospitalario, y proveedor de soluciones en habitaciones inteligentes para hospitales y residencias geriátricas. En el año 2012 es comprada por el grupo Pikolín, realizando una fuerte reestructuración en la plantilla y un rediseño en la metodología de trabajo de Pardo, así como realizando una reducción de la deuda financiera de la sociedad, asegurando la viabilidad y continuidad de un proyecto empresarial

La fábrica, en la que trabajan un total de 80 personas, se dedica exclusivamente a la producción de camas hospitalarias, camas de hogar y mobiliario hospitalario. Además, es distribuidora de otros productos como colchones. Debido al traslado y la reestructuración a la que está sometida se encuentra en algunos apartados en un estado embrionario, lo que da lugar a situaciones caóticas o sin definir.

La fábrica sigue un sistema de gestión pull con lotes de fabricación pequeños, marcados por la demanda del cliente. Este sistema ayuda a descubrir ineficiencias como elevados tiempos de

cambios entre modelos, material defectuoso, mudas de transporte o movimientos etc. En la actualidad, y debido a los cambios del mercado en el que los clientes únicamente piden lo que necesitan, esta es la forma de trabajar más adecuada, y por eso la planta se está adaptando a las nuevas directrices. Actualmente se sigue una producción tipo taller, job-shop, se realiza en diferentes áreas en las cuales se llevan a cabo diferentes trabajos, como: soldadura, doblado, corte, pintura, montaje etc...

En la Figura 4 se presenta la distribución de la planta, que cuenta con 15000 m<sup>2</sup>. Las zonas principales de la fábrica son:

- Almacén de materias primas (1): Dónde se almacena todo lo que viene de proveedores externos. está dividido en 2 zonas, una con el metal para soldadura y otra zona con el resto de material, maderas, plásticos, componentes electrónicos etc...
- Células de montaje (2): Dónde hay 7 células de montaje de camas hospitalarias, 1 de montaje de sillones, 1 de camas abatibles, 2 células de montaje camas de hogar, 1 de montaje de semielaborados como barandillas y otras multifunción.
- Taller de soldadura (3): Dónde se conforman todos los chasis y componentes metálicos de los productos.
- Cadena de pintura (4): Una cadena colgante con horno para pintar los componentes metálicos. Tiene una longitud de 120 m y una velocidad de 1 m/min

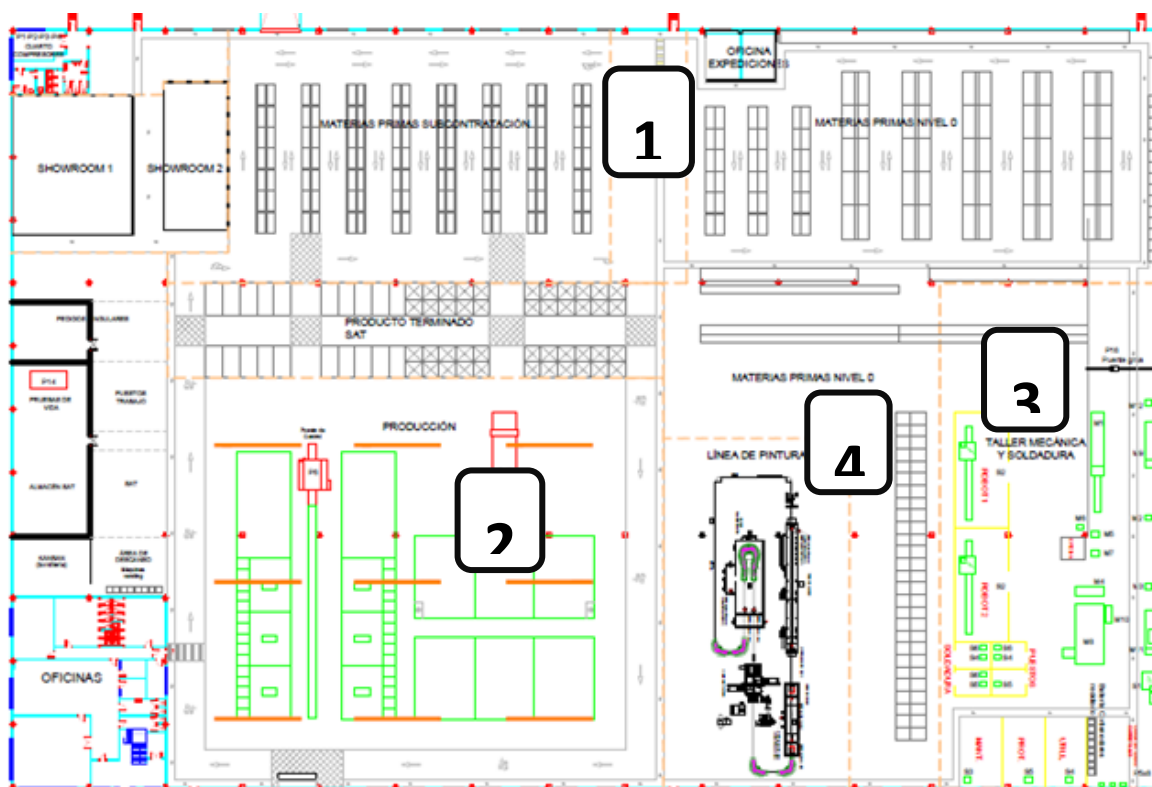


Figura 4 Distribución en planta de la fábrica.

Debido al desplazamiento de la fábrica y el cambio de tipo de producción, se han montado unos puestos con escasa planificación. Esto da lugar a colas de espera, almacenes intermedios en la llegada de material, incoherencias en el inventario, por desaparición de materiales, tareas y movimientos innecesarios y repetitivos, retrabajos en los productos y cuellos de botella. Todo esto limita el ritmo de producción genera sobre costes y dificultan el buen funcionamiento de la producción, obteniendo así un rendimiento en la fábrica inferior a lo deseado.

### 3.1 PRODUCTO

El producto que se monta en los puestos son camas de hogar articuladas (Figura 5). Sus componentes se pueden dividir en 3 categorías: Piezas metálicas, piezas plásticas y maderas, además llevan tornillería y cartones para el embalaje.



Figura 5 Cama hogar articulada.

Las piezas metálicas principales se pueden apreciar en la figura 6, correspondiente al chasis de la cama y en la figura 7 correspondiente a uno de los 3 ó 4 cuerpos que lleva cada cama. Además, algunos modelos llevan pequeñas bielas y arquillos.

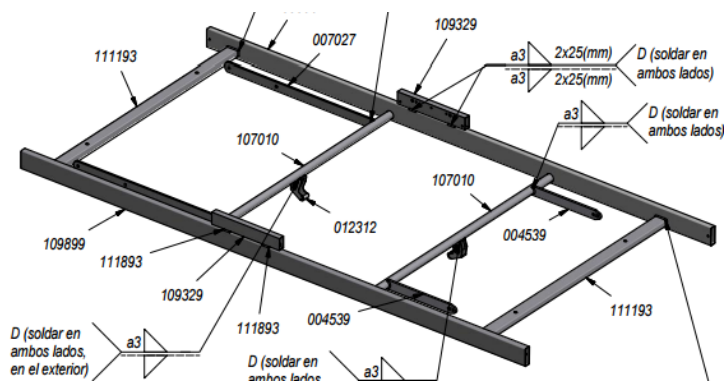


Figura 6 Chasis cama hogar

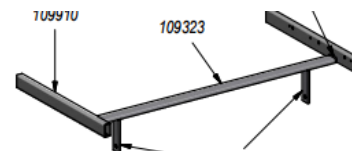


Figura 7 Cuerpo cama hogar

Las piezas de plástico varían dependiendo del modelo y las medidas. En el caso de la cama más fabricada consta de 25 piezas diferentes por cama y un total 148 unidades de piezas de plástico. Estas piezas son principalmente: Tacos de goma, topes, pitones y esquineras. En la figura 8 se ven varias de estas piezas (tacos, esquinera, tope y tapones).



Figura 8 Piezas de plástico.

Las piezas de madera son las lamas de la cama. Por lo general las camas llevan 2 ó 3 tipos diferentes de lamas, unas en la parte central y otra, más resistente en la zona del respaldo o los pies. Cada cama puede llevar entre 24 y 32 lamas de madera, dependiendo las medidas.

Para comprender el alcance de la situación, se pasa a evaluar tanto el volumen de producción de camas de hogar cómo la variedad de modelos de las mismas. En base a este estudio se apoyarán las futuras decisiones.

El volumen de producción anual por unidades es del 55% camas de hogar por 45% camas hospitalarias, en cambio en el tiempo invertido en su fabricación tienen mayor peso las camas hospitalarias ya que son más complejas y cuentan con más componentes. Con los datos históricos de fabricación de camas de hogar y mediante el uso de una tabla dinámica en Excel, se obtiene el volumen anual de producción de camas de hogar. En el gráfico 1 se aprecia un crecimiento anual continuo de la producción. Se tiene un aumento porcentual de la producción de:

- De 2015 a 2016: Aumenta un 17% la producción.
- De 2016 a 2017: Aumenta 6'72%
- De 2017 a 2018: Aumenta 8,87%

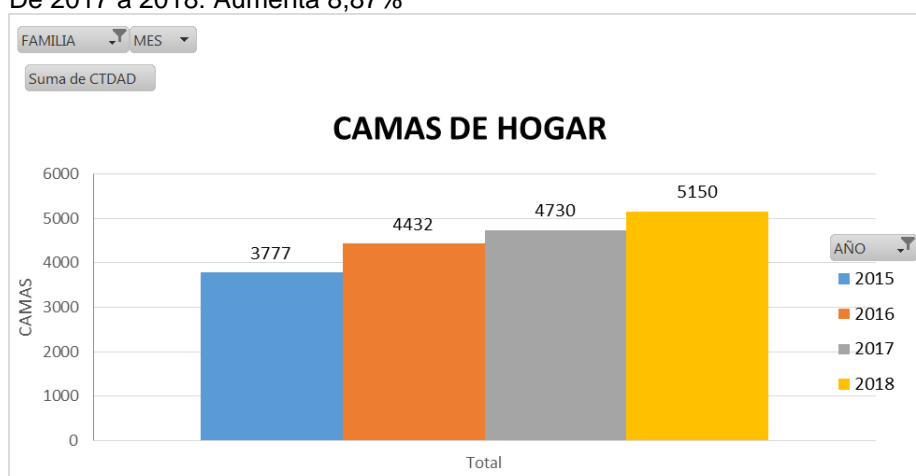


Gráfico 1 Volumen de producción anual.

Para marcar la necesidad y poder definir una planificación equitativa de la producción, se realiza un gráfico mensual de cada año (gráfico 2) para encontrar patrones de aumentos de demanda de camas, para poder prever y aumentar stocks en estos casos de máximos de necesidad y que el puesto sea capaz de absorber esos picos de producción, tanto en volumen de materias primas cómo poder añadir varios operarios al proceso de montaje.

En base al Gráfico 2 se aprecian patrones de aumento de la necesidad de la producción debidos a periodos de ofertas, donde las ventas aumentan por los descensos de precios y por lo tanto aumenta la necesidad de producción. Estos máximos se dan en febrero y julio principalmente, aunque también hay otros picos como en septiembre debido a decisiones de aumentar stocks para poder afrontar la campaña navideña con tranquilidad. Por lo tanto, la necesidad de producción en el puesto no es regular, tendrá que diseñarse un puesto capaz de absorber fuertes periodos de demanda.

En cuanto a la variedad se tiene 16 modelos diferentes de camas de hogar. En esos 16 modelos hay 9 anchos x 3 largos de medidas diferentes para cada modelo, las medidas pueden variar de largos entre 1'80 m, 1'90 m, 1'94 m y 2 m y los anchos de 67'5, 75, 80, 90, 105, 120, 135, 140, 150 cm.

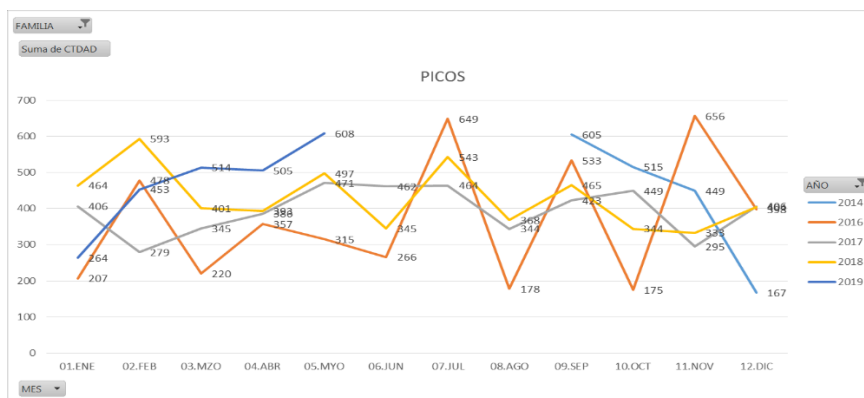


Gráfico 2: Máximos y mínimos mensuales en la producción.

He realizado varios diagramas de Pareto<sup>4</sup> como el gráfico 3 de 2019 para analizar la cantidad producida de cada modelo, así como su porcentaje acumulado, para ver qué variación produce cada modelo de cama frente al total. De esta forma se puede ver cuáles son los modelos con más peso en la producción, los más importantes y marca cuáles son en los que hay que focalizar más esfuerzo. Habrá que realizar una mayor supervisión de sus materiales desde compras y realizar inventarios en almacén con mayor frecuencia. También influirá en la forma de diseñar los puestos de montaje, ya que habrá que tener siempre disponible los consumibles de los productos más fabricados.

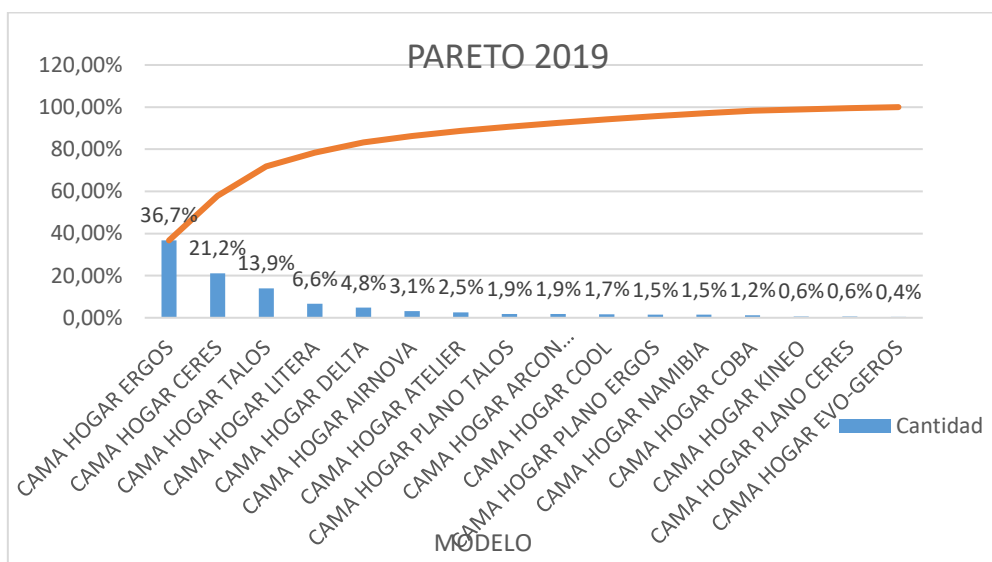
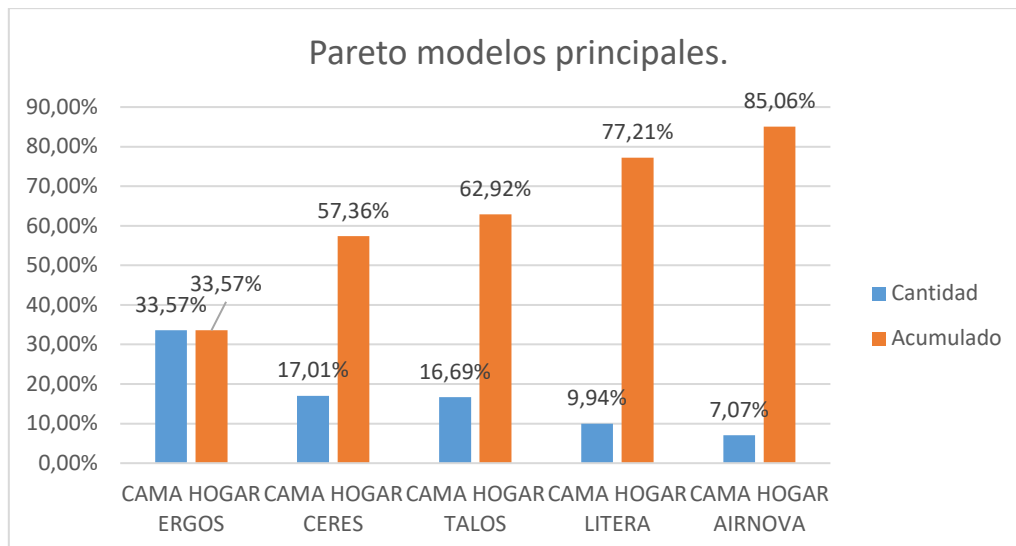


Gráfico 3: Diagrama de Pareto de los modelos fabricados en 2019.

