

Trabajo Fin de Grado
Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Layout Optimization for the Electrical Assembly Area

Autor: José Miguel Rodríguez López

Tutor: Manuel Ordoñez Sánchez

Dpto. Matemática Aplicada II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Layout Optimization for the Electrical Assembly Area

Autor:

José Miguel Rodríguez López

Tutor:

Manuel Ordoñez Sánchez

Profesor titular

Dpto. Matemática Aplicada II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2020

Trabajo Fin de Grado: Layout Optimization for the Electrical Assembly Area

Autor: José Miguel Rodríguez López

Tutor: Manuel Ordoñez Sánchez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

Agradezco a mis tutores; tanto a D. Manuel Ordoñez Sánchez, profesor de la Universidad de Sevilla, como a Dña. Paola Ramírez Chacón supervisora en Airbus Defense and Space; por la cooperación y las oportunidades brindadas durante la elaboración del proyecto. Vuestra ayuda y apoyo han sido fundamentales para la consecución de este proyecto, y aún más por la adaptación a esta situación excepcional vivida por motivo de la pandemia.

Agradecer a mis compañeros de prácticas por su colaboración. Especial mención a los operarios del área de ensamblaje de la unidad eléctrica por su activa predisposición a ayudar en cualquier momento. También me gustaría agradecer a mis padres por sus sabios consejos y su comprensión. Por último, agradecer a todos mis compañeros y amigos.

Muchas gracias a todos.

José Miguel Rodríguez López

Sevilla, 2020

Resumen

La distribución de la planta es un factor determinante para el buen desarrollo de las actividades en un área de trabajo. Especialmente en el sector industrial, dónde los tiempos ociosos se tratan de minimizar al máximo. Dentro del mencionado sector, concretamente en el sector aeronáutico, también hay que maximizar la fiabilidad y seguridad de los productos. Por ello, una ordenación óptima del espacio, tanto para maquinaria como para materiales, es requisito necesario en cualquier planta de este sector.

En este proyecto se ha tratado la optimización del layout del área de ensamblaje en la unidad eléctrica de la empresa Airbus en la planta existente en Tablada, Sevilla. El área de ensamblaje, en el que se realizan las operaciones necesarias para ensamblar los racks de aviónica, las consolas y los armarios, es de aproximadamente 330m². Para la optimización de la distribución de la planta se han empleado diferentes técnicas y herramientas propias de este tipo de proyectos, como son los factores de Muther o Lean Manufacturing.

Una vez alcanzada la solución propuesta, se ha estudiado su viabilidad económica y llegado a algunas conclusiones.

Abstract

The distribution of the plant is a determining factor for the good development of activities in a work area. Especially in the industrial sector, where idle times are trying to minimize to the maximum. Within the industrial sector, specifically in the aeronautical sector, it is also possible to maximize the reliability and safety of the products. Therefore, optimal space management, both for machinery and materials, is a necessary requirement in any plant in this sector.

This project has addressed the optimization of the layout of the assembly area in the electrical unit of the company Airbus at the existing plant in Tablada, Seville. The assembly area, in which the necessary operations are performed to assemble avionics racks, consoles and cabinets, is approximately 330m². For the optimization of the layout we have made use of different techniques and tools typical of this type of projects, such as the factors of Muther or Lean Manufacturing.

Once the proposed solution has been reached, we have studied its economic viability and analyzed some conclusions.

Índice

Agradecimientos	vii
Resumen	ix
Abstract	xi
Índice	1
Índice de Planos	3
Índice de Figuras y Tablas	5
1 Introducción y Objetivo	7
2 Distribución en Planta	9
2.1 <i>PRINCIPIOS</i>	<i>10</i>
2.2 <i>OBJETIVOS</i>	<i>11</i>
2.3 <i>ETAPAS</i>	<i>13</i>
2.4 <i>TIPOS</i>	<i>16</i>
3 Situación actual	19
3.1 <i>DISTRIBUCIÓN FÍSICA</i>	<i>20</i>
3.1.1 Actividades y Funciones	20
3.1.2 Flujo	21
3.1.3 Recogida y transporte	23
3.1.4 Ventajas e inconvenientes	23
4 Propuesta de Optimización	27
5 Viabilidad Económica	35
6 Conclusiones	39
Bibliografía	41
Glosario	43

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1. SITUACIÓN ACTUAL	20
PLANO 2. PROPUESTA 1	29
PLANO 3. PROPUESTA 2	30
PLANO 4. PROPUESTA 3	31
PLANO 5. SOLUCIÓN PROPUESTA	32
PLANO 6. MOVIMIENTOS TRANSPORTE	34

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA 1. VSM ASSEMBLY AREA	21
FIGURA 2. VSM RACK	22
FIGURA 3. VSM ARMARIOS Y CONSOLAS	22
FIGURA 4. TABLA COSTE OPERACIONES	37

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

“Sin continuo crecimiento y progreso, tales palabras como mejora, logro y éxito no tienen significado”

- Benjamin Franklin -

Este es un proyecto real estudiado y desarrollado por José Miguel Rodríguez López, estudiante del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales en la Universidad de Sevilla. Presentado como Trabajo Fin de Grado en el curso 2019/20. Tutelado por D. Manuel Ordoñez Sánchez.

El proyecto fue propuesto por la empresa internacional Airbus. La empresa, puntera en el sector aeronáutico, se encarga de la construcción, ensamblaje y venta de diferentes vehículos de transporte aéreo y relacionados, tanto militares como comerciales. Tiene varias sedes distribuidas a lo largo del mundo. En Europa, se encuentra localizada en países como Francia, Alemania o Reino Unido, entre otros. También dispone de varias sedes en España. En particular, este proyecto está propuesto por una de las plantas existentes en Sevilla, concretamente por la planta de Tablada. En esta planta se encuentra una de las sedes de Airbus Defence and Space, filial del grupo Airbus.



Citando literalmente a la compañía, *“PreFAL Tablada es una planta Multi-Programa, Multi-Producto y Multi-Cliente donde Airbus lleva a cabo no sólo la producción de conjuntos estructurales mayores para el A400M, A330 MRTT, Boeing, CN235, C295, Eurofighter, Falcon 8X o A380, sino también la fabricación eléctrica de mazos de cables, unidades de control y armarios de aviónica. Tablada además sirve como lanzadera para nuevos programas militares y es clave para Services, actuando como centro de reparación para ensamblajes críticos como el MRTT BOOM. Después de más de 75 años desde su apertura, Tablada se actualiza y moderniza constantemente con el fin de situarse a la vanguardia de la mejora continua y la Industria 4.0, además cuenta con un ecosistema único de I+D cuyo principal activo es el desarrollo de nuevos medios industriales. Como parte de la división de Airbus Defence and Space, distintos elementos de la lanzadera espacial Ariane 6 se han comenzado a ensamblar en 2019.”*

Leyendo las líneas anteriores, la idea general de las actividades desarrolladas en la planta de Tablada estará presente a lo largo del trabajo.

En la unidad eléctrica de Tablada, se encargan de la fabricación de mazos de cables, de mayor o menor carga, y también de fibra óptica; unidades de control, referidas como Centrales; y del ensamblaje tanto de Racks de Aviónica, cómo de Consolas y Armarios. Esta última sección es la que corresponde con el proyecto de optimización.

Formando parte de la beca Airbus Xplorer, la empresa propone a diferentes estudiantes de último curso de ingeniería un número determinado de proyectos personales, los cuales son tutelados por un miembro del equipo de la compañía. En este caso, la tutora fue Dña. Paola Ramírez Chacón. Durante el periodo de prácticas el estudiante se encarga principalmente de la investigación y desarrollo de su proyecto, además de conocer en profundidad el funcionamiento de la empresa y llevar a cabo algunas tareas relacionadas con sus estudios, todo ello enfocado al desarrollo profesional del alumno.