El gráfico 4 muestra la media de todos los modelos fabricados en 2017, 2018 y 2019, obteniendo así los modelos con más peso en la producción. De los diagramas de Pareto (Gráficos 3 y 4) se deduce que hay 3 modelos principales Ergos, Ceres y Talos que ocupan el mayor volumen de producción. El modelo más significativo es el ERGOS ya que supone un 33,57% de la producción total de hogar. Además, vemos que ese porcentaje va al alza en 2018: 31,94%, en 2019: 36,72%.

<sup>4</sup> En el anexo 4 se adjuntan los diagramas de Pareto anuales.



*Gráfico 4 Diagrama de Pareto modelos más fabricados.*

La planificación de los puestos y la producción se va a centrar en estos 3 modelos ya que cumpliendo su demanda se habrá cumplido con más de dos tercios de la producción anual de hogar, de una forma estandarizada.

De estos diagramas de Pareto se obtiene una clasificación tipo ABC de los modelos de las camas producidas. Tras el estudio de estos diagramas, se presentó un análisis al equipo directivo, con el fin de dejar de producir los modelos con menos demanda ya que generan stocks inmovilizados en almacén que tienden a convertirse en obsoletos.

### 3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de fabricación es un proceso de montaje manual, finalizando con el embalaje del producto. Para ello, se cuenta con dos puestos de montaje de camas de hogar. El número de operarios varía en función de las necesidades, oscilando de dos a seis personas por turno. El rendimiento obtenido no es el deseado al trabajar con más de un operario porque el puesto no ha sido diseñado con la flexibilidad necesaria para ello.

Los puestos son alimentados por la línea de pintura que tiene una capacidad de producción de 1 pieza por minuto, con un tiempo inicial para dar la primera vuelta de 2 horas, es decir, en un turno de 8 horas está 6 horas sacando 1 pieza por minuto. El resto de material necesario se trae desde almacén. Los puestos están situados junto a la línea de pintura y cerca de la embaladora con horno de plástico termo retráctil, que es dónde termina el proceso.

El proceso que se realiza en el puesto de hogar se divide en 2 subprocesos: el montaje de la cama y su embalado. Anteriormente era un único proceso, y la cama, una vez montada, se introducía en la embaladora para su embalaje y tener el producto terminado. Actualmente no es rentable tener la embaladora encendida de forma continua todos los días, ya que se trata de una embaladora con horno que tiene un consumo energético muy alto lo que supone un coste mensual enorme.

Las órdenes de producción se mandan por lotes del mismo tipo de cama. El montaje de la cama se realiza por unidades completas, por lo tanto, no hay lotes del subconjunto que las forman, los cuerpos.

En la figura 9 se presenta el layout de la zona de montaje. Esta va a ser explicada de arriba abajo según la imagen y la flecha de la derecha. En la zona superior verde, se encuentra el material que sale de la cadena de pintura. Este material es descolgado por operarios y se mete en jaulas metálicas o carros. Después se encuentra el almacén 3, dónde se dejan las jaulas y carros con las piezas pintadas en días anteriores. El pasillo 1 horizontal, queda anegado por el volumen de material y el desorden. Más abajo se encuentra el almacén 2, un almacén intermedio con pallets de lamas de madera. A la izquierda está el almacén 1, dónde se depositan las cajas de diferentes tamaños con todo el piecero plástico. En la zona central se encuentran los 2 puestos de montaje, a los cuales solo se puede acceder y traer material desde el pasillo vertical.

Abajo del todo se encuentra la embaladora y una playa dónde se dejan los carros con todas las camas terminadas esperando su embalaje.

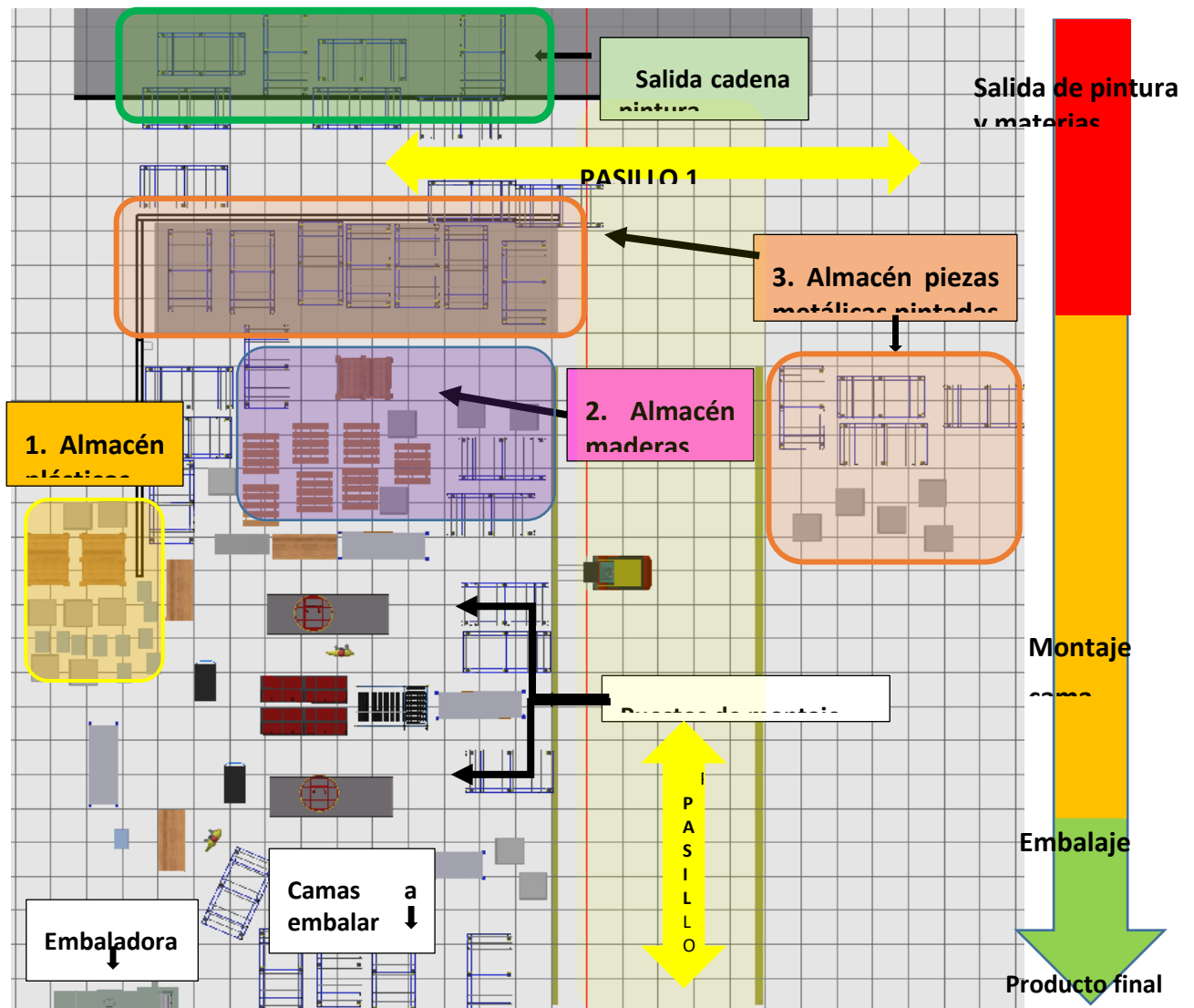


Figura 9 Layout inicial

A continuación, se describe el proceso de montaje<sup>5</sup>. En la primera parte del proceso, el operario va a 2 de los 3 almacenes o nichos de material que hay alrededor, para buscar el material necesario para completar la orden de montaje y llevarlo al puesto. En primer lugar, va al almacén de piezas metálicas, busca los cuerpos y el chasis, comprobando que hay y que son correctos. Una cama lleva, según el modelo, 3 ó 4 cuerpos, que vienen de pintura colocados en un carro. Normalmente, en cada carro hay cuerpos para más de 1 cama, mezclados según han salido de pintura. En la figura 10 se pueden ver diferentes carros con cuerpos de diferentes colores y medidas mezclados. El operario coge el carro completo y lo acerca al puesto.

<sup>5</sup> En el Anexo 4, se muestra el diagrama del proceso con la disposición real en el puesto.





Figura 10: Carros para cuerpos pintados

De este almacén también coge el chasis, que como en el caso de los cuerpos, vienen apoyados en jaulas desde la sección pintura, repitiendo la mezcla de tamaños y colores en la misma jaula. En la Fig. 11 se observa cómo son las jaulas y la colocación de los chasis en ellas. Para moverlas, es necesario una transpaleta.



Figura 11: Almacén y jaulas de chasis.

El siguiente paso es coger del almacén de plásticos todas las piezas necesarias. Estas piezas vienen de proveedores externos en cajas de cartón de tamaños diversos y con diferentes unidades. Para coger estas piezas, el operario coge cubetas vacías que hay sobre la mesa de montaje o en estanterías, y las rellena en cantidades no controladas. En la Fig. 12 se puede ver cómo es este almacén.



Figura 12: Almacén intermedio cajas plástico

Tras aprovisionar el puesto, el operario comienza con las operaciones de montaje. Primero coge de la jaula los 3 ó 4 cuerpos necesarios para 1 cama y los acerca a la mesa de montaje de cuerpos (Fig. 13) En esta mesa, según Fig. 14, están las cubetas con todo el material que va a necesitar y las herramientas necesarias: una remachadora, un atornillador, mazo de goma y un macho para roscar. Algunas de estas herramientas las comparten entre los puestos, lo que provoca retrasos. En la mesa monta los cuerpos con sus piezas de plástico y la tornillería necesaria



Figura 13: Cuerpos cerca de mesa.



Figura 14: Mesa montaje.

Después de finalizar el montaje de los cuerpos, pide ayuda al operario del otro puesto para traer 1 chasis de la jaula con chasis pintados y colocarlo en la plataforma giratoria (Fig. 15). Después comienza el montaje de los cuerpos acabados (Fig. 16) sobre el chasis (Fig. 17).



Figura 15: Plataforma giratoria



Figura 16: Cuerpos acabados



Figura 17: Chasis

Una vez terminado va al almacén intermedio de maderas, donde se sitúan los pallets de lamas de madera de diferentes modelos y medidas (Fig. 18). Cada cama lleva entre 12 y 32 lamas dependiendo del modelo. En este almacén hay gran diversidad de pallets con modelos y medidas distintas, de manera que el operario, metro en mano, busca las tablas que necesita ya que no están identificadas de ninguna manera. Acerca las maderas que puede cargar en la mano a una de las estanterías de donde las cogerá.



Figura 18: Almacén intermedio maderas

Una vez colocadas las lamas en los tacos de goma de la cama, se coloca el motor por la parte inferior y se comprueba su correcto funcionamiento, es decir, los cuerpos suben y bajan correctamente. Tras esta tarea, busca los cartones para embalar y coloca el poliespán alrededor del chasis. Los cartones son medida 90x190 por lo que siempre que sea otra medida de cama

tiene que cortarlos con un cúter para modelarlos a la forma necesaria. Los cartones se traen junto a las cajas y se dejan en alguno de los nidos de alrededor del puesto (Fig. 19)

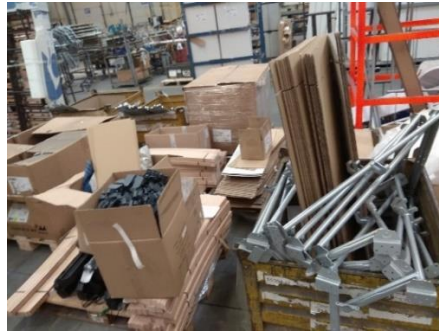


Figura 19: Nido con piezas y cartones embalaje.

Ya terminada la cama y embalada correctamente, el operario busca un carro libre (Fig. 20) dónde se almacenan hasta 5 camas terminadas para después llevarlo a la zona de entrada de la embaladora con horno (Fig. 21). Para este proceso se requieren 2 operarios, ya que hay que levantar la cama, colocarla en el carro, atarla y después arrastrarlo hasta una zona lejana al puesto.



Figura 20: Carros libres.



Figura 21: Carros con camas terminadas.

En la zona de la entrada de la embaladora se acumulan camas terminadas hasta que no caben más carros, entonces se enciende el horno y se embala todo el mismo día, para que sea más rentable el uso de este tipo de embalaje. A continuación, se describe el proceso seguido para embalar. Entre cada etapa se requieren 2 operarios ya que hay que levantar la cama terminada que su peso puede ir desde los 50 kg a 95 kg la más pesada.

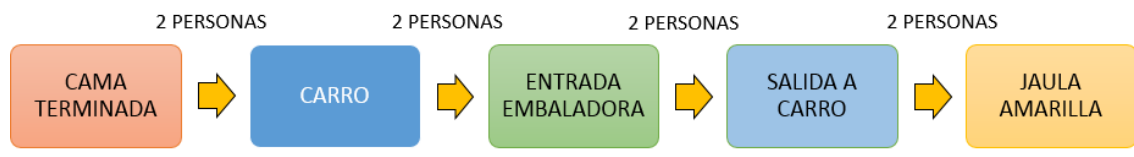


Figura 22: Entrada embaladora.



Figura 23: Salida embaladora.

Una vez salen las camas embaladas se vuelven a poner en carros de transporte (Fig. 24) debido a que no hay jaulas grandes amarillas suficientes. Estas jaulas son con las que se transporta el producto terminado a la sede central de Pikolin en Plaza y dónde son almacenadas. Cuando disponen de jaulas amarillas (Fig. 25) se traspasan las camas ahí y se da por terminado el proceso.



Figura 24: Carro con camas embaladas



Figura 25: Jaula amarilla para transporte

En la figura 26 se representa un diagrama esquemático del proceso de montaje, desde el aprovisionamiento del material hasta la etapa final de embalaje.

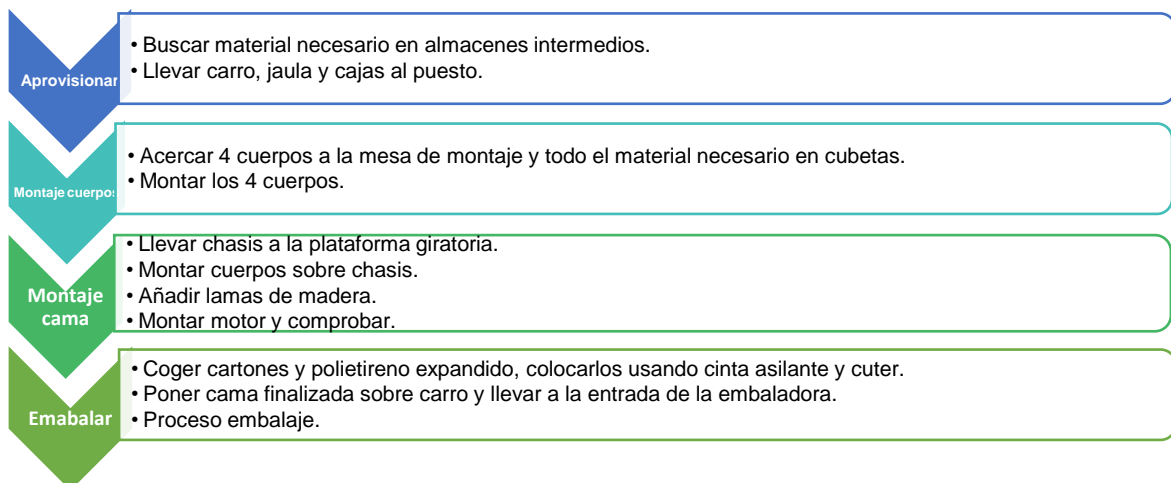


Figura 26 Diagrama del proceso.

Para ver que supone la distribución en planta inicial en cuanto a movimientos y desplazamiento para el operario se utiliza el diagrama de Spaghetti (Fig. 27). En la imagen se ha dibujado una línea azul que representa la trayectoria del desplazamiento que sigue el operario para montar una cama. La zona representada tiene una medida de 24 x 25 m.