El proyecto particularmente adjudicado es “LayOut Optimization for the Electrical Assembly Area”. Con este, como el propio título indica, se pretende la optimización de la distribución en planta del área de ensamblaje de la unidad eléctrica.

El trabajo se inicia poniendo en situación los diferentes aspectos generales que se han considerado a la hora de realizar el estudio. Se hará referencia a los principios y objetivos base del presente estudio, las diferentes etapas que se han llevado a cabo, así como alguna reseña de diferentes autores sobre la distribución en planta.

A partir del mencionado marco teórico, el trabajo se centra en un marco específico. En él se expone la situación actual del área de ensamblaje, refiriéndonos tanto al personal encargado de las operaciones como a los procesos que se llevan a cabo. Además, las divisiones existentes, con las funciones que se realizan en cada una de sus partes, y la distribución en planta de esta. Se enfatizará en los problemas y despilfarros que se han encontrado.

Una vez presentado el funcionamiento interno de nuestra área de estudio, se da paso a la propuesta de optimización presentada. Se explica la distribución alcanzada tras el estudio. Remarca las ventajas que aportaría, de nuevo enfocadas al proceso y al personal referido. Adicionalmente, se añade un estudio económico sobre la viabilidad y repercusión que tendría el desarrollo de la propuesta en la empresa.

Por último, se extraerán conclusiones de la realización del proyecto.

2 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

La distribución en planta, o layout, puede definirse como la ubicación de los puestos de trabajo, las máquinas, los almacenes y pasillos dentro de la empresa para lograr la mayor coordinación y eficiencia posible en una planta.

Tratando de comprender mejor el concepto de distribución en planta, vamos a hacer referencia a las palabras de varios autores:

“La distribución de planta permite determinar y disponer la maquinaria y equipos diseñados de una planta en el mejor lugar, para permitir el flujo más rápido de material, al menor costo y con la mínima manipulación posible, desde la recepción de la materia prima hasta la entrega del producto terminado”.

Mallick y Gandreau

“La distribución en planta implica idénticamente la asignación de espacio y la disposición del equipo de tal manera que los costes operativos totales se reduzcan al mínimo”.

James Lundy

“El layout de la planta es planificar el camino que cada componente/parte del producto debe seguir a través de la planta, coordinando las distintas partes para que los procesos de fabricación puedan llevarse a cabo de la manera más económica, luego preparar el dibujo u otra representación de la disposición y finalmente ver que el plan se pone en práctica correctamente.”

Apple

“La distribución en planta consiste en planificar el equipo adecuado, junto con el lugar adecuado, para permitir la elaboración de una unidad de producto de la manera más eficaz, a la menor distancia posible y en el menor tiempo posible».

Sansonneti y Malilick (Gestión de la fábrica, vol. 103)

Una vez aclarado el concepto de distribución en planta, se da paso a los principios en los que se basa este proceso.

En esta sección se introduce la información teórica relacionada con la metodología para el diseño del layout. Como se ha visto, este implica la ordenación física de los elementos. Esta ordenación ya implantada, o bien en curso, incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, el almacenamiento, y el resto de las actividades o servicios, como el de los operarios y el equipo de trabajo.

Se añade también las diferentes distribuciones que se pueden tomar para una misma planta, en función de variables como el tipo de producto, la demanda existente, el proceso de producción o el número de operaciones.

2.1 PRINCIPIOS

Teniendo en cuenta las definiciones anteriores, se pueden sintetizar las bases del diseño del layout en los siguientes principios:

1. Principio de la satisfacción y seguridad:

En igualdad de condiciones, se antepondrá siempre una distribución que consiga que el trabajo realizado sea más seguro y satisfactorio para los trabajadores.

2. Principio de la integración del conjunto:

La mejor distribución es aquella que integra a los diferentes factores (hombres, maquinaria, materiales, u otras actividades auxiliares) de tal forma que todo sea considerado conjunto y actúen como una única máquina.

3. Principio de la mínima distancia recorrida:

El objetivo es encontrar la distribución que ofrezca la menor distancia posible a recorrer, tanto por parte de los operarios como de los materiales.

4. Principio de la circulación o flujo de materiales:

En igualdad de condiciones, será preferible aquella distribución que localice las áreas de trabajo de forma que se encuentren en el mismo orden de las operaciones del proceso de fabricación. Con ello, se conseguirá una producción más secuencial en la que se evita la circulación excesiva entre operaciones.

5. Principio del espacio cúbico:

Consiste en la utilización efectiva de todo el espacio de la fábrica, tanto horizontal como vertical.

6. Principio de la flexibilidad:

Se prioriza una ordenación de la planta que permita ser ajustada o reordenada en el futuro con el menor coste y en el menor tiempo posible.

La formulación de estos principios está enfocada al cumplimiento y desarrollo de los diferentes objetivos presentes a la hora de estudiar las posibilidades existentes.

2.2 OBJETIVOS

Por lo general, la misión del técnico de diseño es encontrar la mejor ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, la más segura y satisfactoria para los empleados, además de que incurra en los menores gastos posibles. Se ordena el espacio necesario tanto para máquinas, materiales, equipos y servicios auxiliares, como para el personal de fabricación.

Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden especificar los siguientes objetivos:

1. Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.

Cualquier distribución que presente la posibilidad de poner en riesgo la salud de los operarios o presente algún tipo de peligro para las personas debe ser examinada a conciencia para evitar posibles problemas.

2. Elevación de la moral y satisfacción del operario.

Es importante mantener las mejores condiciones físicas posibles para los empleados, ya que esto repercutirá positivamente en su rendimiento. Como personas, les gusta ser valorados y que se les trate de forma considerada.

3. Incremento de la producción.

Una distribución, cuanto más se acerque a la perfección, mayor producción rendirá. Se pretende que exista una mayor producción a un coste igual o menor, reduciendo los tiempos ociosos a sus mínimos posibles.

4. Ahorro de áreas ocupadas.

Las distancias excesivas entre máquinas, el stock en espera, los pasillos inútiles, la inadecuada disposición de la toma de corriente, así como la dispersión del material y las herramientas, consumen gran cantidad de espacio adicional en la planta. Una adecuada distribución del área minimiza estos despilfarros.

5. Reducción del manejo de materiales.

Un diseño en serie de la línea de montaje permite reducir considerablemente el transporte de las piezas, ya que se introducirían las piezas al comienzo y el producto sería retirado al final del montaje, eliminando por tanto el transporte entre operaciones.

6. Mayor utilización de la maquinaria, de la mano de obra y de los servicios

Se trata de maximizar el rendimiento de aquello que cause mayores gastos a la empresa, permitiéndose pérdidas en otras situaciones si eso conlleva a la maximización del beneficio de las operaciones prioritarias.

7. Reducción del material en proceso.

Realmente este es un problema de Control de Producción. No obstante, una buena distribución puede servir de gran ayuda. Está relacionado con el objetivo cinco. La reducción de los tiempos de espera del material en las distintas operaciones es una solución útil para este objetivo. Igualar los tiempos de proceso en las diferentes operaciones es una buena práctica para ello.

8. Disminución de retrasos en las operaciones.

El equilibrio de los tiempos de operación y cargas de cada departamento es parte de la distribución en planta. Una correcta ordenación de las operaciones puede permitir eliminar prácticamente los tiempos en que los materiales están parados.

9. Simplificación del tiempo de fabricación.

Relacionado con el objetivo anterior; reducir las esperas, eliminar almacenamientos innecesarios o acortar las distancias contribuyen a la importante reducción de los tiempos de fabricación, aunque ello conlleve un cierto nivel de inactividad en otras operaciones

10. Reducción del trabajo administrativo y trabajo indirecto en general.

Distribuir en la medida de lo posible el trabajo de tal forma que el material siga un proceso espontáneo en la planta. Con ello se reduciría el trabajo de programación y las ordenes de producción en cierta medida.