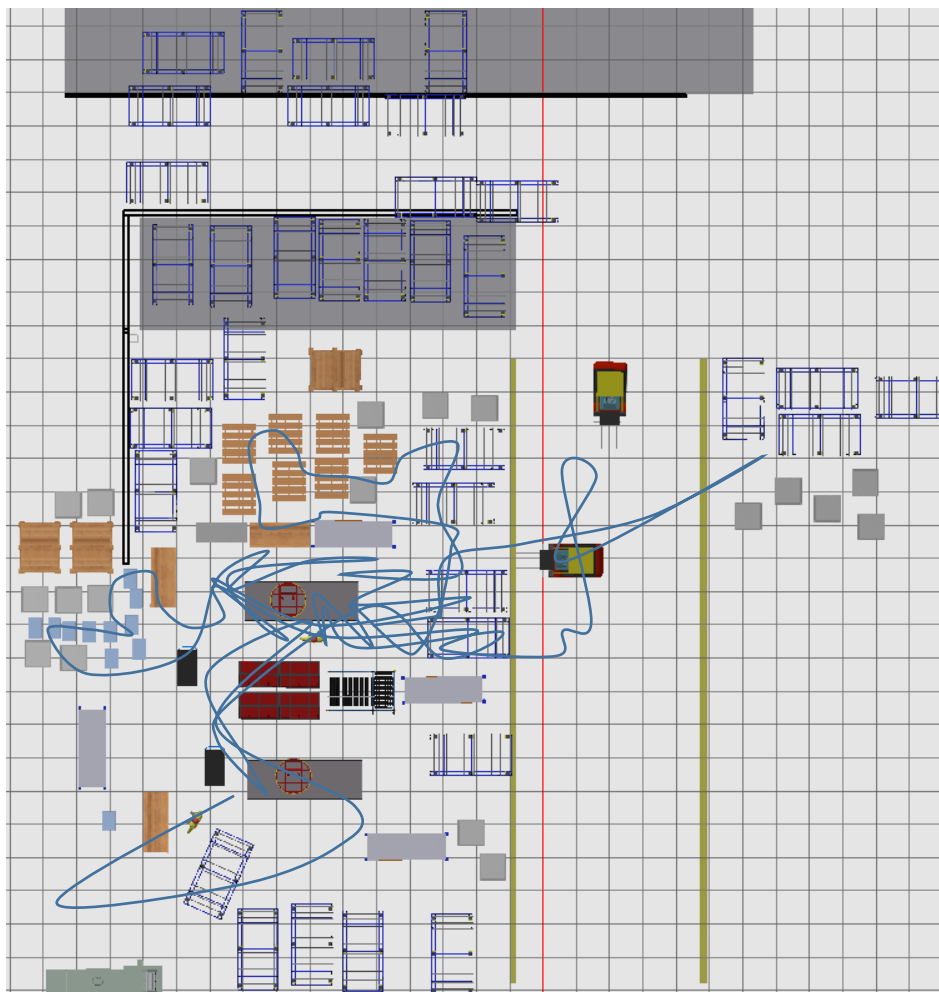


Figura 27: Diagrama de Spaghetti con layout inicial

Como resultado de analizar el diagrama se concluye que el operario debe realizar una gran cantidad de movimientos y transportes para poder realizar el montaje de una cama. Esto se debe al layout inicial y a la forma de aprovisionar el puesto de materiales.

## 4. CÁLCULO OEE

Para valorar la actuación global del puesto de montaje y de la embaladora actual se tendrá en cuenta el indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia General de los Equipos). Este indicador representa la capacidad real para producir sin defectos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos. Se va a calcular el OEE del proceso de montaje, así como el de la embaladora, ya que estos procesos juntos conforman el proceso global. Se dividen porque los datos en el ERP están divididos en 2 centros, 1 el puesto de montaje y otro el de la embaladora. A continuación, se detalla cómo se obtiene cada variable necesaria para el cálculo.

### 4.1 CÁLCULO OEE PUESTO DE MONTAJE:

Con los datos del ERP de la empresa no se puede obtener el OEE inicial, ya que no contabilizan la calidad ni la disponibilidad. El único indicador que muestra la situación de partida es el rendimiento, calculado a partir de los tiempos recogidos del sistema. En base a los datos de los 7 primeros meses de 2019 el rendimiento,  $\eta_0$ , es 82,58 %. Este dato se obtiene en el ERP con la siguiente fórmula:

$$\eta_0 = (\text{horas de carga})/(\text{horas invertidas})$$

- Horas de carga: Corresponden al sumatorio de tiempos de ciclo de cada modelo de cama, es decir, el tiempo asignado a las órdenes de montaje en el ERP.
- Horas invertidas: Tiempo total, real que ha costado realizar la orden de montaje contando todas las horas del turno.

Este dato presenta varios errores que no lo hacen representativo. Uno de los principales son los tiempos asignados en el sistema para obtener las horas de carga, en la mayor parte de los casos, no se ajustan a la realidad.

Otro de los errores en este cálculo es que para las horas invertidas se tiene en cuenta las 8 h del turno completo, sin tener en cuenta el descanso de 15 minutos, tendría que utilizarse el tiempo disponible.

Dentro de las horas de carga, está sumado un porcentaje de compensación debido a mudas, lo que tendría que ser al revés, se tendría que descontar ya que luego con los partes de trabajo se anotan los parones por ineficiencias, averías, errores etc... y se suman esos tiempos. Esto hace que el tiempo asignado a mudas esté, en parte, duplicado y además no se contabilice de forma fidedigna.

#### 4.1.1 CÁLCULO OEE INICIAL SEGÚN DATOS ERP

Este OEE no será representativo de la realidad debido a que los tiempos de ineficiencias, mudas, no están reflejados en el sistema de forma completa. Además, hay un apartado destinado a tiempo sin controlar que es un limbo de tiempos que después no se utiliza en el cálculo de los rendimientos y por último los Tc (tiempos de ciclo) no se ajustan a la realidad.

##### RENDIMIENTO DEL PROCESO:

El rendimiento del proceso se va a calcular con los datos de la media mensual de 2019 de las dos formas explicadas en el apartado 2.2. Se calcula de dos formas para tratar de disminuir los errores en los tiempos del ERP.

El tiempo total invertido medio es de 546,55 h / mes. Este dato se obtiene del ERP, y es la cantidad total de horas de M.O.D (mano de obra directa) que se ha destinado a completar las órdenes de trabajo de un mes.

El tiempo planeado es un descanso de 15 minutos por operario y turno, quedando la producción parada ya que es al mismo tiempo para todos. El tiempo planeado mensual sería de 17 h/mes .

El tiempo de carga de trabajo es de 451,38 h/mes, y es el tiempo medio mensual asignado en el sistema con los tiempos de ciclo, Tc, a cada orden de trabajo realizada en el mes.

Con esto se obtiene un tiempo disponible de  $546,55 - 17 = 529,55$  h/mes.

El tiempo muerto debido a averías, parones etc... se establece como la suma total de horas introducidas en el sistema bajo el nombre de ineficiencias. Estas horas son recopiladas diariamente de los partes de trabajo de los operarios, que indican el motivo de sus paros y los cuantifican. La media mensual de tiempo muerto debido a ineficiencias es de 95,2h/mes. Este cálculo no es representativo ya que los datos que se recogen de los partes de trabajo se ha comprobado que varían de la realidad. Con esto se obtiene un Tiempo productivo =  $529,55 - 95,2 = 434,35$  h/mes.

Para obtener el rendimiento se divide el tiempo de carga de trabajo para el tiempo productivo.

$$Rendimiento1 = (451,38)/(434,35) \times 100 = 103,92\%$$

Para calcular capacidad estándar, con los datos de las camas fabricadas mensualmente, la media de camas fabricadas es de 496 camas/mes que, si se divide por el tiempo disponible de 546,55, se obtiene una capacidad productiva estándar de 0.9 camas/h. Con estos datos se calcula el rendimiento en base a las unidades producidas. Para obtener el rendimiento 2 se divide el nº de camas fabricadas para el producto de la capacidad productiva por el tiempo productivo.

$$Rendimiento2 = 496/(0,9 * 434,35) \times 100 = 126,88\%$$

##### DISPONIBILIDAD:

La disponibilidad del proceso se calcula conforme a lo explicado en el apartado 2.2. Se divide el tiempo productivo entre el tiempo disponible.

$$Disponibilidad = (434,35)/(529,55) \times 100 = 82,02\%$$

##### CALIDAD:

Actualmente la calidad no se contabiliza de ninguna forma en el sistema, se da por hecho una calidad del producto final del 100%, algo totalmente alejado de la realidad.

Para calcular el OEE, se multiplican las 3 variables obtenidas, el rendimiento, la disponibilidad y la calidad. Se utiliza el rendimiento más bajo porque es lo que más cerca estaría de la realidad. En la figura 28 está el resumen de los resultados.

$$\text{OEE} = 103,22 \times 82,02 \times 100 = \mathbf{84,48 \%}$$

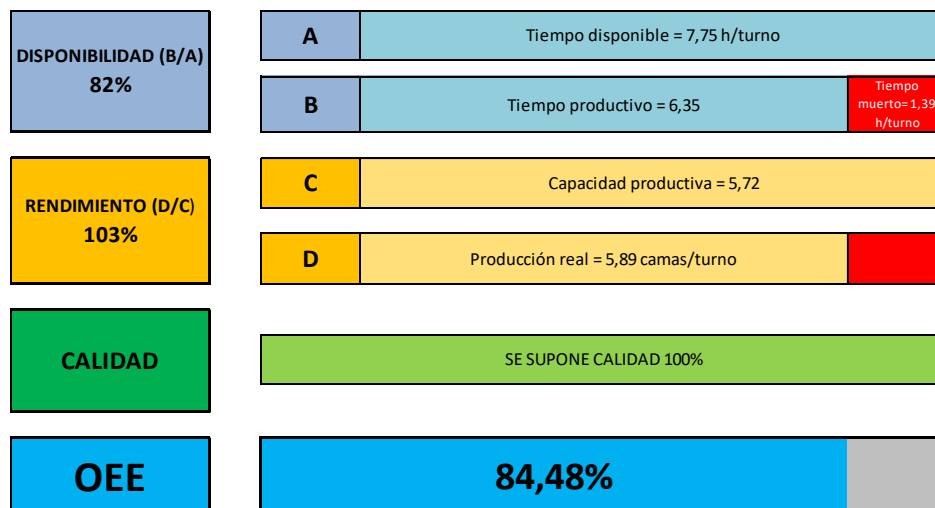


Figura 28: Cálculo OEE inicial según ERP.

#### 4.1.2 CÁLCULO OEE REAL

Para poder marcar el punto de partida del proyecto y hacer una valoración lo más cercana a la realidad, se va a obtener la calidad del proceso, la disponibilidad para producir y el rendimiento, en base a las mediciones realizadas en el periodo de evaluación del puesto, así como las correcciones en los datos del ERP necesarias para aproximarlos a la realidad.

Uno de los primeros puntos a analizar es el tiempo muerto. Es un dato que se recopila de los partes de trabajo y se mete diariamente en el sistema. Hay diversos motivos por los que estos datos no son muy fiables; por ejemplo, a veces hay varios operarios en el mismo puesto y cuando hay una ineficiencia que les afecta a todos en su productividad, solo se mete ese tiempo en la parte de trabajo del puesto, ese tiempo solo afecta a 1 persona y en la realidad ha afectado a todos los que se encontraban en el puesto, por lo tanto, podría ser el doble o el triple. En otras ocasiones no reflejan la realidad ya que es el operario el que lo cuantifica y no lo ha estado midiendo, más bien hace una estimación del tiempo que le ha parecido.

Para conseguir cuantificar el tiempo real en pérdidas realicé mediciones durante 2 meses obteniendo un tiempo muerto diario en el puesto de 5,5 h. Con este valor se corrige el tiempo productivo =  $529,55 - 109,2 = 420,35 \text{ h/mes}$ .

$$\text{Disponibilidad} = (420,35)/(529,55) \times 100 = \mathbf{79,37\%}$$

Para ver si era representativo este valor, realicé mediciones en una situación ideal, sin ningún tipo de parón o muda, para fijar cuál es el tiempo real de realizar todas las operaciones de montaje, el tiempo de ciclo real. Con esto se obtienen un valor de capacidad real =  $35 \text{ min/cama} = 0,58 \text{ h/cama}$ ;  $1,72 \text{ h/cama}$ . Esto difiere mucho del Tc medio del sistema que como se ha visto antes es de  $1,11 \text{ horas/cama}$ . Para saber el tiempo de carga de trabajo real, para el rendimiento1 multiplico el Tc nuevo por el número de camas fabricadas y obtengo: tiempo carga de trabajo =  $0,58 \times 496 = 287,68 \text{ h}$ .

$$\text{Rendimiento1} = (287,68)/(420,35) \times 100 = 68,43\%$$

$$\text{Rendimiento2} = 496/(1,72 * 420,35) \times 100 = 68,43\%$$

#### CÁLCULO DE LA CALIDA

Para conseguir hacer una estimación de la calidad relacionada con el puesto, obtengo los datos históricos del sistema de las devoluciones de camas de hogar desde clientes o proveedores, motivadas por fallo de calidad ya sea en embalaje, motorización o estructura de la cama. Estos son los errores de calidad que pueden estar relacionados con el montaje en el puesto y su embalado. Hay 180 devoluciones por motivos de calidad en los 7 meses de 2019.

$$\text{Calidad} = (\text{camas totales} - \text{unidades malas}) / (\text{camas totales}) = (496 - 25,71) / 496 \times 100 = 94,81\%$$

Multiplicando las 3 variables obtenidas se calcula el OEE:

$$\text{OEE} = 68,43 \times 79,37 \times 94,81 = 51,49\%$$

#### 4.1.3 COMPARACIÓN

En el gráfico 5 se muestra la comparativa entre el OEE inicial según los datos reflejados del ERP y el OEE inicial más ajustado a la realidad posible. En este vemos que la disponibilidad es cercana mientras que el rendimiento es totalmente diferente, debido a los tiempos de ciclo mal definidos además de tiempos no introducidos en el sistema. La calidad varía ya que en el primer supuesto directamente no se tiene en cuenta. Esto da lugar a unos valores de OEE totalmente opuestos. El primero indica una situación óptima mientras que el otro una situación de urgente necesidad de mejora.

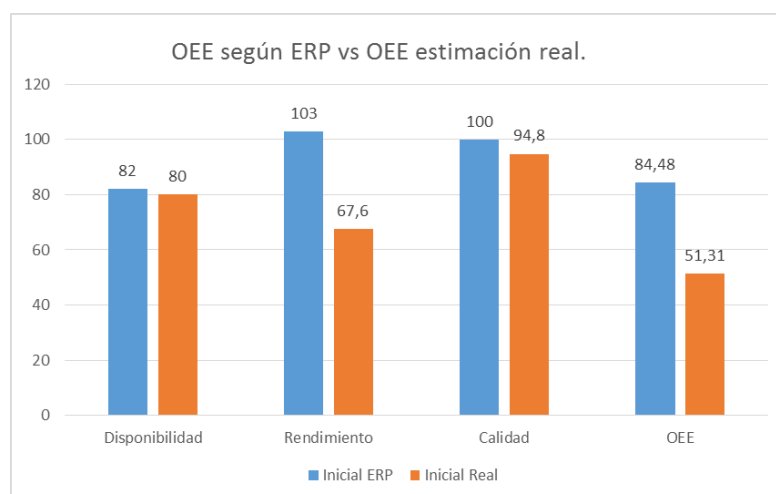


Gráfico 5. OEE según ERP vs OEE real del puesto.

## 4.2 CÁLCULO OEE PROCESO DE LA EMBALADORA

En este apartado se calcula el OEE del proceso de embalaje en la embaladora con horno y plástico termoretráctil. Este proceso entra dentro del puesto de montaje de hogar y es la etapa final, por lo cual también se ha medido, estudiado y evaluado con el fin de mejorar el proceso.

### 4.2.1 CÁLCULO OEE INICIAL EMBALADORA SEGÚN DATOS ERP

Los datos para el cálculo del OEE en función del ERP correspondientes a los 7 primeros meses de 2019 completos son los siguientes:

- Tiempo carga de trabajo = 395,46 h
- Tiempo muerto = 65 h
- Tiempo disponible = 474,21 h
- Tiempo productivo = 474,21 – 65 = 409,21 h
- Tiempo de ciclo = 5 min/cama; Según datos ERP, 12 camas/h.
- Camas embaladas = 3476 unidades.

#### DISPONIBILIDAD

Utilizando la ecuación del apartado 2.2, se obtiene la disponibilidad de la embaladora:



$$\text{Disponibilidad} = (409,21)/(474,21) \times 100 = \mathbf{86.29\%}$$

#### RENDIMIENTO DEL PROCESO:

Utilizando la ecuación del rendimiento se obtiene el rendimiento del embalaje:

$$\text{Rendimiento} = 3476/(12 \times 409.21) \times 100 = 70,78\%$$

#### CALIDAD

La calidad es una vez más aceptada como el 100 % ya que no se controla ni se mide de forma alguna

Se calcula el OEE con el producto de las 3 variables:

$$\text{OEE} = 70,78 \times 86.29 \times 100 = \mathbf{61,07\%}$$

#### 4.2.2 CÁLCULO DEL OEE REAL INICIAL:

Como en el caso del proceso de montaje ahora también se van a corregir algunos datos. Por ejemplo, el Tc, el tiempo muerto o el tiempo de carga de trabajo y el tiempo disponible. Uno de los factores más influyentes es el tiempo dedicado, ya que solo se mide una vez que el puesto está colocado para embalar, pero hay un tiempo de adecuación y preparación para empezar a embalar que no se tiene en cuenta.

Tras estimar con mis mediciones se tiene un tiempo de carga de trabajo total = 723,8 h con lo que se tiene un Tc= 9min/cama .El tiempo de ciclo obtenido tras el periodo de mediciones fue de 9 min/cama, casi el doble del estipulado en el sistema.

Este tiempo es mayor ya que el ciclo considerado por el sistema es solamente meter la cama a embalar y sacarla, en cambio el proceso de embalado cuenta con muchas más tareas, como movimiento de los carros con las camas, carga y descarga de estos, traer jaulas grandes y rellenarlas.