11. Mejora de la supervisión.

La distribución puede influir en la capacidad y calidad de la supervisión. Esto facilitaría el trabajo de los gestores o administradores de las operaciones. Existen gran variedad de soluciones en función del tipo de distribución que sigue una fábrica.

12. Disminución de la congestión y confusión.

El movimiento innecesario de herramientas y materiales, así como la demora de estos, provocan en el almacén situaciones de confusión y aglomeración, las cuales se verían reducidas si se trasladasen los materiales directamente al punto de uso y se mantuviesen en continuo movimiento.

13. Reducción del riesgo para el material o su calidad.

Una buena distribución de la maquinaria en la fábrica es fundamental para mantener la calidad del material. Una mala distribución puede provocar desperfectos en maquinaria o material vecino, al igual que pueden afectar a las propiedades de estos.

14. Cambios y ampliaciones futuras.

A la hora de diseñar una fábrica, es importante tener en cuenta la posibilidad de modificarla o ampliarla en un futuro. Por tanto, la localización de esta debe considerar dichas posibilidades y prever diferentes cambios para su mejora.

Además de lo ya mencionado en los puntos anteriores, una correcta distribución permite unas mejores condiciones sanitarias, una mejor distribución de los operarios en sus puestos de trabajo, un aspecto más atractivo de las áreas de trabajo, etc.

2.3 ETAPAS

En orden a los principios expuestos en esta misma entrada, y considerando los objetivos mencionados anteriormente, se comenzará con el desarrollo del problema de distribución de la planta. Este trabajo se puede clasificar o dividir en diferentes etapas, secuenciadas de tal forma que se alcance el objetivo final sin desatender ninguna de las prioridades expuestas.

Se pueden destacar seis etapas básicas necesarias para el diseño de una solución aceptable en un problema de diseño de layout. Para ello, y basándonos en las referencias de Lean Manufacturing, se introducirán una a una y se hará una breve explicación sobre las actividades realizadas.

Primera etapa: Formular el problema.

Generalmente, un proyecto de este tipo puede venir motivado por un cambio de ubicación que obliga a la redistribución de los elementos. Además, la incorporación de nuevas máquinas o útiles de montaje para facilitar el proceso en un punto intermedio, o bien simplemente por una mala distribución inicial.

Segunda etapa: Análisis del problema.

El estudio del problema se realizará de forma sistemática aplicando los ocho factores de Muther. Estos factores que afectan a la distribución de la planta son: el factor material, el de la maquinaria, el factor hombre, el factor movimiento, el de los tiempos de espera, el factor servicio, el del edificio y el factor de cambio futuro.

De estos factores se obtienen las principales restricciones del problema y los requisitos que deben cumplir las alternativas de las nuevas distribuciones planteadas. De este modo se podrá elegir la mejor distribución entre todas las propuestas realizadas para el diseño.

Factor material.

Entendemos el estudio del material como el análisis de la transformación del material desde materia prima hasta que se obtiene el producto final.

La finalidad de este análisis es comprender las distintas etapas del proceso de producción necesarias para la fabricación de un artículo. El análisis del factor material no implica el estudio de los materiales que componen el producto final.

Estudiar la secuenciación de las operaciones realizadas sobre el producto sin valorar su localización relativa en la planta es uno de los deberes de esta etapa. Este factor ayuda a comprender el rango de productos que se fabrican y a reconocer la tecnología con la que trabaja la empresa.

Factor maquinaria.

Este factor analiza las cantidades y variedades de cada elemento presente en el área de trabajo. Es necesario anotar el número de útiles de cada variedad, las dimensiones principales y la forma de estos si es determinante para el estudio.

Factor hombre.

Contabilizamos toda la plantilla relacionada con el departamento de producción, desde los operarios hasta encargados de área, considerando todos los turnos existentes. Tendremos así la información sobre el personal necesario para que el índice de rendimiento se ajuste al máximo posible.

Factor movimiento.

El factor movimiento analiza el flujo de los materiales de un puesto de trabajo a otro. Este movimiento no añade valor al producto, por lo que debemos de minimizarlo lo máximo posible. Como sabemos, eliminar por completo el flujo de estos materiales es inalcanzable, pero la mayoría de las veces es factible suprimir operaciones de manipulación para obtener una solución optimizada.

Factor espera.

Mediante el factor de los tiempos de espera estudiamos tres modelos de almacenes: el almacén de materias primas, el inventario en proceso y el producto final. El objetivo de este factor es adjudicar el espacio que requiere cada almacén.

Hoy en día, las empresas se encuentran con el problema de acumulación de stock de subconjuntos previos a la inspección. Esto es debido a que el flujo en el área de trabajo es presionado por la producción de subconjuntos, y no tirado por los requerimientos de la etapa final.

En este punto, Muther, mejorando la producción con Lean thinking, recomienda un estudio profundo del espacio necesario para los productos. En algunas ocasiones, debido a las grandes dimensiones del almacén, se requiere un estudio específico para la distribución en planta de este.

Factor servicio.

Este factor se centra en dos características distintas:

- Las condiciones ambientales del área de trabajo (luminosidad, ruidos, espacio mínimo necesario...).
- Otras condiciones de trabajo, como lo son los sectores que deben trabajar en cada planta (calidad, logística y mantenimiento).

Respecto a la primera, para decidir qué parámetros son aceptables puede recurrirse a la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. La luminosidad será tratada por el departamento de Mantenimiento una vez realizado el diseño de la planta, y por lo general dotará de luz a cada elemento de manera independiente, cumpliendo con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Por otro lado, en todos los puestos de trabajo se cumplirá un requisito de espacio mínimo de distancia entre cualquiera de los elementos, cumpliendo con la zona de trabajo para todos los operarios.

En cuanto a la segunda condición, se deben tener en cuenta las medidas mínimas para que vehículos y personal de diferentes departamentos, como inspección o logística, puedan maniobrar sin problemas.

Factor edificio.

El factor edificio hace referencia, como su nombre indica, a la superficie útil real del edificio. Este factor tiene en cuenta la forma de la planta, las dimensiones, las columnas o vigas, la situación de las ventanas de ventilación, zonas de posible ampliación, etc. En muchos casos la existencia de puentes-grúa limita el número de posibilidades para el cambio de distribución.

Factor cambio.

Lamentablemente, el diseño que se obtenga del estudio no será válido eternamente. Tampoco es el objetivo de este factor dejar a la empresa preparada para cualquier cambio futuro, porque se desconoce ese futuro. El factor cambio plantea analizar, con un punto de vista crítico, la solución adoptada.

La aplicación de este factor es, sin ninguna duda, la parte más complicada del estudio de un proyecto, pero es preciso preguntar por las ideas de futuro de la empresa con el objetivo de prolongar el aprovechamiento de la distribución propuesta durante el mayor periodo de tiempo posible.

Tercera etapa: Búsqueda de alternativas.

Una vez analizados los ocho factores de Muther, y teniendo presentes los principios expuestos en la sección anterior, se enfocará en las ideas recogidas sobre estos tres principios prácticos:

- Primero el todo y luego los detalles.
- Primero la solución ideal y luego la práctica.
- Emplear las técnicas del Brainstorming.

Primero el todo y luego los detalles.

Bien sea el caso de grandes modificaciones en la distribución de la planta, como en el diseño de células de trabajo; se debe tener presente, en primer lugar, una distribución general del espacio total, para más tarde concretar cada una de las zonas específicamente. Para este proceso se puede hacer uso de los planos por niveles, los cuales ayudan a analizar los flujos generales entre departamentos distintos.