El tiempo muerto del ERP solo refleja el tiempo perdido cuando se ha averiado la máquina. En cambio, habría que tener en cuenta todos los parones que sufre por diferentes motivos: cambiar las bobinas de plástico, cortar material sobrante, sobrecalentamiento del filamento cortador, fallos en los sensores de fin de recorrido y más. Teniendo en cuenta estas consideraciones se obtienen los siguientes valores más realistas para los 7 meses de 2019:

- Tiempo muerto = 155 h (en los 7 meses)
- Tiempo productivo = 521 – 155 = 366 h
- Tiempo carga de trabajo = 432,3 h

#### DISPONIBILIDAD

Disponibilidad de la embaladora:  $\text{Disponibilidad} = 366/474 \times 100 = \mathbf{77,21\%}$

#### RENDIMIENTO DEL PROCESO:

Rendimiento del embalaje:  $\text{Rendimiento} = 2882/(12 \times 366) \times 100 = \mathbf{65.61\%}$

#### CALIDAD

Para conseguir hacer una estimación de la calidad, se tendrá en cuenta las devoluciones tramitadas por motivos de “no calidad” del embalaje y los retrabajos realizados cortando las partes sobrantes o parando la embaladora para plegar el plástico en las camas de pequeñas dimensiones. Con esto se ha obtenido 2 tipos de calidades, una que se cuantifica con los parones de tiempo y otra en comparación con las unidades devueltas por fallo de embalaje frente a las unidades totales. Se obtiene:

Calidad 1: 80,8%

Tiempo invertido en paradas y retrabajos de plástico: 100 h

Tiempo en uso total: 521 h

Calidad 2: 96,9 %

Camas fabricadas en 2018: 5150 uds

Devoluciones por fallos embalaje 2018: 155

Se obtiene un valor medio entre las 2 variables para la calidad en el proceso de embalaje de:  
Calidad=  $\mathbf{88,85\%}$

$$\text{OEE} = 77,21 \times 65,61 \times 88,85 = \mathbf{44,83\%}$$

#### 4.2.3 COMPARACIÓN:

En el gráfico 6 se muestra la comparativa entre el OEE inicial según los datos reflejados del ERP y el OEE inicial más ajustado a la realidad posible del proceso de embalaje. En este vemos que la disponibilidad varía un 9,08, el rendimiento un 5,17% y la calidad varía un 11,15%. Esto da lugar a una variación total en el OEE de un 16.24%. dejando a la vista un OEE muy negativo y un proceso improductivo que habrá que redefinir.

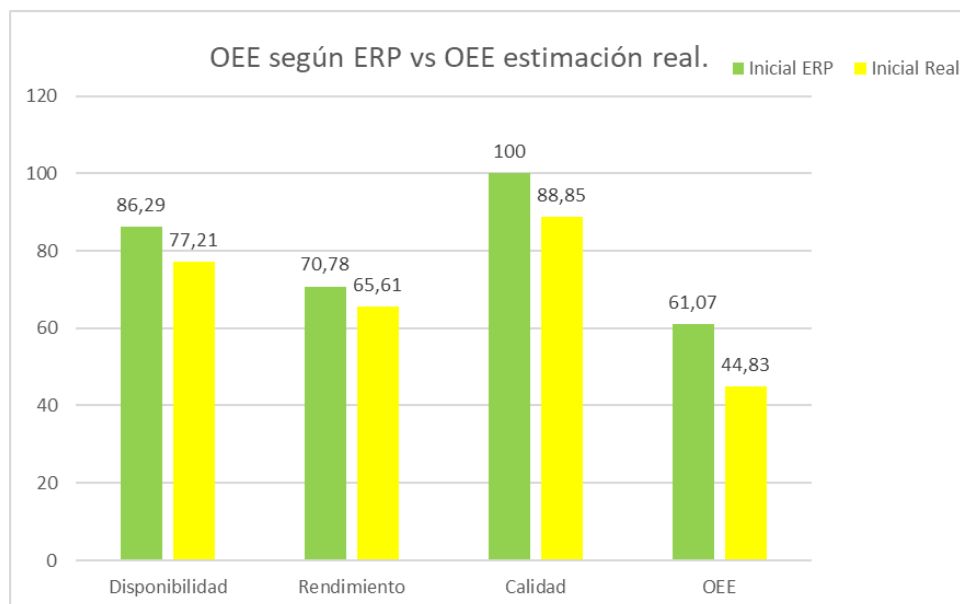


Gráfico 6. OEE según ERP vs OEE real de la embaladora.

### 4.3 CONCLUSIÓN

Una vez obtenidos los indicadores iniciales se puede establecer un punto de partida y de evaluación para identificar los problemas con más peso y plantear unos objetivos de mejora.

En el caso del embalaje además de tener un OEE muy bajo se encargó un estudio de los consumos a una empresa externa, para saber realmente cuánto se gasta en el proceso. Tras evaluar el estudio de eficiencia energética, se concluye que el gasto medio en electricidad del horno de la embaladora es de 500 €/mes. Este coste elevado y la ineficiencia apreciada en el OEE del proceso hará que más adelante se haga un estudio de viabilidad para utilizar nuevas tecnologías de embalado más eficientes.

El objetivo marcado es eliminar el proceso de embalaje en horno y sustituirlo por uno nuevo. En cuanto al proceso de montaje la meta a alcanzar es conseguir un OEE real mínimo del 80%, aumentando la disponibilidad y el rendimiento.

### 4.4 ENCUESTAS

Con el objetivo de tener una visión global de la situación inicial, se realiza una encuesta en la que se valoran las 5s de la metodología Lean (Fig. 29). En esta participan tanto los operarios del puesto, así como yo mismo. El formulario está formado por 20 preguntas, 5 por cada S de las 5s. La puntuación máxima por cada S es de 20 y en total 100 puntos.

EVALUACION INICIAL 5S						
	AREA : Puesto hogar			FECHA:		
	Realizado por: David Casalod					
Criterio de evaluación: 0= PÉSIMO 1=MALO 2=REGULAR 3=BUENO 4=MUY BUENO						
1ºS ORGANIZACIÓN	1. ¿Los pasillos están libres de obstáculos?	0	1	2	3	4
	2. Califique el estado de las piezas del almacén	X				
	3. Califique el estado de las estanterías y embalajes		X			
	4. ¿Existen piezas o materiales innecesarios en las estanterías o contenedores?	X	X			
	5. ¿Existen piezas o materiales fuera de lugar?	X				
	Observaciones:	Puntaje: 2				
2ºS ORDEN	1. Califique el orden en general del almacén	0	1	2	3	4
	2. ¿Cómo es la ubicación de las piezas?	X				
	3. ¿Las piezas están identificadas?		X			
	4. ¿Existe control visual?		X			
	5. ¿Las áreas del almacén están identificadas?	X				
	Observaciones:	Puntaje: 2				
3ºS LIMPIEZA	1. Califique la limpieza de los ambientes de trabajo	0	1	2	3	4
	2. El suelo está libre de polvo o basura.	X	X			
	3. Los contenedores y estanterías estanterías están limpias	X				
	4. ¿Existe un lugar designado para la basura o desecho?		X			
	5. ¿Existe algún plan de limpieza?		X			
	Observaciones:	Puntaje: 3				
4ºS ESTANDARIZACIÓN	1. ¿Cómo es la señalización del almacén?	0	1	2	3	4
	2. ¿Cómo es el nivel de estandarización (guías o manuales) del almacén?	X				
	3. ¿Las estanterías están delimitadas?		X			
	4. ¿Existe alguna referencia de limpieza?	X				
	5. ¿Cómo es el mantenimiento de las 3 primeras S?		X			
	Observaciones:	Puntaje: 3				
5ºS DISCIPLINA	1. ¿Son conocidos los procedimientos estándares?	0	1	2	3	4
	2. ¿Cómo es el seguimiento de la limpieza de las piezas y materiales del almacén?		X			
	3. ¿Cómo es el seguimiento del orden de las ubicaciones de las piezas del almacén?	X				
	4. ¿Todas las etiquetas de las estanterías están actualizadas?		X			
	5. ¿Cómo es el cumplimiento de las normas de higiene y seguridad industrial?		X			
	Observaciones:	Puntaje: 4				
		<b>TOTAL 14</b>				

Figura 29: Encuesta Valoración inicial.

Se obtiene una valoración de 14 sobre 100, lo que refleja una realidad en el puesto de trabajo con mucho potencial de mejora. Al final del proyecto una vez instauradas las soluciones, se entregará el mismo formulario para ver el alcance de las mejoras en el puesto y cómo afectan al trabajador.

## 5. ESTUDIO DE INDICADORES Y OPORTUNIDADES DE MEJORA

En este apartado se identifican los principales causantes de los desperdicios de tiempos en el puesto. Se realiza un estudio basado en tiempos y materiales para ver las necesidades del puesto marcadas por la producción y se marcan objetivos concretos de mejora. Todo esto se hace apoyándose en la metodología Lean Manufacturing.

Esta metodología, de forma resumida, se basa en un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicios que no agregan valor en un proceso, pero sí implican coste y esfuerzo. Los desperdicios van desde materiales, tiempos, transportes hasta errores o potencial humano desaprovechado. El objetivo principal del modelo Lean es gestionar y mejorar los procesos de la organización con menos recursos.

Como resumen se puede decir que el método Lean busca mantener el valor añadido del producto reduciendo el trabajo necesario para ello. Todo el enfoque de la producción está centrado en el punto de vista del cliente, para definir un proceso productivo en el cual toda acción o proceso tiene valor, es decir el cliente estaría dispuesto a pagar por ello.

## 5.1 MUDAS Y DESPILFARROS

El objetivo central de este apartado es el estudio de todas las tareas involucradas en la obtención del producto definiendo así qué añade valor al producto final y qué no. Con el estudio del proceso productivo quedan definidas las mudas, es decir los despilfarros que disminuyen el OEE.

Las fuentes que a simple vista originan más problemas son, la disposición del Layout y el flujo de materiales. La distribución del puesto original carece de orden, se trabaja sin seguir unas pautas, cada operario trabaja en base a su experiencia y a cómo ha sido organizado el puesto ese día. Para identificar las principales ineficiencias se clasificarán dentro de los 8 grupos de mudas de la filosofía Lean.

### Inventario:

- Cuando se prepara una lista desde almacén no traen el nº de piezas exactas ya que hay muchas referencias de piezas de plástico pequeñas y no las cuentan de una en una. Llevan cajas completas en las que hay entre 250 piezas y 2500 piezas, dependiendo de cada referencia. Esto crea un almacén intermedio en el propio puesto de montaje, con un sobre stock enorme. Produce descuadres de inventario, movimientos y traslados innecesarios y demás despilfarros.
- Sobre stock y almacén intermedio en el puesto de montaje de lamas de madera. Se lleva al puesto pallets completos con todas las lamas de madera, en los cuales puede haber hasta 2000 lamas, lo necesario para montar más de 90 camas. Cada cama lleva entre 2 y 3 referencias de madera distintas, por lo cual queda el puesto colapsado de pallets de maderas sin identificar.
- Anteriormente se montaban camas de geriatría en estos puestos, pero se ha externalizado ese trabajo. Ahora hay cajas y cubetas con piezas de esas camas, es material innecesario en el puesto.
- Hay torres de bloques de poliestireno expandido que se usan para el embalaje situadas cada vez en una zona diferente dificultando el movimiento de los operarios ya que ocupa un gran volumen (Fig. 30). Además, se mancha y rompe con mucha facilidad.



Figura 30: Poliestireno en uso y sobrestock en el puesto.

### Transporte:

- Llega el material mezclado de la cadena de pintura. En un mismo carro de cuerpos vienen piezas de diferentes modelos, medidas, colores y todo sin identificar (Fig. 31).

Esto hace que el operario pierda tiempo comprobando si son los que necesita mientras se desplaza buscando los correctos.



Figura 31: Cuerpos mezclados.

- Una vez montada la cama se requieren 2 operarios para cargar un carro con camas, después llevarlo a la zona de embalaje, el día de embalar desplazan ese carro a la entrada de la embaladora levantan la cama entre 2 operarios y a la salida de esta otra vez entre 2 operarios la llevan a un carro y del carro a la jaula de transportar en el camión. Este proceso es muy ineficiente ya que requiere de muchos desplazamientos y movimientos que no añaden ningún valor al producto final.
- A la hora de llevar las lamas de madera el operario encargado de llevarlo hace más viajes de los necesarios ya que desplaza pallets completos cuando no haría falta tanto material.

### Movimientos:

Para representar de forma visual los movimientos que se realizan durante el montaje de una cama de hogar se ha adjuntado el Diagrama spaghetti (Fig. 6)

- No hay suficientes herramientas para realizar todas las tareas en cada puesto. Esto hace que compartan herramientas entre operarios de diferentes puestos, molestándose y trabándose entre ellos.
- Hay lamas de madera que no vienen con la medida exacta lo que hace que el operario se desplace hasta otro puesto a cortarlas con la sierra de calar.
- El operario tiene que buscar entre las cajas el material necesario para completar la orden de montaje, ya sean piezas de plástico o metálicas. Ya que vienen piezas sin identificar y mezcladas (Fig. 32)



Figura 32: Piezas diferentes sin identificar.

- Inicialmente utilizaban un tipo de plástico de embalaje que tenían que ir a buscar al comienzo de la fábrica ya que está ahí la máquina que lo produce. Es un desplazamiento

andando de uno 40 m y se hacía entre 1 y 2 veces por turno ya que rellenaban una caja pequeña que se agota rápido.

### Defectos:

Debido a que no hay inspecciones de calidad a la llegada del material ni en el taller de soldadura ni en pintura, todos los defectos de las piezas salen a la luz en el puesto de montaje, generando así un flujo desequilibrado ya que hay parones por fallos de calidad que no son propios del puesto, sino de etapas anteriores.

- Se realizan retrabajos a piezas metálicas que vienen mal soldadas de taller o de proveedores externos. A veces se tiene que curvar la pieza para lograr que encaje o devastar partes para que cuadren entre sí.
- En un modelo seminuevo la cama Atelier, no se tuvo en cuenta el tamaño de la herramienta (la remachadora) cuando se diseñó. Esto hace que no se pueda acceder a un agujero interior y los remaches queden torcidos generando problemas en su montaje. En la figura 33 se muestra la herramienta que no puede acceder al agujero y el resultado con el remache torcido.



Figura 33: Remachadora y remache torcido.

- A la mayoría de piezas pintadas en taller se les pasa un macho para roscar por los agujeros que irán tornillos y remache, porque con la capa de pintura se genera un sobre espesor que hace que no encajen.
- En ocasiones se colocan los chasis de diferentes colores juntos (Fig. 34) y en su transporte en el toro mecánico se rozan y rayan. También se pueden rayar en la manipulación a la hora de colgar y descolgar, esto hace que los operarios tengan que inspeccionar y repintar cada chasis que encuentren con taras.



Figura 34: Chasis mezclados.

En varias ocasiones se encuentra el mismo error en las bielas soldadas en ángulo sobre un tubo. Las cuales, si es posible, enderezan con un mazo.

### Sobreproceso:

- Cuando hay faltas de material o piezas defectuosas se monta la cama y se embala parcialmente (solo con los cartones del chasis), para dejarla apartada hasta que el material esté disponible o sea corregido. Esto hace que más adelante tengan que

desmontar parte de la cama para poder montar la parte que falta. Además, se produce un sobreconsumo de cartón porque al desembalar suele romperse.

- En muchas ocasiones se repinta las piezas de forma innecesaria ya que se adquirió el hábito entre los operarios.

### Retrasos:

- Problemas relacionados con la embaladora que generan retrasos, por ejemplo, la litera tiene una altura plegada de 36 cm y la entrada de la embaladora de 34 cm. Esto hace que cada vez que se embale la litera, se tenga que crear una bolsa manualmente con la embaladora y enfundar la litera dentro y precintarla. Se produce una pérdida de tiempo de unos 10 min cada operario y se necesitan 2 personas.
- Los carros para transportar chasis, camas terminadas y camas embaladas generan retrasos ya que a veces están todos ocupados y no pueden almacenar más camas finalizadas o desplazarlas a la embaladora. Esto suele ocurrir cuando no hay jaulas disponibles para el transporte.
- Uno de los puntos que más retraso genera es el proveedor de material metálico del puesto, es decir la cadena de pintura. La problemática que hay es que tiene todo el metal que viene de taller sin ubicar. Se deja en una playa las jaulas apiladas y se refieren a esa zona como la "G1.1". Esta ubicación no existe en el sistema por lo que cada vez que se va a preparar una lista de materiales para pintar, se genera un gran retraso. Aquí se adjunta una lista de materiales que se mandaron a pintar para una orden de 1 turno de montaje de camas de hogar y el tiempo que implicó buscar todos los materiales (tabla 2):

PIEZA	CANTIDAD	TIEMPO (min)
PSU736655, CHASIS	12	7:20
PSU736740 CUERPO	1	12
PSU736739 CUERPO	4	4
PSU736724 CUERPO	4	6
PSU 736720 CUERPO	12	6
PSU736703 CUERPO	4	7:20
<b>TOTAL:</b>	<b>37</b>	<b>42:40</b>

Tabla 2 Tiempos de picking metales

Con esta tabla se obtiene una relación de 1:14 min/pieza, que de forma orientativa demuestra el despilfarro de tiempo que supone tener todas las piezas metálicas desubicadas.

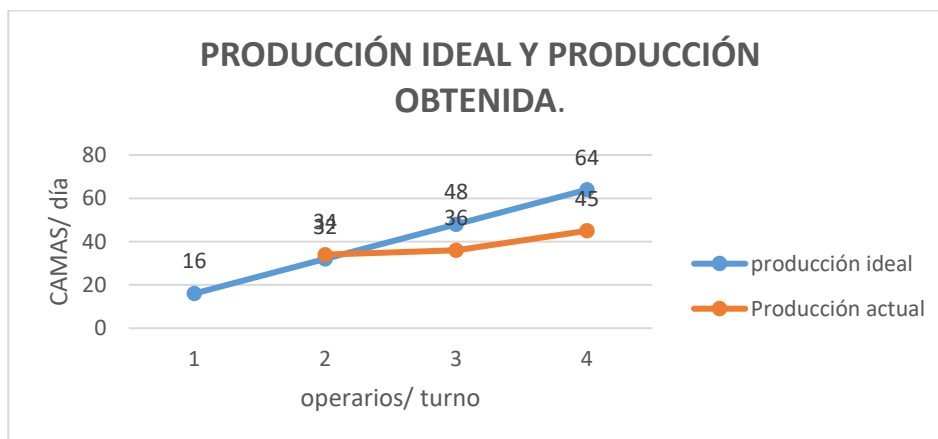
### Sobreproducción:

- Se pinta más material del necesario por fallo en el conteo, generando material sobrante.
- Cuando hay picos de necesidad ponen varios operarios en el puesto, al mismo tiempo, lo cual hace que se retrasen mutuamente y en vez de multiplicar la producción solo aumenta un pequeño porcentaje. Más adelante se representa el efecto de esto en los tiempos.
- Hay varias zonas donde se dejan las piezas metálicas que han sido pintadas los días anteriores, o que sobraron de órdenes debido a fallos en el conteo de material (se pintan piezas de más) o a que la orden de montaje no se pudo terminar por piezas defectuosas. Este material sobrante no puede reubicarse porque ya ha sido tratado y no se puede generar un código para llevarlo al almacén, el ERP no lo permite, esto hace que el material sobrante inunde pasillos, el puesto y zonas libres.

### Talento sin aprovechar:

- Los operarios que llevan más tiempo en ese puesto se ven condicionados y retrasados en sus operaciones cuando trabajan con más gente que no ha sido formada en el puesto.

Una vez clasificados los despilfarros dentro de cada tipo de muda, se va a analizar a parte la influencia de la gestión inicial. Actualmente, cuándo hay un pico de necesidad se manda a varios operarios a montar camas a los puestos, teniendo hasta 4 operarios a la vez en un puesto de montaje que no ha sido diseñado para eso. Para evaluar la influencia de esta mala gestión sobre el despilfarro de tiempo se representa en la gráfica 7 la producción obtenida en función del número de operarios que ha habido en el puesto. Para ello se utiliza un tiempo de ciclo de 1 cama/hora. Como resultado se tiene que por ejemplo cuando hay 3 operarios por turno en vez de obtener 48 camas al día se han obtenido 36. Esto se debe a que se obstaculizan en el puesto, no tienen herramientas suficientes, no se pueden desplazar libremente etc... Si se tuviera una célula de montaje para cada operario se obtendría la producción ideal de 48 camas al día.



Gráfica 7: Producción ideal vs obtenida.

Para poder ver el efecto de estas mudas en la producción se desgranar los tiempos medidos clasificados en función de la ineficiencia y del proceso, tanto montaje como en la embaladora. En el gráfico 8 se representa la media de horas mensuales que se desperdician. En este caso solo se representan las ineficiencias que más peso tienen sobre el total, estas son:

- Orden y limpieza: Supone 61 h/mes. Dónde se tiene en cuenta todos los tiempos relacionados con movimientos de material dentro del puesto y limpieza de piezas.
- Aprovisionamiento y transporte: Supone 40,3 h/mes. Todos los movimientos de jaulas, carros, cajas y material, para poder comenzar las órdenes de montaje.
- Preparación del puesto: Son 36,6 h/mes. Todo tiempo relacionado con conseguir las herramientas necesarias, las piezas equivocadas o encontrar el material que marca el sistema que está en planta.
- Retrabajos errores calidad proveedor: Supone 27 h/mes. En este apartado se meten los tiempos relacionados con las piezas que tiene que ser reparadas o arregladas por defectos debido a errores del proveedor.
- Repaso material: Implica 23,1 h/mes. Trabajos como repintar o pasar la amoladora para corregir imperfecciones.
- Retrabajos error de taller: Son 17,9 h/mes. Aquí se meten los tiempos de retrabajar piezas fabricadas en el taller propio de la empresa.

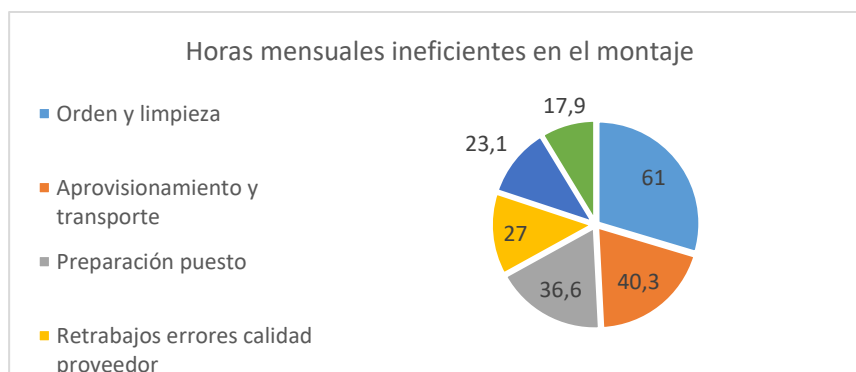


Gráfico 8: Principales ineficiencias mensuales en el montaje.



El total de horas mensuales destinadas a ineficiencias en el montaje es de: 350 h/mes. Teniendo en cuenta que la mano de obra en la fábrica está estimada en 1 €/min, esto daría pérdidas en el puesto de 21.000 €/mes debido a las mudas en el puesto.

En el gráfico 9 se muestra las ineficiencias medibles propias del proceso de embalado. Se clasifican en 5 tipos de despilfarros los cuales son un porcentaje del total de 87 h/mes, este es el valor medio de horas mensuales despilarradas en el embalado. Las mudas propias del embalado se agrupan en:

- Trabajo sin W.O (Work order): Corresponde a todas las tareas realizadas sin tiempo asignado, cómo cambiar los rollos de plástico o tensar el filamento de corte.
- Preparación: Se trata de las tareas de mover los carros con las camas terminadas para poder empezar a embalar las que necesitan en ese momento. Además de preparar la embaladora y horno con antelación.
- Avería: Agrupa cualquier tipo de avería, desde rotura del filamento de corte, atascos de plástico, fallos en el horno hasta pérdidas de tensión en la cadena del motor que mueve la cinta transportadora.
- Aprovisionamiento y transporte: Tareas relacionadas con obtener carros libres y jaulas para la salida de la embaladora, mover las camas, tener los rollos de plástico termoretráctil, etc....
- Orden y limpieza: Al tener las camas almacenadas hasta que hay mucha cantidad para embalar, se ensucian lo que hace que tengan que limpiarlas antes de meterlas a embalar.

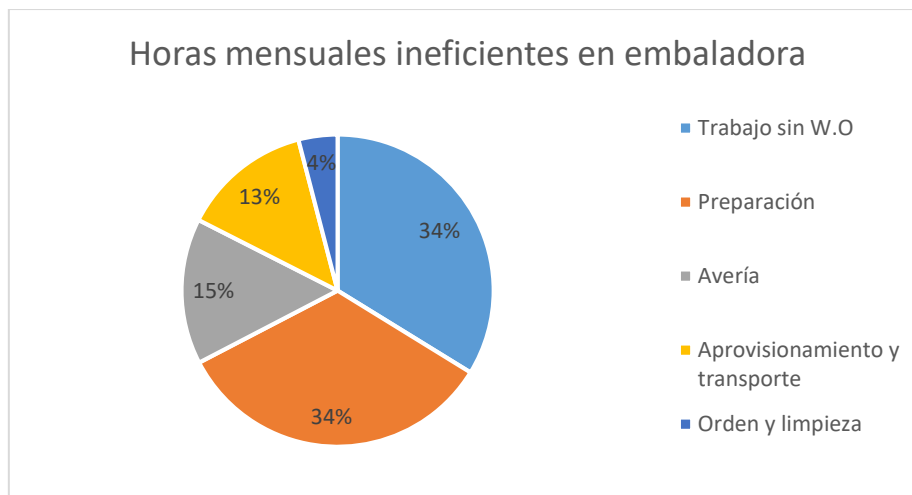


Gráfico 9: Horas mensuales en ineficiencias en la embaladora.

Como conclusión, tras el estudio de tiempos de cada categoría de ineficiencias y tras su clasificación en las 8 principales mudas, se concluye que los problemas radican principalmente de una disposición del layout incorrecto. Además la existencia de almacenes intermedios, genera sobre stocks con material incontrolado creando descuadres de inventario, pérdida de materiales y genera mucha necesidad de movimientos y transportes que no aportan valor al producto, el operario destina casi el 40% del tiempo a tareas que no son las propias de montaje de la cama de hogar. Todo esto es lo que origina un OEE tan bajo cómo el obtenido en cada proceso, ya que se tiene un rendimiento mucho menor del esperado.

## 5.2 OBJETIVOS

**El objetivo principal en los puestos de montaje** va a ser reducir el tiempo de las ineficiencias más grandes. Para ello, fijándose en las mudas relacionadas con estas ineficiencias, se concluye que el principal causante es la distribución en planta y la metodología utilizada para suministrar el material, tanto desde almacén cómo desde la línea de pintura. Por lo tanto, habrá que diseñar un nuevo layout que sea capaz de absorber la producción cuándo haya picos, además de favorecer el control visual de todo el material y que no permite que se generen almacenes intermedios que son fuentes de ineficiencias.

Para diseñar este layout se va a hacer un diseño celular, que favorezca la flexibilidad y cada puesto tenga el material necesario de determinados modelos para poder mover al operario a la

célula de montaje necesaria dónde se encuentra todo el material requerido, evitando así que tenga que buscarlo por almacenes. Inicialmente se va a estimar el volumen de producción de los próximos años, para saber así cuántas células de montaje se necesitarán para cubrir esta demanda.

Para calcular la máxima necesidad de camas al día se comprueba en base a la gráfica XX del punto 1, que hay fuertes variaciones en la producción de un mes a otro. Por lo tanto, se necesitará un Takt time del puesto menor cuándo haya picos de máxima necesidad en la producción.

Esto se puede conseguir usando más de una célula de montaje a la vez. Para poder estimar la producción de los siguientes años, se calcula en la tabla 3 el takt time necesario en función del aumento porcentual de la producción. De esta forma se sabrá el nº de células necesarias para satisfacer esta demanda. Para el cálculo se ha tomado el tiempo de ciclo medio actual del sistema de 1 cama por hora. Se tiene:

PRODUCCIÓN	MÁXIMO	TAKT TIME (min/cama)
ACTUAL	656	32,20
5% MAYOR	688,8	30,66
10% MAYOR	721,6	29,27
<b>20% MAYOR</b>	<b>787,2</b>	<b>26,83</b>

Tabla 3 Takt time con aumento de producción

Si se toma el tiempo de ciclo de 1 cama hora, para satisfacer una producción del 20% mayor a la actual, se necesitaría 3 células de montaje, montando a la vez, de esta forma se obtendría de forma aproximada 3 camas a la hora, 1 cama cada 20 minutos. Por lo tanto, para poder absorber el aumento de producción que está previsto, se van a montar 3 células de montaje en el puesto de hogar.

**El objetivo en el proceso de embalado** será buscar una nueva solución más moderna y eficiente con prestaciones semejantes. Eliminando así todas las ineficiencias relacionadas con este proceso 87 h/mes y reduciendo el coste final del producto debido al alto consumo del horno.

## 6. IMPLANTACIÓN DE MEJORAS

Con el fin de realizar una implementación y seguimiento de las mejoras de forma eficaz, se designa un equipo de personas con una lista de tareas a realizar. En el este equipo de mejora participan:

- Los operarios del puesto, involucrándose de forma activa con herramientas de mejora continua que les serán facilitadas. Serán ellos los primeros en evaluar las mejoras instauradas y harán de primer punto de apoyo para continuar mejorando, según la metodología PDCA.
- Los coordinadores de fábrica. Se encargarán de hacer de enlace entre el puesto de montaje y el supervisor. Además, se les asignarán tareas de supervisión y serán el primer filtro entre el puesto y el supervisor.
- El supervisor, en este caso será yo. Se encarga de la implantación de las mejoras, la estandarización y control continuo. Además, informa al equipo directivo sobre el avance y analiza posibles áreas de mejora, desde la nueva situación, generando así una mejora continua.

De forma inicial se decide realizar un área piloto, para analizar su evolución y su impacto de forma inmediata. En esta área se van a crear 2 células de montaje con todas las mejoras

propuestas y con una planificación determinada. A continuación, se detallan las herramientas de mejora propuestas, así como su justificación, viabilidad y alcance.

## 6.1 DESPLIEGUE DE MEJORAS

En este apartado se presentan las mejoras específicas implementadas de forma gradual y las propuestas en vía de instauración. Estas mejoras, formarán parte de la mejora troncal del trabajo que es el diseño del nuevo layout del puesto.

Se añade el impacto que tendrán en la disponibilidad y rendimiento, además el cálculo de ahorro de tiempos y económico. En caso de que sea necesario se calcula la viabilidad económica de la propuesta con su retorno de inversión. Para estos cálculos se utiliza el coste de M.O.D que es 0,38 € / min y el coste total, M.O.D más coste de estructura que es 1,06 € / min. El coste de estructura engloba todos los costes cómo el alquiler de la nave, la luz, etc...

Las mejoras ya implantadas son:

### 1ª KLTs MODULARES:

Con el fin de eliminar el almacén intermedio de lamas de madera y todos los despilfarros asociados a este, he diseñado unos contenedores modulares. Estos contenedores consisten en un KLT de plástico al cual se le ha añadido 2 separadores fijos para dividirlo en 3 compartimentos y uno añadible para dividirlo en 6 compartimentos (Fig. 35).

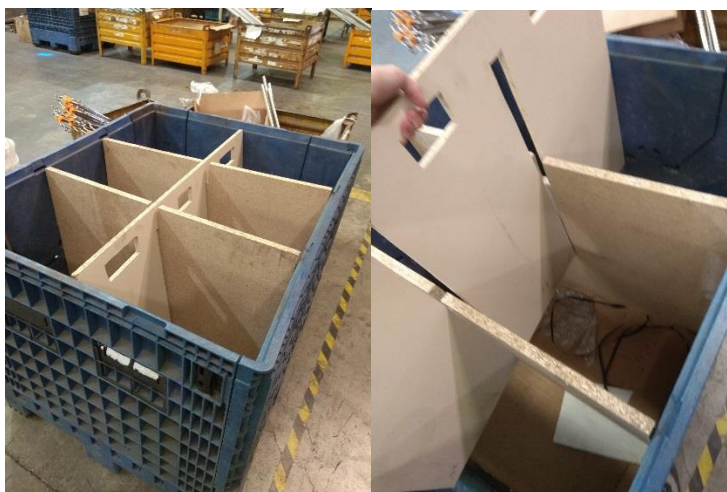


Figura 35: KLT modular.

Además, se ha creado un sistema de tarjetas para identificar las lamas de madera que van en cada compartimento del KLT (Fig. 36). Por cada compartimento del KLT hay una escarpia, dónde se cuelga la tarjeta con la medida de la madera que va dentro. Así cuándo el encargado del picking prepara la lista de materiales, puede llevar de 3 a 6 referencias de maderas distintas en un mismo contenedor. Las tarjetas identificativas son cada grupo del mismo color que el modelo de cama, y tienen la medida del ancho de cada madera, para a simple vista identificar cuáles son.



Figura 36 Tarjetas identificativas

De esta forma se controla la llegada justa y necesaria de material al puesto, evitamos el sobre stock y se eliminan los frecuentes de la tarea de montaje relacionados con este despilfarro. El operario ya no tendrá que buscar maderas midiéndolas con un metro, tampoco tendrá que desplazarse a buscarlas cuándo se acaben las que ha acercado, no habrá descontrol de material en la fábrica y se evitarán pérdidas de tiempo y económicas.

Cálculo de la inversión:

- Gasto en materiales nulo ya que se han utilizado 8 KLTs que se encontraban sin utilidad en el cobertizo y las tablas son reutilizadas de envíos de proveedores.
- El único gasto ha sido en M.O.D, el tiempo que les ha llevado cortar las maderas y atornillarlas. Para 8 KLTs fue un tiempo de 3:30 h el precio de la M.O.D es de 0,38 €/min. Coste total = 79,8 €.

Beneficios del nuevo sistema: Para estimar el ahorro en tiempo que se obtiene, se suman los tiempos de las ineficiencias relacionadas con el aprovisionamiento y transporte, la limpieza y orden y la preparación del puesto de la gráfica 8. Con esto se obtiene 137.9 h/mes. Actualmente hay 3 almacenes intermedios por los cuales se generan movimientos innecesarios, por eso se va a asignar 1 / 3 del tiempo mensual relacionado con esas mudas a cada almacén. Por lo tanto, 45'97 h/mes de ineficiencias son debidas a la metodología inicial. Ese tiempo se podrá reducir casi totalmente con el nuevo sistema. Aumentado así el rendimiento y la disponibilidad.

A continuación, se desglosan las tareas que se eliminan al utilizar este sistema de KLTs:

- El operario no tiene que buscar el material en el almacén de maderas. Tarea a la que destina unos 20 min/turno, por persona.
- No tiene que ir hasta el pallet a coger las maderas con la mano para acercarlas al puesto, tarea que realiza entre 3 y 10 veces por turno. Se eliminan movimientos.
- Se sustituye el desplazamiento desde almacén al puesto con los pallets, por un único desplazamiento con el KLT con todas las referencias necesarias.
- Se crea un control del material exacto, para saber exactamente cuánto material se gasta y dónde está en cada instante.
- Facilita la tarea de montaje al operario debido al control visual. Con un simple vistazo puede saber dónde está la madera que necesita en cada instante debido al uso de tarjetas identificativas.