Primero la solución ideal y luego la práctica.

Hay que tener claro desde primera hora que la solución ideal es muy difícil de llevar a cabo. No obstante, si se deben de proponer soluciones más simples que se asimilen a la solución ideal. Para esta nueva solución, nos basaremos en las restricciones obtenidas a través de la propuesta anterior

Es importante resaltar que la solución ideal nunca debe analizarse en profundidad.; ya que, conocedores de que es una solución idealizada y no se podrá alcanzar, no merece la pena invertir esfuerzo y tiempo en estudiar con todo lujo de detalles esta solución.

Emplear las técnicas del Brainstorming.

Durante la propuesta de ideas, deben crearse diferentes soluciones al problema y no rechazar ninguna de ellas. La técnica del brainstorming, lluvia de ideas, propone recoger todas las ideas que surjan, sin menospreciar o descartar ninguna de ellas. Criticar en este periodo puede frenar la creatividad, y en más de una ocasión, una idea que a priori parece imposible se convierte en realista con una serie de pequeños detalles. No sería una sorpresa que una idea remota se convierta finalmente en una solución contrastada.

En esta etapa de creación de ideas, aparece una gran variedad de propuestas sobre la distribución en planta de los diferentes puestos de trabajo, que servirán en la siguiente etapa para alcanzar la solución.

Cuarta etapa: Selección de la solución.

La finalidad de esta etapa es seleccionar la solución mejor adaptada al problema entre todas las que se han propuesto en la etapa anterior. Cada una de estas será valorada en orden a unos criterios concretos.

Quinta etapa: Especificación de la solución.

La solución aceptada por el equipo del proyecto deberá ser desarrollada en profundidad para una correcta implantación.

Sexta etapa: Ciclo de diseño.

El ciclo de diseño incluye las modificaciones que surgen debido a problemas que aparecen durante la implantación de la solución final adoptada, como problemas en las instalaciones, falta de recursos, o mejoras en las vías de evacuación de los operarios.

2.4 TIPOS

Dependiendo del modelo de distribución de la planta que se quiera implantar en la fábrica, nos podemos encontrar con cuatro tipos principales de layout: distribución de punto fijo, distribución por producto, distribución por proceso y distribución celular.

Distribución de punto fijo.

En esta distribución, el producto o componente principal sobre el que se realiza el montaje no se mueve, permanece fijo, por lo que los materiales, la maquinaria y el equipo necesarios se trasladan alrededor de dicho producto. En el exterior se colocan la maquinaria o los productos menos utilizados, siguiendo este razonamiento hasta el objeto en cuestión.

Esta distribución es habitual para el montaje o fabricación de piezas de gran tamaño y peso, para las cuales, su movimiento o modificación incurriría en grandes gastos tanto económicos como temporales.

Gracias a esta disposición, se reduce la manipulación de piezas de gran volumen, evitando posibles lesiones del personal, pérdidas de tiempo en el transporte y posibles daños del material de este durante el periodo de fabricación.

Al no encontrarse la maquinaria y los recursos utilizados con una distribución fija, el proceso puede variarse con mayor facilidad en orden a obtener un rendimiento más elevado y una mayor ganancia, lo que permite una gran flexibilidad.

Por otro lado, supone una importante inversión en maquinaria especializada, además de una escasa flexibilidad en los tiempos de fabricación por no existir la posibilidad de acelerar el flujo de procesos respecto a la actividad de mayor lentitud.

Distribución por proceso.

Este tipo de distribución en planta es propuesto para lotes de tamaño reducido, de productos cuyo proceso está poco estandarizado.

Las máquinas se agrupan por familias, es decir, se agrupan en una misma zona delimitada todas aquellas que sean iguales.

Este layout requiere una menor inversión en mantenimiento de la maquinaria. Se pueden utilizar las diferentes máquinas con la misma funcionalidad indistintamente, por lo que las averías no supondrían una interrupción de la serie, provocando paradas en la planta, pudiendo pasar la pieza a otra máquina libre. Este reparto indistinto entre las máquinas iguales permite tener una mayor flexibilidad a la hora de realizar una serie, al contrario que en el layout por producto que, como analizaremos a continuación, tiene una flexibilidad reducida al encontrarse distribuido en función del producto que se va a fabricar.

El principal inconveniente de esta distribución es el elevado stock intermedio que se genera con el objetivo de no tener ninguna de las máquinas paradas, lo que supone una alta manipulación de material, un tiempo de fabricación elevado (pues hay piezas semielaboradas esperando a ser procesadas) y pérdidas económicas y temporales en transporte entre unos grupos y otros. Además, el realizar un seguimiento de la producción de los productos a fabricar se convierte en una tarea difícil a causa del elevado número de piezas en circulación.

La cantidad de superficie utilizada para este tipo de distribución es mucho mayor a la que se utiliza en la distribución por producto.

La gestión y el control visual del proceso se complican con esta distribución.

Distribución por producto.

Esta distribución se emplea para la producción de grandes lotes de un reducido número de productos muy estandarizados. Al comienzo de la fabricación, el producto sigue una secuencia, normalmente lineal, recorriendo puesto a puesto toda la línea. Cada operación se dispone adyacente a la inmediatamente siguiente.

Las distribuciones más habituales del layout por producto son en línea, en forma de L, de U, de O o de S. Con estas formas de distribución se consigue una menor manipulación de los materiales, al realizarse todas las operaciones seguidas.

En esta distribución, se disminuyen los retrasos en las entregas y en la fabricación, debido a que las piezas siguen rutas fijas y no hay esperas entre una operación y la siguiente, por lo que el flujo de inventario intermedio se reduce considerablemente.

Por otro lado, suponen una gran inversión, debido a que cada línea es exclusiva para un producto. Por esta razón, si la maquinaria de una línea falla, se detiene el proceso, por lo que tiene menor flexibilidad que la distribución por proceso, que puede reasignar el producto a otra máquina durante el periodo de reparación.

Distribución celular.

Pertenece a un subconjunto de la denominada “tecnología de grupo”, cuya misión es la de codificar los distintos componentes en células separadas. Con ella se consigue establecer una ruta más fácil de los semielaborados.

Se agrupan las partes con características similares en familias y se asigna cada familia a una célula específica.

Cada célula se encarga de la fabricación de una familia determinada de productos, y de aquellas que tienen un recorrido común, cada componente está destinado a una célula.

Gracias a esta separación por familias, se consiguen reducciones en tiempos de cambios de herramienta, de flujo de materiales y de fabricación; al igual que se reduce el nivel de stock y existe también una reducción de costes de formación de los operarios; y, por tanto, de producción.

Entre los inconvenientes, encontramos que hay duplicidad de la maquinaria, dificultad de separar en células algunos productos en determinados procesos, y una mayor inversión en maquinaria y superficie.

La distribución tiene formas cerradas, en forma de U, de C o de L.

3 SITUACIÓN ACTUAL

“Para mejorar hay que cambiar. Para ser perfecto hay que cambiar a menudo”

- Winston Churchill-

Frente a casos de optimización de proyectos como este, el estudio de la situación actual ayuda a identificar los condicionantes que reducen el número de posibles soluciones a considerar. Por ello, en esta sección se va a identificar la distribución actual de la planta y desarrollar el funcionamiento de esta.

Con el fin de facilitar una visión general de la planta, y profundizar en los conceptos básicos para el entendimiento de las actividades y funciones que se llevan a cabo en ella, se consideran algunos aspectos importantes y se describirán los diferentes productos manipulados en esta planta.