Para hacer una estimación realista, se obtendrá el OEE final con una reducción del 80% de las 45,97 h/mes, es decir eliminando 36,77h/mes en despilfarros.

Esto en ahorro económico supondría 2338,77 €/mes menos la inversión inicial de 79,8€ es un total de **2258,9 € en el primer mes.**

## 2ª SUSTITUCIÓN DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO:

Inicialmente se utilizan bloques de poliestireno expandido para proteger la cama en su embalaje. Dependiendo del modelo varía el nº de bloques y el precio de estos. Normalmente, llevan 1 bloque para proteger el motor, 2 bloques en la zona del cabecero, 2 en la zona inferior y 2 en cada lateral, esto es un total de 8 bloques normales más el bloque del motor.

Se sustituyen todos los bloques de alrededor del chasis por plástico de burbujas grandes que dan las mismas prestaciones, pero tiene un coste mucho menor. A parte del coste se eliminan los siguientes desperdicios:

- Se elimina el poliestireno del puesto de montaje y del almacén, que ocupa un gran volumen. En la figura 37 podemos ver el espacio que ocupa en el almacén de materias primas.



Figura 37: Poliestireno almacenado.

- Se eliminan los movimientos y transportes del operario relacionados con este, en el almacén intermedio de plásticos del puesto.
- Se evitan pérdidas de material por su ensuciamiento o rotura ya que es un material delicado.

Se sustituye por una máquina que está directamente instalada en el puesto. Con una bobina de film que apenas ocupa espacio, crea al instante el plástico de burbujas necesario para embalar. En la figura 38 se ve la máquina y el plástico sustitutivo para embalar.



Figura 38 Máquina de plástico de burbujas.

A continuación, se calcula el ahorro económico. Precio medio unitario del bloque de EPS = 1,05 €/ud. Se sustituye por 1 corte de la bobina de plástico cuyo precio es 174 €/bobina y son 1006 m de plástico. Cada corte son 32 cm por lo tanto el corte es 0.057 €. Diferencia por unidad de: 0,85 € - 0,057€ = 0.793 €/ud y cada cama lleva 8 unidades, el ahorro económico es **de 6,34 €/cama**. El coste de la máquina no se tiene en cuenta porque el proveedor la deja gratis mientras se compren todos los consumibles a él.

Los transportes y movimientos generados por el poliestireno se estima que podría suponer un 15% del tiempo dedicado al almacén intermedio de plástico (como se ha explicado antes es una tercera parte del total de los tiempos relacionados con transporte, movimientos, orden etc...). Con eso se tiene 6,855 h/mes. Esto ayudaría a aumentar el rendimiento del montaje, ya que tendría más tiempo productivo.

El ahorro mensual total que supone esta mejora sumando los tiempos y la diferencia de coste del material es:  $6,34 \text{ €/cama} \times 496 \text{ camas/mes} = 3146,624 \text{ €/mes} + (6,855 \text{ h/mes} \times 60 \text{ min/h} \times 1,06 \text{ €/min}) = 3582,602 \text{ €/mes}$

### 3ª CARROS PARA KITTING

He diseñado y se ha fabricado un carro para reducir y eliminar el almacén intermedio de piezas metálicas. Además, evitar el transporte de carros grandes con piezas diferentes y el descontrol y sobreproducción de piezas metálicas pintadas.

En la figura 39 se ve el carro ya fabricado, tiene 4 zonas dónde poder colgar los 4 diferentes cuerpos de las camas. Caben los cuerpos necesarios para montar 20 camas que es algo más

que lo máximo que se necesitaría en un día en un puesto de montaje. En la parte inferior irán en cajas las bielas y tramos cuando el modelo de cama los requiera.

De esta forma, se separa el material por órdenes de montaje teniendo cada carro un kit con el material justo y necesario para completar la orden. Este ayuda a su transporte por el tamaño y a la identificación de las piezas, no se mezclan materiales de diferentes modelos.



Figura 39: Carro para cuerpos.

Cálculo de la inversión: En este caso se han fabricado 8 carros, 2 por puesto más 2 preparados en la salida de la línea de pintura. Costes asociados a cada carro:

- Coste material: Se ha utilizado tubo de acero de 40X20X1, 5 mm que tiene un coste de 0,95 €/m y ruedas descatalogadas de camas antiguas. El coste por carro en material es de 12 € aproximadamente.
- Coste de M.O.D: Para fabricar los carros se necesitaron, 32 h, lo que da un coste en M.O.D de 729,6 €, los 8 carros.

Se tiene así un coste total de 825,6 €.

Para calcular el beneficio se parte del tiempo asignado en ineficiencias al almacén intermedio de piezas metálicas. Esto es 45'97 h/mes. Los cuerpos son lo que más tiempo pasan buscando entre los carros grandes y buscando la medida correcta, por ello se le asigna un 75% del tiempo en despilfarros de esa tercera parte. Por lo tanto, se eliminaría con esta mejora un tiempo mensual de 34,47 h/mes.

Como en la primera mejora, se va a estimar que se consigue reducir en un 80%. Esto sería 27,57 h/mes, que en coste económico son **1753,83 €/mes**, por lo tanto la inversión inicial es amortizada al primer mes.

#### 4ª ESTANTERÍAS DE RODILLOS

Se van a utilizar 4 estanterías flow-rack, de rodillos, con el objetivo de acabar con el almacén intermedio de plásticos y todos los movimientos y tareas que conlleva este al operario (Fig.40). Habrá 2 por puesto, 1 destinada a las piezas de cada modelo de cama. Esta identificado cada carril con la referencia de la caja que contiene y la estantería con un cartel con el modelo de cama.



Figura 40: Estantería Flow-rack.

De esta forma se podrá cargar por la parte trasera y el operario coger por la delantera y de forma visual podrá saber que material necesita. Así se aumenta el control del material y se facilita su aprovisionamiento.

Estas estanterías se han traído de la fábrica de Pikolín porque ya no se utilizan, entonces supone una inversión nula.

En ahorro de tiempos queda un 85% del tiempo destinado a las ineficiencias del almacén intermedio de plásticos. Suponiendo que se redujese en un 80% este tiempo sería 31,25 h/mes, lo que económicamente supone **1988,11 €/mes**.

### 5ª UBICACIONES MATERIAL PARA PINTURA

Para disminuir la muda debida a retrasos, se procede a crear ubicaciones para el material metálico que viene de taller y va a ser pintado, eliminando así la playa dónde se deja todo el metal. Se han creado 2 pasillos al lado de la cadena de pintura con sus ubicaciones dónde se guarda todo el metal antes de pintar. En estas ubicaciones se sitúa cerca el material que va a ser pintado del mismo color, reduciendo así tiempos de piking.

De esta forma se han reducido los tiempos de preparar listas para la línea de pintura considerablemente. En las figuras 41 y 42 se puede ver el antes y después de la ubicación del material soldado sin pintar, antes y después respectivamente.



Figura 41: Antes, Playa



Figura 42: Después, Ubicaciones

Esta modificación fue puesta en Junio y desde entonces el centro de la línea de pintura ha incrementado su rendimiento del 54% al 90%. Aunque no se trate del puesto de hogar, es el principal proveedor de material del puesto y era el causante de retrasos y pérdidas de disponibilidad en el puesto. Por ello, se analizó para mejorarlo.

### 6ª ÓRDENES CLASIFICADAS EN DÍAS POR COLORES.

Se ha creado un código de colores para facilitar el control visual. Este código consiste en imprimir el nº de orden para la salida de la línea de pintura con un papel adhesivo a color (Fig. 43). Cada día de la semana tiene un color asociado. En la tabla 4 está el código de color por día y en la figura XX se muestra los papeles de impresión de colores.

LUNES	
MARTES	
MIÉRCOLES	
JUEVES	
VIERNES	

Tabla 4: Código de colores.

Cuando el material sale de la línea de pintura se pega al carro o a la jaula el adhesivo de color, de esta forma, el coordinador sabe cada día lo que se pintó el día anterior que es lo que se tiene que montar en la célula ese día. En el caso de tener una orden del color que no sea el día anterior, ve a simple vista que es material sobrante y lo podrá mandar a reubicar a almacén. De esta forma se elimina gradualmente los fallos de conteo en el nº de piezas a pintar, se controla la sobreproducción de piezas pintadas y se facilita la tarea de controlar el material en planta a los coordinadores de fábrica.



Figura 43: Hojas impresión de órdenes.

Esta mejora se encuentra en evaluación inicial, ya que hay determinados modelos y colores que se pinta en el mismo día todo el material para montar durante varios días, por lo que tendrá que ser tratado se forma especial y no servirá este código de colores.

La inversión se considera nula debido al precio despreciable de hojas de colores adhesivas. En cambio se añade una tarea al coordinador que es cambiar el papel de impresión de las órdenes cada día. Esta tarea la tendré que supervisar durante la implantación para que se haga de forma automatizada.

**7ª EXCEL PROGRAMADO PARA COORDINADORES.**

He desarrollado una hoja programada en Excel con el uso de macros<sup>6</sup>, en la cual metes el nº de Ergos, Ceres y Talos, que se van a producir en la semana y realiza la planificación semanal de la forma más productiva. En la figura 44 se muestra un ejemplo con la hoja de planificación semana calculada.

En base a cierta información que solicita, crea un calendario con las horas que hay que trabajar en cada célula, marca de forma estimada cuántas cajas se van a necesitar de cada referencia para esa semana e indica el día de punto de revisión del material para ayudar en la planificación a los coordinadores y descargar de trabajo al director de producción.

Con esta ayuda para la planificación, se estandariza la forma de trabajar y ayuda al control de materiales y a prever las necesidades en el puesto.

		Planificación semanal hogar													
		CÉLULA 1. Ergos + Ceres					CÉLULA 2. Ergos + Talos								
		TURNO	HORAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	TURNO	HORAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Máximo: 160/semana Nº ERGOS: 20 Nº TALOS: 45 Nº CERES: 23 Calcular_Planificacion Borrar Enviar CORREO Inventario_Material Tablas_Madera PPLs	M	8:15-7:15	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	M	8:15-7:15	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos
	a	7:15-8:15	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	a	7:15-8:15	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos
	ñ	8:15-9:15	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	ñ	8:15-9:15	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos
	a	9:15-10:15	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	a	9:15-10:15	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos
	n	10:15-11:15	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	Ergos	n	10:15-11:15	Talos	Talos	Talos	Talos	Talos
	a	11:15-12:15	Ceres	Ceres	Ceres	Ceres	Ceres	Ceres	a	11:15-12:15	Talos	Talos	Talos	Talos	Talos
	s	12:15-13:15	Ceres	Ceres	Ceres	Ceres	Ceres	Ceres	s	12:15-13:15	Talos	Talos	Talos	Talos	Talos
	T	13:15-14:15	Ceres	Ceres	Ceres	Ceres	Ceres	Ceres	T	13:15-14:15	Talos	Talos	Talos	Talos	Talos
	a	15:15-16:15	Ceres	Ceres	Ceres	Ceres	Ceres	Ceres	a	15:15-16:15	Talos	Talos	Talos	Talos	Talos
	r	18:15-17:15							r	18:15-17:15	Talos	Talos	Talos	Talos	Talos
d	18:15-19:15							d	18:15-19:15	Talos	Talos	Talos	Talos	Talos	
e	19:15-20:15							e	19:15-20:15						
s	20:15-21:15							s	20:15-21:15						
		21:15-22:15							21:15-22:15						

		Material CÉLULA 1				Material CÉLULA 2			
		TABLAS ERGOS		TABLAS CERES		TABLAS ERGOS		TABLAS TALOS	
		Referencia	Cantidad	Referencia	Cantidad	Referencia	Cantidad	Referencia	Cantidad
	REVISAR MATERIAL DÍA: Viernes	PMA722455	1	PMA723168	1	PMA722455	1	PMA739678	1
		PMA722335	1	PMA723169	1	PMA722335	1	PMA739679	1
		PMA730044	1	PMA723165	1	PMA730044	1	PMA739680	1
		PMA722334	1	PMA729391	1	PMA722334	1	PMA739681	1
		PMA722570	1	PMA729394	1	PMA722570	1	PMA739682	1
	PPL ERGOS			PPL CERES				PPL ERGOS	
	Referencia	nº cajas		Referencia	nº cajas	Referencia	nº cajas	Referencia	nº cajas
	PPL 720378	0,26		PPL 730847	5,14	PPL 720378	0,27	PPL 720378	0,26
	PPL 720373	0,27		PPL 730312	1,14	PPL 720373	0,22	PPL 720373	0,26
	PPL 720372	0,04				PPL 720372	0,03	PPL 720379	0,06
	PPL 729399	0,06				PPL 729399	0,06	PPL 720379	0,32
	PPL 720374	0,16				PPL 720374	0,06		

Figura 44: Hoja de Excel programada.

<sup>6</sup> Macro: Conjunto de instrucciones que se almacenan para ejecutar con una simple llamada. (Click de un botón). Son programadas con lenguaje Visual Basic.



### 8ª FORMULARIOS CON PROPUESTAS DE MEJORA.

Para poder aprovechar el talento y la experiencia de los operarios, se diseña y se entrega en los puestos unos formularios que pueden rellenar. En la figura 45 está el que se ha entregado. Estos formularios se recogen diariamente.

En ellos hay un apartado para escribir el problema que ha detectado el operario y a la derecha una columna donde escribe su propuesta de mejora. En la parte inferior el coordinador haciendo de primer filtro marca si es válida o no. En el caso de ser válida pasa al supervisor del puesto, quién evaluará si tomar alguna acción y establecer la mejora.

IDEA DE MEJORA	
EMISIÓN	
Fecha de emisión:	Emisor 1: _____ Emisor 2: _____ Línea/Posto: _____
LA IDEA PROPUESTA MEJORA:	
<input type="checkbox"/> Seguridad y ergonomía	<input type="checkbox"/> Productividad
<input type="checkbox"/> Calidad y seguridad	<input type="checkbox"/> Desplazamientos
<input type="checkbox"/> Orden y limpieza	<input type="checkbox"/> Otros (especificar): _____
DESCRIPCIÓN ACTUAL:	DESCRIPCIÓN PROPUESTA:
EVALUACIÓN Y RESPUESTA	
Fecha de respuesta: _____	
<input type="checkbox"/> Aceptada	Responsable realización: _____
<input type="checkbox"/> No aceptada	<input type="checkbox"/> En estudio
Fecha objetivo: _____	
Comentarios: _____	
REALIZACIÓN Y VISTO BUENO DEL EMISOR	
Fecha de realización:	Firma del emisor: _____
Fecha del visto bueno:	

Figura 45: Propuesta de mejora.

**Otras mejoras:** Derivado del estudio y análisis del montaje se han generado tareas al departamento de I+D y calidad. Por ejemplo se está rediseñando el modelo de cama Atelier, para conseguir introducir la herramienta para los remaches. El departamento de calidad ha realizado inspecciones a los utillajes de soldadura para evitar el fallo repetido en las soldaduras en ángulo. Además, debido al aumento del rendimiento en los puestos, se está analizando reintroducir las camas de geriatría, muy semejantes a las de hogar, ya que actualmente su montaje está externalizado.

### 6.2 LAYOUT

Esta es la mejora central del proyecto dónde se utilizarán todas las mejoras explicadas anteriormente. Se va a montar el sábado 28/10/2019.

Tras el análisis y evaluación de los puestos y la estimación de crecimiento de la demanda se decide implantar 2 células de montaje piloto. Se va a estudiar y a controlar su planificación en los siguientes meses, para una vez perfeccionadas, estandarizarlas. En la figura 40 se representa el layout final del puesto.

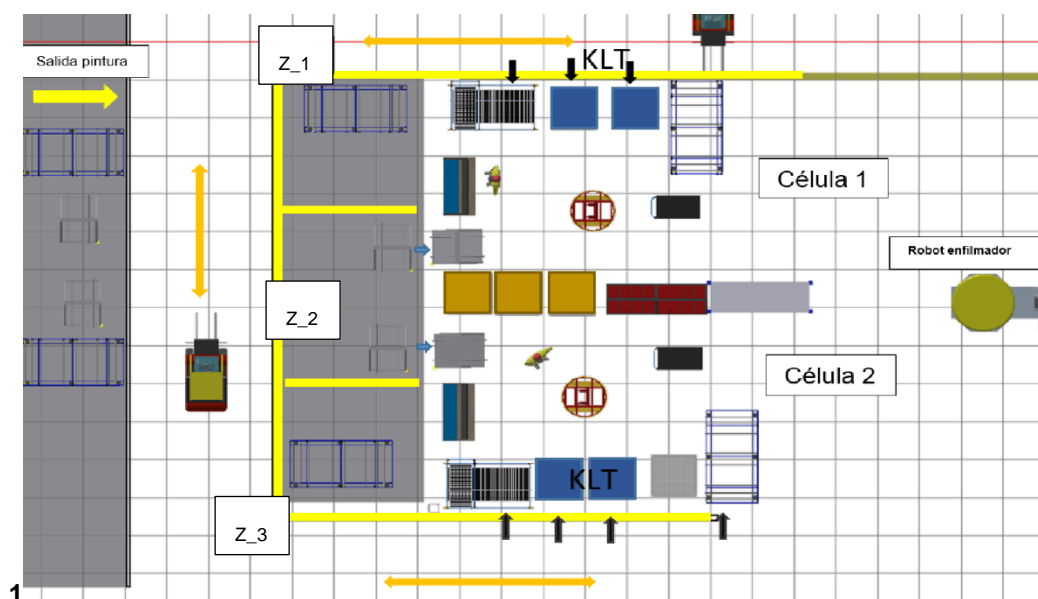


Figura 46: Layout final.