Rack de aviónica: Se trata de un armazón metálico que, de acuerdo con sus características, sirve para alojar una computadora, un router u otra clase de equipo. El correcto armado de la estructura es esencial para el funcionamiento de los equipos, ya que los cables deben organizarse de manera adecuada para lograr las conexiones. La aviónica es la parte de la mecánica aeronáutica referida a los componentes y sistemas electrónicos del avión o de los motores.

Consolas: Estructura en la que varias centrales son ensambladas con sus respectivos mazos y cableado. La función de estas consolas es controlar las diferentes señales emitidas a lo largo de un trayecto. Se encuentran en las cabinas de los aviones para que los pilotos realicen las operaciones necesarias para intervenir en el manejo del avión.

Armarios: Estructura en la que se encuentran instalados diferentes elementos electrónicos de aviónica conectados entre sí. Se instalan en diferentes partes de un avión y permiten controlar los circuitos eléctricos del avión. Por lo general, un avión suele disponer de entre dos y cuatro armarios, dependiendo de la envergadura de la nave. Se caracterizan por tener elementos de protección y control de posibles problemas eléctricos.

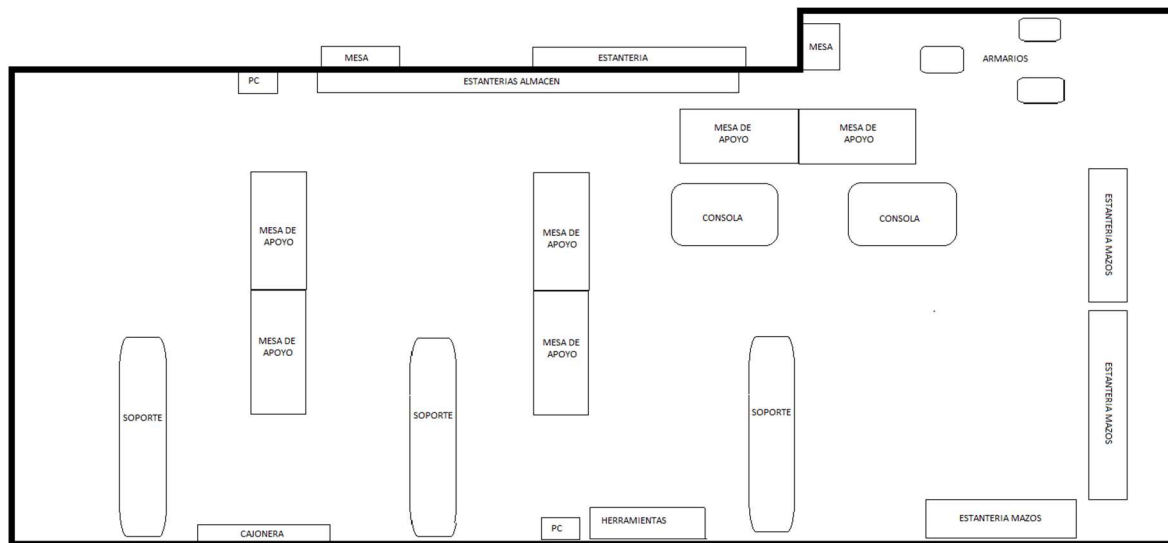
Una vez definidos los productos, se explicará la distribución física de los diferentes útiles en la planta actual, para ellos nos apoyaremos en diferentes imágenes y planos de esta; en segundo lugar, y también haciendo uso de estos planos, nos referiremos a las funciones que se llevan a cabo en cada uno de los sectores o puestos de trabajo existentes, al igual que señalaremos las zonas de almacenamiento tanto de herramientas como piezas utilizadas para el montaje.

Expuesta la distribución y el funcionamiento, nos centraremos en el flujo de materiales, operaciones y personal a lo largo de la planta, en relación con cada una de las operaciones correspondientes.

Por último, se aclararán los movimientos necesarios y espacios alterados para la recogida y transporte de los productos, que, aunque sea llevada a cabo por una empresa de logística subcontratada (*Kuehne+Nagel*), obviamente es un factor a tener en cuenta a la hora del estudio de nuestra situación.

3.1 DISTRIBUCIÓN FÍSICA

En el plano siguiente se aprecia la distribución física actual.



PLANO 1. SITUACIÓN ACTUAL

Observando la imagen, nos hacemos una idea general y clarificada de la disposición de los elementos a lo largo de la planta. Examinando detalladamente el plano, se distinguen tres áreas diferentes de trabajo, cada una de ellas identificada con el producto confeccionado en cuestión. Estos elementos son: el rack de aviónica, el cual dispone de tres espacios donde disponer el soporte utilizado como esqueleto del producto; las consolas, las cuales pueden variar su demanda, y por tanto el espacio necesario para ellas, generalmente entre dos y tres; y los armarios, que al igual que las consolas, varían sus peticiones.

Además, también se pueden diferenciar las mesas de apoyo, la mayoría móvil, dispuestas en función de las necesidades de cada puesto, sin seguir ningún estándar de utilidad o preferencia. Al igual que las mesas, de las estanterías para los mazos se puede decir que su localización es aleatoria, sin tener en cuenta la cercanía del producto o la demanda de estos.

El resto de las estanterías, utilizadas como almacén de piezas y herramientas utilizadas para la producción, no siguen ningún criterio de distribución por cercanía o frecuencia de uso. El interior de estas tampoco sigue ningún patrón de clasificación de los productos.

También hay que destacar la ubicación de los ordenadores, que, aunque no sea tan frecuente su manejo, son esenciales para el seguimiento de la producción por parte de los operarios. Mencionar que su localización está actualmente condicionada a la cercanía de las tomas de corriente.

3.1.1 **Actividades y Funciones**

Conociendo la localización de los elementos de la planta de ensamblaje, se introduce una breve explicación de las diferentes actividades que se llevan a cabo en cada sector. En los tres casos, las operaciones se podrían clasificar en tres apartados. En primer lugar, se podrían agrupar las operaciones realizadas en la zona de ensamblaje, y diferenciarlo como Montaje. Una vez realizado el Montaje, se realizaría la tarea de Verificación, que a su vez se podría subdividir en dos, la realizada en el área de ensamblaje por los operarios, o la que se podría denominar como “oficial”, llevada a cabo en un espacio diferente al de ensamblaje. En último lugar quedaría el Control de Calidad anterior al embalaje y recogida del pedido.

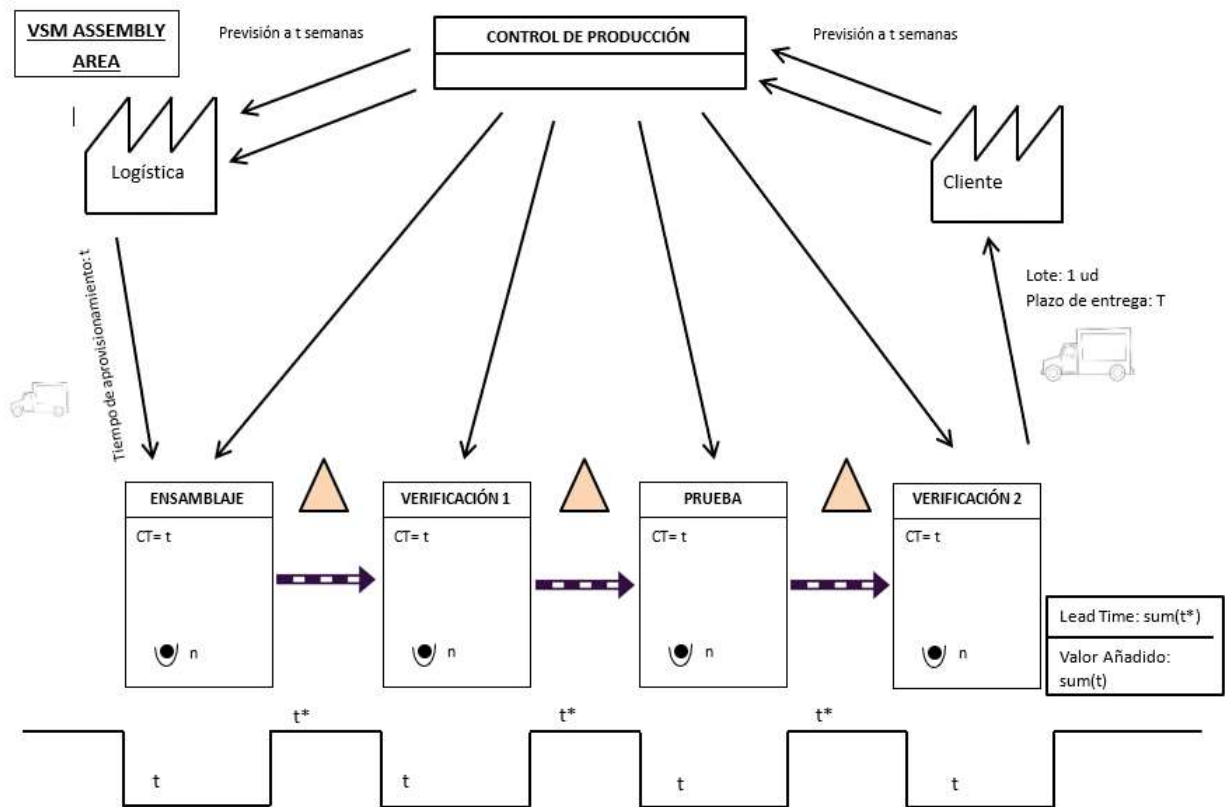


FIGURA 1. VSM ASSEMBLY AREA

Las operaciones denominadas de Montaje se llevan a cabo en el área de ensamblaje, haciendo uso de la maquinaria y los materiales necesarios. Estas operaciones varían según el producto.

El rack de aviónica es el que requiere de un mayor número de operaciones y de mayor dificultad. Por tanto, es este el que requiere mayor espacio de tiempo, y en torno al cual está diseñado el layout actual. En este caso, es el único producto que moveremos durante el periodo de su producción. Es después de la primera verificación, cuando el rack será devuelto a una de las bases, diferente a la que se encontraba. Con esta forma de trabajar, se permite que, una vez verificado el rack, y a la vez que se ultiman sus detalles, se puedan comenzar las operaciones del siguiente pedido en cuestión.

Por otro lado, se tienen los armarios y las consolas, que, aunque pudiéndose clasificar sus operaciones bajo las mismas denominaciones, se entiende que su complejidad es menor una vez se profundiza en ellas en el siguiente apartado. Destacar la facilidad de movimiento de la que disponen estos productos, debido a que sus bases llevan ruedas integradas, al igual que la variedad en el número de unidades requeridas por los clientes, en general entre dos y tres. En el caso del rack de aviónica se puede hablar de un único artículo en producción.

3.1.2 Flujo

Una vez expuesta la distribución física y las actividades que se llevan a cabo en cada uno de los espacios de la planta, se pasa al análisis de los flujos de materiales, al igual que el de los operarios. Para ello, además del apoyo en las imágenes del plano, se hará uso de Values Stream Mapping (VSM) o mapas de flujo de valor.

El VSM es una herramienta clave dentro de la metodología Lean Manufacturing. Consiste en un diagrama utilizado para visualizar, analizar y mejorar el flujo de los productos y de la información dentro de un proceso de producción, desde el inicio del proceso hasta su entrega al cliente.

Con ayuda de los siguientes VSM, se desarrollará el flujo de los materiales según el producto a ensamblar.