Como se puede ver en la figura 46, se ha decidido que esta zona tenga 2 células de montaje. En las dos células estará el material y se podrá montar el modelo de cama Ergos. Esta decisión es debida a que dicho modelo supone el 33,5% de la producción. Además, en la célula 1 se montará el modelo Talos, mientras que en la 2 será el modelo Ceres. Tanto el modelo Talos como el Ceres tienen un peso del 17% de la producción, por lo que con estas 2 células se puede cubrir el 68% de la producción de forma estándar.

Estas células tienen forma de "U", y en la parte central que divide el espacio entre ellas se sitúan 3 cajas con los tacos de goma para los modelos Ergos y Talos. A la izquierda de las células hay una zona intermedia donde se ubica el material pintado el día anterior y que se va a montar ese día en los puestos. Esta zona está dividida en 3: en el medio (Z\_2) se dejan los carros con los cuerpos, y en las otras 2 zonas (ZI\_1 y ZI\_3) los chasis que van a cada célula

Las células de montaje tienen una disposición en forma de U, centrando en medio el producto final. Alrededor está todo el material necesario para el montaje, los KLT con las lamas de madera, la tornillería y una estantería flow-rack con las piezas de plástico.

Las materias primas se van a servir siguiendo la metodología kanban. A través de las estanterías flow-rack se sirven todas las cajas de piezas de plástico de los 3 modelos, hay 1 estantería para cada modelo, 2 estanterías por puesto.

En la parte derecha está la máquina sustitutiva de la embaladora, el robot enfilador, que será donde acabe el proceso y ahí directamente se almacenará el producto terminado en las jaulas que se almacenan en Pikolín.

El diseño y la implantación del nuevo layout se basan en las 5s, teniendo por objetivo que puesto de trabajo y sus materiales se controlen de un vistazo, que los defectos se hagan visibles y que se haga visible al momento el adelanto o retraso conforme a lo planificado.

A continuación, se explica el procedimiento que se está siguiendo para el montaje del nuevo layout:

PRIMERA ETAPA, Organización. Etapa Seiri, consiste en seleccionar y separar lo útil de lo innecesario. Se ha realizado un inventariado con todo el material del puesto, para reubicar todo lo que no debía estar ahí y deshacerse del material obsoleto o inservible. Se clasifican los objetos por su frecuencia de utilización. Los pasos a seguir en esta etapa se definen en la figura 47.

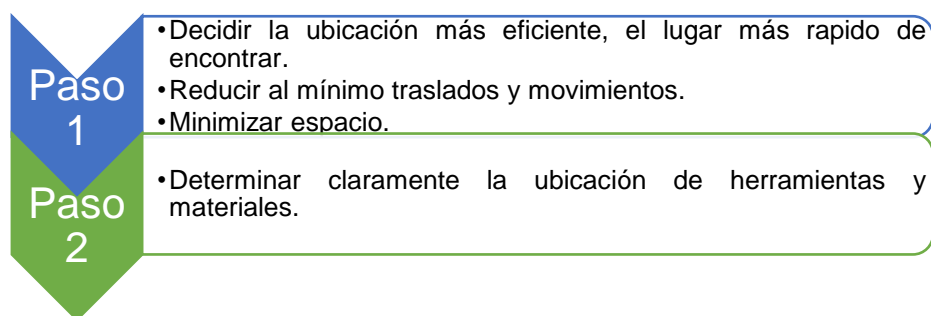


Figura 47: Etapa Seiri.

SEGUNDA ETAPA, Seiton, orden. Consiste en establecer una organización para los recursos. Su objetivo es reducir los despilfarros en búsquedas de materiales y facilitar los desplazamientos. Para su implantación, es necesario:

- Marcar el área de trabajo y especificar donde se usa y almacena cada elemento.
- Localizar de forma óptima en función del uso cada recurso.

Los materiales se han dispuesto en las células para reducir el movimiento del operario lo máximo posible.

TERCERA ETAPA, Seiso, limpieza. El objetivo es conseguir un ambiente limpio y organizado, que ayude a la detección de averías, mejore las condiciones de trabajo y además funciones como mantenimiento preventivo. Para instaurar esta etapa se están destinando tiempos diarios a la limpieza del puesto que se contabilizan, para que no sea una ineficiencia.

CUARTA ETAPA, Seiketsu, estandarización y control visual. Consiste en establecer reglas para mantener las 3s anteriores. De esta forma se evita volver a la situación inicial. Para instaurar esta etapa, se han creado etiquetas y adhesivos con referencias de los productos y modelos, para marcar el lugar exacto de cada cosa. Además, se ha creado una lista de procedimientos a realizar en el nuevo puesto, así como un cuadro de mando con las tareas que tiene que realizar cada persona involucrada en el proyecto. Esta etapa requiere del máximo seguimiento.

QUINTA ETAPA, Shitsuke, disciplina y hábito. Esta etapa es la que nos va a ocupar los próximos meses. Se ha marcado un periodo de 2 meses en el cual se hará un control rutinario del puesto, dedicando cada vez un tiempo menor, para crear un hábito de trabajo y que finalmente pueda funcionar por sí solo.

### 6.3 SUSTITUIR EMBALADORA

Debido a que todo el proceso de embalaje es tremendamente improductivo, tiene un OOE de 44,83% y la embaladora con plástico termoretráctil no es apropiada para un tamaño de lote variable y series cortas. He presentado una propuesta de sustitución del proceso de embalado con el cual se obtendría un ahorro de coste anual mínimo de: 41250€.

El proceso nuevo consiste en comprar una máquina envoladora vertical. En la figura 48 se ve la máquina en funcionamiento. El proceso sería, una vez montada la cama se lleva a la máquina que está al lado del puesto de montaje y se pone la cama en vertical. La máquina tiene unas pinzas de sujeción inferiores y una superior que baja con el pedal. Este tiempo se estima que sería de 1 min. El tiempo de envolver la cama con 4 pasadas completas es de 1:30 min. Y con esto quedaría el producto final terminado.



Figura 48: Robot enfilmador

A continuación, se presentan los costes de la embaladora actual tanto en materiales como en tiempos y los costes asociados al nuevo proceso. En la tabla 5 hay una comparativa entre los costes de cada proceso.

EMBALADORA	MÁQUINA FILM:
<b>COSTE TOTAL:</b> Según tiempo ERP: 10.675 €/cama Según tiempo real: 14.675€/cama	<b>COSTE TOTAL: 3.8 €/cama</b>
COSTE PLÁSTICO: 4.725 €/cama	COSTE FILM: 1,1 €/cama
COSTE ENERGIA: 0.95€/cama	COSTE ENERGIA: 0.1 €/cama
Tiempo M.O.D (según ERP): 5€	MOD <u>aprox</u> : 2.5 €, (4€)
Tiempo M.O.D (real): 9€	
ANUAL: 6000 camas * 10.675 = 64050 €/año 6000 camas * 14.675 = 88050 €/año	ANUAL: 6000 camas* 3.8 €/cama= 22800€/año

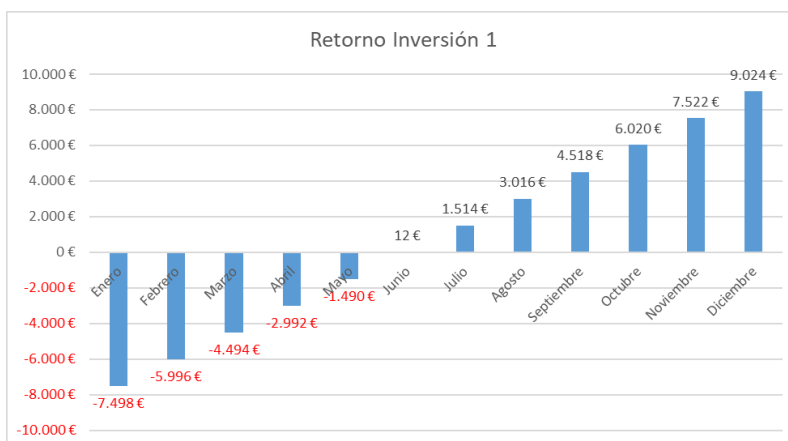
Tabla 5 Comparación de costes

Aquí se presentan todas las mejoras que se obtendrían con este cambio en el proceso de embalado:

- El tiempo invertido en todo lo que conlleva embalar pasaría de los 9 min actuales a aproximadamente 3 min.
- Se eliminarían todos los movimientos y transportes de camas semi terminadas en carros a la entrada de la embaladora y a la salida. Movimientos que no aportan valor.
- Se elimina el horno que genera grandes consumos energéticos y contaminación.
- Quedan libres 60 m<sup>2</sup>, se gana en espacio y limpieza. Es un punto importante porque se trata de una nave alquilada y no tienen espacio suficiente para el producto terminado. Utilizan naves exteriores.
- Se elimina el mantenimiento de la embaladora. Es una embaladora del año 2000 que se avería constantemente y necesita tener un encargado de mantenimiento muy pendiente.
- Se gana en ergonomía para el operario y se reducen sus desplazamientos y esfuerzos.

Esta mejora, debida a su magnitud se encuentra en evaluación. El día 18/08/2019 se enviaron 2 camas estándar a la sede del distribuidor de estas máquinas en España, para poder realizar pruebas y ver el acabado final del embalaje. Cuando sean devueltas se tomará una decisión con el equipo de diseño y calidad.

Aquí se presenta el cálculo de retorno de inversión de la máquina cuyo coste inicial es de 9000€. En la gráfica 10 está representado el momento en el que se amortiza la inversión inicial de la compra de la máquina. Esta gráfica se ha calculado solamente con el ahorro en materiales. En el caso de haber contabilizado el ahorro en tiempos de producción en el primer mes ya se amortizaría la inversión<sup>7</sup>. Para ver si es rentable la inversión se marca un periodo de un año, en este caso la inversión será amortizada a los 6 meses.



Gráfica 10: Cálculo retorno de inversión.

<sup>7</sup> En el Anexo 5 está la gráfica con el cálculo del retorno de inversión introduciendo el ahorro en tiempos.

## BIBLIOGRAFÍA

### Enlaces:

- *Nociones sobre cálculo del OEE Y Lean Manufacturing:* <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/>
- *¿Qué es SMED? Lean Manufacturing, Kaizen y Mejora Continua. Enlace:* <http://www.progressalean.com/que-essmed/>
- *Cuáles son las 7 mudas. Enlace:* <https://prevenblog.com/las-7-mudas/>

### Libros:

- Operations and process management 2º edition. Principles and practice for strategic Impact  
Autores: Nigle Slack Stuart Chambers obert Johnston Alan Betts.
- Lean thinking  
Autores: James P. Womack, Daniel T. Jones.

## ANEXOS

### ANEXO I

#### ORIGEN FILOSOFÍA LEAN MANUFACTURING:

Con el comienzo de la producción en masa se generan diversas necesidades. Con el *taylorismo* se dividió la producción en tareas del proceso, pero aumentaron los lotes de producción y stocks.

Más adelante con el crack de 1929 de Estados Unidos cayó el consumo lo que generó una crisis de sobreproducción y dio lugar al *fordismo*, dónde el ritmo de producción viene determinado por la cadena de montaje. Con este sistema se simplifica y estandariza los productos, pero solamente es rentable para fabricar grandes series, lo que más adelante con la crisis del petróleo obligará a las empresas a rediseñar su metodología de producción. La filosofía Lean nace como respuesta a la necesidad de evitar que la producción y sus tiempos sea controlada por los obreros y a su vez que se reduzcan los lotes, stocks y ciclos de producción.

El Sistema Lean Manufacturing tiene su origen en el sistema de producción desarrollado por Taiichi Ohno en los años 50 conocido como Toyota Production System (TPS). Este sistema comenzó a destacar en los años 70, durante la crisis del petróleo, la empresa Toyota se recuperó de forma contundente frente a su competencia en el sector.

En la década de los 80, empresas japonesas, americanas y europeas ya conocían este sistema de producción y comenzaban a aplicarlo. Pero no fue hasta el año 1990, cuando J. P. Womack y D. T. Jones, documentaron el Sistema de producción Toyota en sus libros "The Machine that changed the world", "Lean Manufacturing".

Actualmente el sistema de producción de Toyota, es la fuente de la cual se han nutrido miles de empresas industriales para mejorar sus procesos.

### ANEXO II

#### MUDAS LEAN MANUFACTURING:

##### Transporte

Corresponde a todos aquellos traslados innecesarios de productos o materiales. Además, el transporte conlleva una alta probabilidad de incidencias (por ejemplo, de que se dañe o pierda el producto). Desde la perspectiva del valor añadido casi todos los movimientos son mudas por lo que se tenderá a minimizarlos al máximo.

Las principales causas del transporte ineficiente son:

- Un mal diseño del layout de la fábrica.
- Un flujo de materiales mal definido y discontinuo.
- Una producción de volúmenes muy grandes que requieren zonas de almacenamiento.

### Sobreproducción

Producir más de lo demandado o producir algo antes de que sea necesario. Esta mala praxis es un claro desperdicio, ya que se utilizarán recursos de mano de obra, materias primas y financieros, que podría haberse destinado a tareas más necesarias que esas. La sobreproducción no solo habla del producto final, sino también de la coordinación entre procesos, producir más de lo que necesita el siguiente proceso o antes de que lo necesite.

Las principales causas de la sobreproducción son:

- Una mala planificación de la producción.
- Una ausencia de sincronización entre procesos.
- Una metodología “just in case”, producir más de lo necesario por si acaso.
- Dejar que las máquinas trabajen al máximo rendimiento, un mal uso de la automatización.

### Inventario

El exceso de stock acumulado y su movimiento dentro de la planta, no agrega valor, pero es una técnica utilizada por muchas empresas para enmascarar o disminuir el impacto de las ineficiencias en sus procesos. Cuando el inventario sobrepasa la necesidad para cubrir la demanda del cliente tiene un efecto negativo ya que ocupa espacio valioso y genera necesidad de trabajo, como listas de pedidos, inventariados con mayor frecuencia o de mayor volumen etc... Además, cuánto mayor el stock más difícil es su control convirtiéndose en un agujero negro para los productos, se pueden perder, convertirse en obsoletos, pueden sufrir daños y se aumentan los tiempos de recuento, control y los errores en la calidad.

Las causas más comunes de este despilfarro son:

- Productos complejos que sean fuente de problemas.
- Una mala planificación de la producción.
- Ineficiencia de los proveedores.
- Falta de flujo de información o incorrecta e insuficiente comunicación.
- Una lógica “just in case”.
- Prevención de posibles problemas inesperados en el proceso.

### Movimientos

Hace referencia a cualquier movimiento físico o desplazamiento que el personal realice que no agregue valor al producto. Movimientos innecesarios hacen que aumenten los tiempos invertidos en cada tarea de la producción. Además del tiempo directo perdido en esos movimientos hay que tener en cuenta sus consecuencias, una disminución en el rendimiento debida al cansancio aparte de posibles lesiones, debidas a la falta de ergonomía.

Las causas principales de los movimientos innecesarios son:

- Baja eficiencia del trabajador en la elección de sus movimientos.
- Malos métodos de trabajo.
- Layout incorrecto
- Falta de orden, limpieza, organización y estandarización.

### Retrasos

Implica todos los productos o procesos que están a la espera de algo impidiendo así la consecución de las tareas siguientes. Se genera pérdida de tiempo ya sea por averías, falta de equilibrio en la producción, pero también por cambios, ajustes o preparaciones necesarios para poder continuar.

En este tipo de muda se crea el **cuello de botella**, una situación que puede acontecer en los procesos de producción industriales y que se caracteriza por ser una fase de la cadena en la que la producción es más lenta que en otras, lo que conlleva la ralentización del proceso de

producción global. Esto conlleva demoras, exceso de stock, ineficiencia y costes económicos. Las causas de los retrasos pueden ser:

- Tener un flujo desequilibrado con cuellos de botella.
- Mala organización de la producción
- Escaso o incorrecto mantenimiento que da lugar avería inesperadas.
- Mala gestión de las compras creando escasez de materias.

### **Defectos**

Es la repetición o corrección de procesos cuando cometemos un error. Causa un re-trabajo y conlleva un uso extra de tiempo y muchas veces también de recursos. Las consecuencias se pueden agravar más si el defecto no es detectado y los productos erróneos llegan al cliente.

Las principales causas de estos defectos son:

- Baja calidad en las materias y el diseño.
- Poca supervisión del proceso.
- Deficiente control de calidad.
- Mantenimiento escaso o incorrecto.
- Baja formación de los operarios.

### **Sobreproceso**

Añadir pasos innecesarios al proceso y que no han sido requeridos por el cliente, clasificados como ineficientes e inútiles. Aparecen trabajos redundantes o duplicados, utilización de equipos, herramientas inapropiadas, pasan a ser desperdicios que habrá que eliminar. A veces una calidad mayor a la exigida por el cliente pasa a ser un sobreprocesamiento del producto y se convierte en despilfarro.