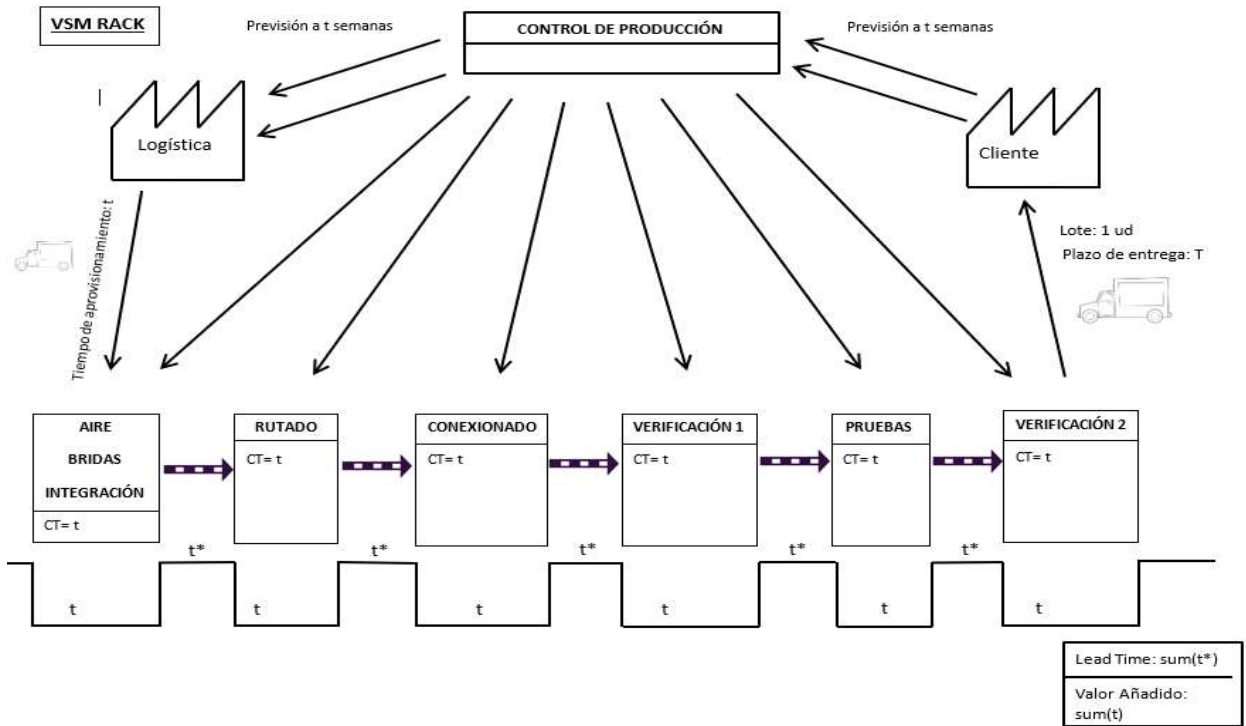


FIGURA 2. VSM RACK

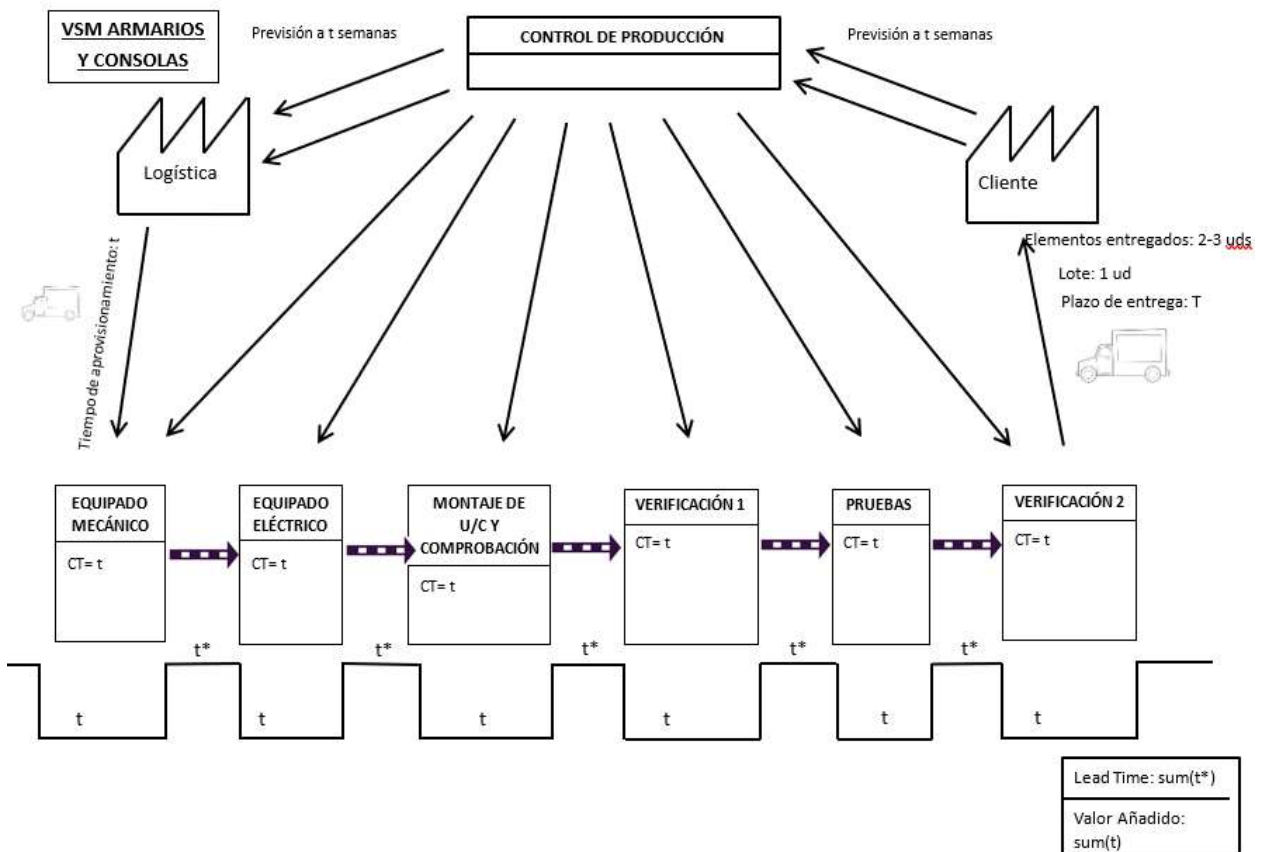


FIGURA 3. VSM ARMARIOS Y CONSOLAS

En el caso del rack, las actividades necesarias se pueden simplificar en la clasificación del VSM de la figura 2. Con estas actividades, es preciso hacer una diferenciación entre las implementadas antes de la verificación, y las llevadas a cabo una vez realizada esta. El principal motivo de esta diferenciación es el paso de la estructura a la otra posición disponible. Ya que como se ha visto en el primer plano, una de las tres bases del rack de aviónica se encuentra en desuso debido a la escasez de demanda.

Los elementos añadidos al rack se ensamblan en cada posición, haciendo uso de las mesas de apoyo y las herramientas necesarias. Dichas herramientas, como se observa en la imagen, se encuentran en un punto medio entre las posiciones del rack y de las consolas. Destacar que los operarios deben notificar el uso de estas herramientas y devolverlas una vez finalizada su tarea. Este procedimiento está muy controlado, con el fin de evitar la ausencia o desaparición del material cuando sea necesario.

Al igual que en el rack, la utilización de las herramientas para las operaciones de las consolas y los armarios está perfectamente controlado a fin de evitar los problemas mencionados. Es por ello, que la ubicación de estas se encuentra a una distancia razonable y accesible por igual para los diferentes sectores.

Como se ha mencionado con anterioridad, la principal diferencia, y evidente ventaja, que presentan tanto las consolas como los armarios, es que disponen de bases móviles, por lo que el manejo es más sencillo y el margen de movimiento es mayor. Recordar también que la cantidad a producir de estos productos en un mismo pedido varía en función de la demanda del comprador.

En referencia a los operarios, hay que destacar la distribución de dos turnos, uno en horario de mañana y otro de tarde. Estos turnos están compuestos por seis operarios, los cuales se distribuyen las operaciones diariamente en función de la demanda y carga de trabajo en los diferentes productos. En estos turnos siempre hay presente un jefe de planta, el cual es el responsable tanto de la correcta distribución de las actividades como del cumplimiento de las medidas de seguridad establecidas.

3.1.3 Recogida y transporte

Actualmente, el sistema de recogida de los productos terminados no es independiente de la propia área. Con esto nos referimos a que una vez el producto está ensamblado, se genera una orden, la cual provoca una serie de acciones que se van a exponer a continuación.

Una vez generada la orden, el producto es embalado en su propio puesto de trabajo, lo cual también necesita de operaciones adicionales. Según se ha dicho, el sistema de transporte y recogida depende de otro sector, por tanto, la optimización de los tiempos no puede ser estudiada.

Esta recogida se produce con carretilla elevadora, por lo que el espacio necesario para estas maniobras es mayor. Por lo general, cuando llega el momento de recogida, la planta sufre una redistribución temporal, en consecuencia, se producen despilfarros de tiempo y energía por parte de los operarios.

Esta redistribución consiste principalmente en la agrupación, incluso el apilamiento, de las mesas de apoyo para generar mayor espacio para la carretilla elevadora. Cuando uno de los productos es recogido, en el resto de los puestos se trata de continuar con la actividad en la medida de lo posible. Si el producto a transportar no es el rack de aviónica, es decir, son los armarios o las consolas, siempre se espera a tener finalizadas todas las operaciones del grupo de armarios o consolas al completo. De esta forma las pausas son menos frecuentes.

3.1.4 Ventajas e inconvenientes

Conocida la situación actual de la planta, su distribución física y las diferentes actividades y flujos llevados a cabo, se es consciente de las ventajas e inconvenientes que esta puede presentar. Bien sea, considerando la calidad y las facilidades a los operarios para realizar su trabajo, o bien desde un punto más general y enfocado a la optimización de la cadena principal, como es del que disponen los jefes de producción. Para ello, se ha estado observando, estudiando y analizando con asiduidad las formas de trabajo de estos. Además, se han realizado cuestionarios, enfocados a la obtención de información y sugerencias por parte de ambas partes.

En el siguiente apartado se trata de recoger las posibles mejoras una vez analizados los resultados.

3.1.4.1 Operarios

- Mayor espacio para trabajar. Especial mención a la zona de los Armarios.
- Guía protectora para cables y enchufes.
- Bandejas de apoyo para colocar los materiales en las gradas.
- Soporte para botellas y envases en la parte inferior de las mesas.
- Pegatinas identificativas en los diferentes espacios de las cajoneras.
- Giro de 90° en la orientación de los soportes del Rack para disponer de mejor sensación de espacio.
- Pantallas aislantes para eliminar los olores producidos por los servicios.

3.1.4.2 Jefes de producción

- Especificación visible de la orden en la norma asociada a cada producto.

Estas sugerencias de gran relevancia son consideradas para la propuesta de mejora de la distribución, que se va a llevar a cabo en el siguiente capítulo.

Con toda la situación expuesta y descrita detalladamente, junto con las opiniones y valoraciones de los trabajadores, es posible realizar una clasificación de los diferentes despilfarros encontrados durante el proceso. Dicha clasificación servirá de base para aclarar y enfocar la propuesta de mejora de forma más concreta y eficaz.

Un despilfarro o desperdicio es todo aquello que no agrega valor a un producto o un servicio para los clientes. En nuestro contexto, es toda mala utilización de los recursos y/o posibilidades de la empresa destinadas a esta actividad.