Causas más comunes:

- Falta de análisis completo de cada proceso.
- Supervisión innecesaria.
- Poca y mala comunicación.
- Requerimientos del cliente mal entendidos, poco claros.

### **Talento sin aprovechar**

El desaprovechamiento del conocimiento, la creatividad, la inteligencia de todos los trabajadores involucrados en el proceso productivo, es una muda a tener en cuenta. Esta es debida a la estructuración vertical de las empresas o una cultura anticuada en la organización. Por lo general el operario de montaje es el que más conocimiento tiene sobre el producto y conoce el cómo se hace de este. Aprovechando su experiencia y en contacto con los departamentos que cuentan con las herramientas necesarias para utilizar su información, podría mejorar el producto y el proceso final. Los motivos de este desaprovechamiento suelen venir motivados por:

- Salarios bajos y desmotivación de los trabajadores.
- Poca formación e incentivos.
- Poca innovación en la empresa.

La base del Lean Manufacturing es localizar estas 8 mudas, una vez encontradas hay que analizarlos y evaluar cuáles de ellos se pueden eliminar sin afectar negativamente al proceso productivo. Queda claro que los desperdicios no hacen referencia solo a materiales físicos sino a tareas y procesos que necesitan de un estudio y control detallado.

Con el estudio, análisis y corrección de los desperdicios detectados se caminará en la consecución de los objetivos principales de la filosofía Lean que son: la mejora de la calidad, reducción de tiempos y costes, mejora continua, aumento de la flexibilidad sin afectar a la eficiencia y aumento de la confianza con proveedores.

## **ANEXO III**

### **Herramientas de la metodología Lean**

- **Las 5s**

Es una técnica de gestión que se basa en 5 fases que son:

- Seiri (eliminar)
- Seiton (ordenar)
- Seiso (limpiar)
- Seiketsu (estandarizar)
- Shitsuke (disciplina)

Su objetivo es conseguir los tres ceros en el puesto de trabajo, cero defectos, cero accidentes y cero despilfarros, siendo de esta forma el punto de partida de la mejora continua. Esta técnica tiene un lema propio “Cada cosa en su sitio, y un sitio para cada cosa”.

**Seiri, eliminación de lo innecesario.**

Clasificar y eliminar del puesto de trabajo los elementos innecesarios para poder realizar la tarea asignada al puesto de trabajo. Por lo que hay que separa lo necesario de lo prescindible para evitar posibles despilfarros de espacio, transportes, inventario y tiempo buscando materiales.

Beneficios propios de la fase Seiri; aumento de espacio en la planta, minimización de tiempos en procesos, aumento de la seguridad.

**Seiton, un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio.**

Establecer un orden u organización para los recursos necesarios del proceso productivo. El objetivo es disminuir el tiempo en encontrar los recursos.

Con la implementación de esta fase se delimita el área de trabajo y las comunicaciones entre áreas y a su vez se define el sitio concreto de cada cosa.

En la práctica se especifica y documenta donde se usa y almacena cada elemento, para facilitar su localización en función de su frecuencia de uso. Se trata de encontrar la localización óptima para cada elemento.

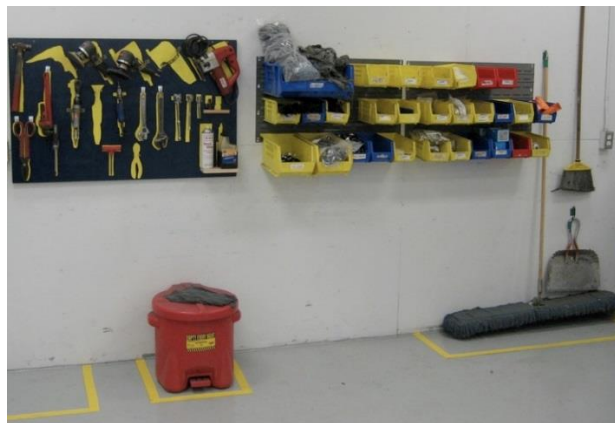


Image 4: Aplicación Seiton.

**Seiso, limpiar e inspeccionar.**

Busca anticipar el defecto a la falla, es decir, anticiparse para prevenir defectos. En esta fase se introduce la limpieza como parte del trabajo diario, se asume la limpieza como una tarea de inspección necesaria. Como resultado de la aplicación de esta base se tiene un aumento de la calidad, una fácil detección de fallos y una planta visual en la que es más fácil y rápido desarrollar el trabajo.

**Seiketsu, estandarización.**

En esta fase se crean estándares con lo realizado en las tres etapas anteriores consolidando así los objetivos alcanzados, para mantener las mejoras de forma continua en el tiempo. Se logra mediante la elaboración de instrucciones técnicas esquematizadas que marquen de forma sencilla y rápida como elaborar una tarea.

**Shitsuke, disciplina.**



En esta fase se trata de automatizar y cumplir las acciones derivadas de los pasos anteriores. Pueda tratarse de la etapa más complicada, dependiendo del grado de implicación de todos los trabajadores y del compromiso y fidelidad con la metodología.

#### • **Manufatura celular , JIT (Just in time)**

En la actualidad, las condiciones de volumen y demanda son significativamente distintas. El enfoque en el cliente ha hecho que los requerimientos de producto sean cada día más variados, por esta razón, la tendencia a trabajar con lotes más pequeños y variados, hace que los centros de trabajo tengan que aumentar la flexibilidad.

Estas nuevas condiciones se satisfacen con un modelo de trabajo JIT con un enfoque intensivo en las herramientas Kanban y Heijunka, las cuales marcarán el ritmo de producción. Sin embargo, la aplicación óptima de esta metodología está sujeta a la manufatura celular.

En la manufatura celular la distribución de la planta se mejora haciendo fluir la producción de forma ininterrumpida entre cada operación, reduciendo el lead time y sacando el máximo partido al personal y a su versatilidad. En las células se agrupan máquinas y operaciones a través de las cuales se puede obtener una unidad completa sin desplazamientos, reduciendo inventarios en proceso y mejorando el flujo de producción.

Combinando la manufatura celular con el flujo continuo JIT, se obtendrán con gran probabilidad los siguientes beneficios:

- Mejora el flujo de las operaciones de la planta.
- Reduce los inventarios en proceso.
- Crea procesos flexibles, puesto que debe proponerse como un objetivo el poder producir diversas referencias en una misma célula de trabajo.
- Mejora el aprovechamiento del recurso humano.
- Reduce transportes, manipulaciones e inspecciones repetidas.
- Mejora las condiciones físicas para el mantenimiento de los equipos

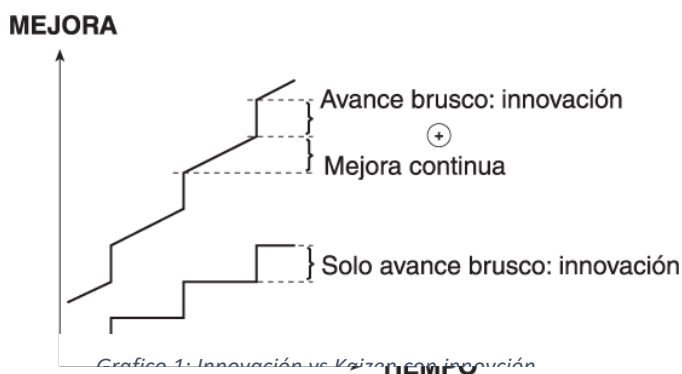
#### • **Kaizen: Mejora continua.**

La traducción literal del término es, KAI: Modificaciones, ZEN: bueno. La base que fundamenta el método consiste en involucrar de forma activa a todos los empleados en sus continuos procesos de mejora a través de pequeñas aportes. Lo que define al Kaizen es el cambio utilizando el pensamiento, el análisis y sobretodo la creatividad para generar y realizar pequeños y constantes cambios.

Para lograr una mejora en la producción hay dos alternativas la innovación y la mejora continua.

La primera caracterizada por una alta inversión e impacto, pero marcada por la depreciabilidad.

Combinar ambas es la solución óptima. En la GRÁFICA 1 se representa la diferencia entre un proceso de innovación que se queda estancado o incluso se deprecia y el proceso combinado de ambas formas de mejora.



#### • **Kanban**

Kanban es una palabra japonesa que significa tarjeta, se puede definir como un sistema de flujo que permite, mediante el uso de señales, el movimiento de unidades a través de una línea de producción mediante una estrategia pull. Este tipo de flujo sirve para optimizar los inventarios y el flujo del producto de acuerdo al comportamiento real de la demanda.

Las principales ventajas de utilizar Kanban son:

- Nivelar la demanda con el flujo de producción: Ataca dos desperdicios la sobreproducción y el exceso de inventarios.
  - Mejora el nivel de servicio con relación al cumplimiento con el cliente (interno y externo).
  - Soporta las actividades de planificación de la producción.
- **SMED, Single Minute Exchange of Die.**

Cambio de matriz en un solo dígito de minuto. Es una técnica enfocada en la reducción de los tiempos perdidos por preparación por paradas de máquinas durante cambios y ajustes. La importancia del SMED y la reducción de estos tiempos reside en la gran flexibilidad que otorga al centro de producción, ya que le permite reducir el tamaño de lote y reducir así los stocks. La aplicación del método SMED consiste en el desarrollo de cuatro fases:

1. Separar las operaciones internas de las externas. En el primer caso se hace referencia a aquellas operaciones que necesitan inevitablemente que la máquina esté parada. En el segundo caso se hace referencia a las operaciones que se pueden realizar con la máquina en marcha. Cuando la máquina está parada no se debe realizar ninguna operación de la preparación externa.

2. Convertir operaciones internas en externas. Hay que analizar todas las actividades detalladamente una por una y decidir cuáles de ellas permanecen como internas y cuales se pueden convertir en externas, o bien antes del cambio o bien durante la siguiente producción.

3. Organizar las operaciones externas. Se basa en la disposición de todas las herramientas y materiales que soportan las operaciones externas. Estos elementos deben estar dispuestos al lado de la máquina tras haberse realizado toda reparación de los componentes que deben entrar.

4. Reducir el tiempo de las operaciones internas. Consiste básicamente en reducir al mínimo los procesos de ajuste.

- **..PDCA (Plan, Do, Check, Act)**

Es una estrategia de mejora continua en cuatro pasos: Plan, Do, Check, Act. Sirve como registro de los problemas ocurridos y de las soluciones elegidas. En el primer paso (Plan) se encamina el trayecto a seguir lo que hace que sea el apartado más importante. Se precisa de un análisis riguroso dónde se averigüen qué está generando problemas y necesita ser solucionado. En el segundo paso (Do), se realiza la solución elegida en el paso anterior y se sigue su resultado, se va comprobando durante su ejecución. En el tercer paso (Check), se comprueban los resultados obtenidos comparando el antes y el después. Si no se obtienen resultados satisfactorios se vuelve a iniciar el proceso desde el inicio. En el último paso (Act), se realiza la puesta en marcha de la mejora estandarizando a su vez el procedimiento.

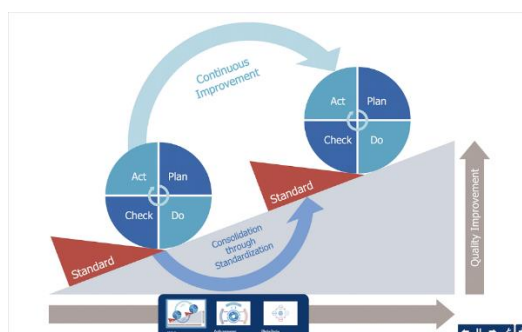


Imagen 5: PDCA.

Una vez conseguida y contrastada la mejora se genera un informe de trabajo que permite un seguimiento sistemático, de esta forma se realiza un avance aunque sea escalón a escalón. De forma gráfica se aprecia el avance conseguido con esta técnica en la Imagen 5. La metodología está compuesta de 4 fases que de forma cíclica se repiten una vez terminada cada etapa, así

con cada iteración se consigue una mejora que servirá de punto de partida para la siguiente mejora. Será su punto de apoyo.

- **Otras herramientas del Lean Manufacturing:**

**Poka-yoke:** Poka = Errores imprevistos, Yokeru = Acción de evitar. Es un mecanismo que evita que los errores humanos en los procesos se materialicen en defectos. Su principal ventaja consiste en que puede considerarse como un recurso de inspección al 100% de las unidades del proceso, lo cual permite retroalimentación y toma de acciones de forma inmediata, incluso, dependiendo de la naturaleza del mecanismo, este puede generar una medida correctiva.

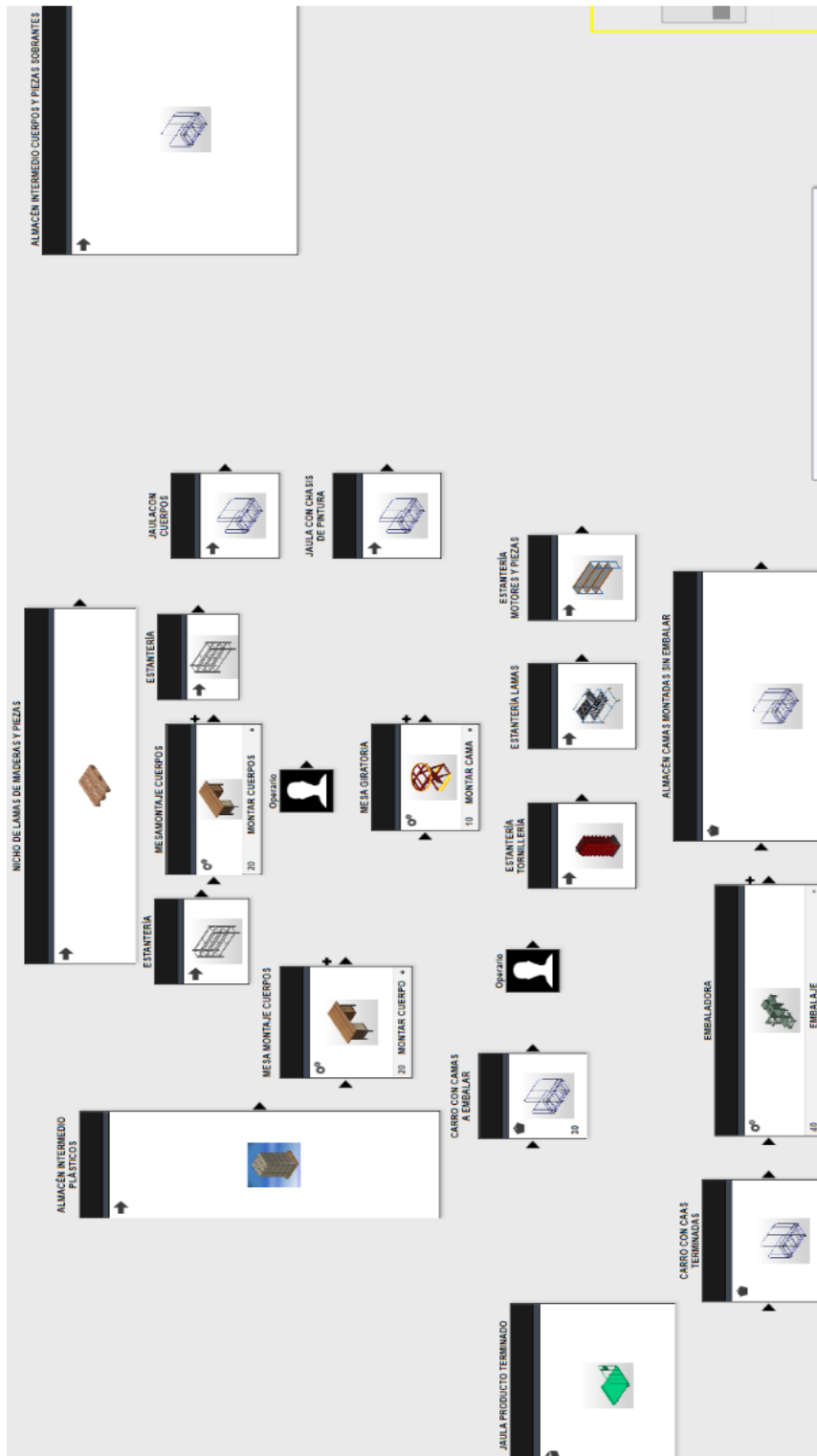
**Andon:** Cuyo significado japonés es "lámpara" se relaciona con el control visual. Este término agrupa un conjunto de medidas prácticas de comunicación utilizadas con el propósito de plasmar, de forma evidente y sencilla, el estado de un sistema productivo. La finalidad más importante es la identificación de anomalías y despilfarros

**Heijunka:** Su significado es nivelación de la producción, consiste en el medio utilizado para igualar el flujo de producción al comportamiento de la demanda.

Así se logra amortiguar el efecto causado por las variaciones de la demanda y su repercusión sobre los inventarios en el sistema.

**Jidoka** es una metodología ideada por el inventor japonés Sakichi Toyoda; el objetivo principal de Jidoka es el de dotar a los procesos de mecanismos de autocontrol de calidad, de tal manera que ante una situación anormal, el proceso se detenga de manera automática o manual, consiguiendo reducir el número de unidades defectuosas que avanzan en el proceso.

## ANEXO IV:



## ANEXO V:

Aquí se presenta el cálculo del retorno de inversión de la nueva máquina para embalar. En este caso sí se tienen en cuenta los tiempos de montaje y por ello en 1,5 meses ya se habría amortizado la inversión.