Considerando esta definición, y conociendo el desarrollo de las actividades en la planta, es posible clasificar las operaciones en tres grupos diferenciados:

Las tareas que añaden valor. Son aquellas que durante el proceso de transformación del producto generan un valor agregado a este. Pueden ser por ejemplo el ensamblaje de mazos o la instalación de las unidades de control.

Las tareas que no añaden valor, pero son necesarias. Transportar, eliminar imperfecciones o las verificaciones, son tareas que no añaden valor al producto, pero no se pueden suprimir ya que son indispensables para la obtención del producto final.

Las tareas innecesarias. En este grupo es donde se encuentran los desperdicios que no agregan ningún tipo de valor a un producto y que debemos reducir al máximo o eliminar para obtener un mayor margen de beneficio.

Estos desperdicios se pueden clasificar en ocho categorías:

1. Desperdicios por producción en exceso.

Consiste en la producción de piezas o productos cuando no existe una demanda real. Producir lo que es innecesario, cuando es innecesario y en cantidades innecesarias. Sus principales causas son los grandes lotes, la producción anticipada o priorizar las capacidades de las máquinas a la verdadera demanda. Esto puede causar efectos como la compra anticipada de materiales, el aumento del inventario o la reducción de la flexibilidad de la planificación.

Para evitar este despilfarro, actualmente se dispone de una política adecuada. La producción está basada en la demanda, en lotes concretos y mixtos. En consecuencia, no supone una fuente de desperdicios.

2. Desperdicio por tener altos inventarios.

Este se encuentra relacionado con la producción en exceso. También está relacionado con los cuellos de botella, es decir con procesos de la cadena con diferentes capacidades. Por ello, una de las mejoras que se podrían considerar sería una distribución del equipamiento por procesos.

Los altos inventarios son uno de los principales problemas en una empresa, ya que estos ocultan el resto de posibles problemas de una fábrica. Tampoco es éste considerado un desperdicio en la planta objeto de estudio.

3. Desperdicio por transporte.

El transporte interno es la transferencia de materiales, partes o productos terminados desde un lugar a otro por cualquier motivo. Las causas de estos movimientos pueden ser variadas, en las que se destaca un layout inadecuado o la especificación de los operarios en una actividad. Además de los desperdicios anteriores, los cuales también repercuten en este.

Este desperdicio es de especial consideración para la propuesta que se va a formular, ya que se ha observado que puede ser el principal despilfarro en esta planta, además de ser posiblemente el que guarde mayor relación con la distribución de la misma.

4. Desperdicio por productos defectuosos.

La generación de estos productos defectuosos puede estar favorecida por la ausencia de estándares para el trabajo de inspección, la inadecuada manipulación de materiales o el transporte. Estos productos generan de siete a nueve veces más de tiempo perdido.

Esto está relacionado con el punto anterior, ya que la reducción del traslado puede mejorar la calidad al disminuir los golpes accidentales producidos en el material.

En nuestro caso, al tratarse principalmente el ensamblaje, los defectos suelen llegar en los productos previos. No obstante, no es tan común la aparición de desperfectos. Este bajo número de productos defectuosos se debe a la existencia de estándares de operaciones y a la capacidad de los operarios para la inspección continua en la que se encuentran.

Debido al producto tratado y el sector en el que se desenvuelve la empresa, este es uno de los despilfarros más considerados y perfeccionados en la planta.

5. Desperdicio en movimientos/esfuerzos innecesarios.

Consiste en la realización de operaciones no necesarias según la especificación del producto. Esto es debido a un inadecuado estudio de los procesos, una estandarización incompleta o la desorganización de los puestos de trabajo.

La solución para este problema suele estar en una estandarización completa y la mejora en el diseño de los procesos. Para ello, se considera adecuada la formación de los operarios.

6. Desperdicio en trabajo innecesario.

Estos generan cansancio o fatigas musculares al tratarse de trabajos no ergonómicos, incómodos o innecesarios. Esto puede ser causado por la ausencia de espacio suficiente para los puestos de trabajo o la falta de entrenamiento o desarrollo de las habilidades de los operarios.

Este desperdicio también se encuentra relacionado con la distribución de la planta, por lo que igualmente estará presente en la propuesta a desarrollar. Se aplicarán conceptos ergonómicos en el diseño.

7. Desperdicio por espera.

Tanto de los trabajadores como de las máquinas. Este es un desperdicio muy común en el sector de la producción. Los motivos son variados, se incluyen los tiempos de puesta a punto de la maquinaria o la inadecuada programación de la producción.

En el caso que nos ocupa, la inadecuación del layout y los retrasos de materiales provenientes de otros sectores son las principales causas. También se considera oportuno valorar la diferencia de avance en cada una de las etapas de los procesos de cada producto. Para ello, en la propuesta se introducirá un layout más específico, que otorgue un mayor control visual de las secciones. Asimismo, una línea de producción y abastecimiento mejor balanceada y que proporcione los materiales necesarios.

8. Desperdicio del potencial creativo del trabajador.

Las causas para esto pueden ser los largos tiempos en operaciones monótonas, falta de incentivos y reconocimientos o simplemente no escuchar a los empleados. Considerando las opiniones de los trabajadores, no es motivo de pérdida mayor, sin embargo, será considerado en la propuesta.

Probablemente, en un proceso tan estandarizado no es de vital importancia dicho factor, pero valoraremos la existencia de grupos de trabajo. Del mismo modo, se propondrá un sistema de sugerencias y de reconocimiento de logros para el personal.

Una empresa que no controla sus desperdicios y adopta medidas para prevenir o eliminar sus causas, generará productos y servicios de mala calidad, con altos costos. Esto producirá bienes de un valor bajo para los clientes, que no estarán dispuestos a adquirirlos o sólo lo harán a precios tan bajos que finalmente nos generarán pérdidas económicas.

4 PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN

“La división de tareas complejas en tareas simples, en las cuales uno puede volverse experto, es la fuente para lograr ‘la máxima mejoría en los poderes productivos del trabajo’”

-Adam Smith-

El diseño del layout es un proceso complejo y duradero, donde se consideran numerosos condicionantes y aspectos. Por ello, no existe ningún método de resolución automático para estos problemas. No obstante, es conveniente el seguimiento y desarrollo de alguna técnica que indique ordenadamente los pasos a seguir para obtener la solución deseada.

Al igual que en el resto de los problemas complejos, se conoce la existencia de más de un camino o técnica a desarrollar. Existiendo también la posibilidad de llevar a cabo variantes específicas en técnicas ya existentes, para así, adaptarse mejor al problema. Sin embargo, es conveniente comenzar en función a una idea, y para ello vamos a basarnos en la metodología expuesta en los puntos anteriores.

Esta metodología, fundamentada en los principios de Lean Manufacturing, se desarrollará y adaptará nuestra situación, teniendo presente el resto de los principios, condiciones e ideas expuestas en los puntos anteriores.

Según se mencionó en apartados anteriores, existen seis etapas básicas necesarias para diseñar una solución aceptable en un problema de distribución en planta. En este apartado se van a ir aplicando a nuestro problema en particular.

ETAPA 1: Formular el problema

En este caso, la motivación al cambio de distribución del área de ensamblaje en la unidad eléctrica se debe a una mala distribución inicial, la cual no consideraba inconvenientes que han ido encontrándose con el desarrollo de las actividades y el paso del tiempo.

En su momento se hizo una distribución en planta teniendo en cuenta una previsión de la demanda que no se ha cumplido, al igual que no se analizaron los flujos, tanto de materiales como de personal, involucrados. Con todo esto, sumado a un progreso en el trabajo, se ha planteado una redistribución de la planta en dicha área.

Expuesta la situación actual y valorando los despilfarros encontrados, el problema identificado es una falta de espacio para el desarrollo de las actividades de los operarios, desorganización en el almacenamiento de piezas y movimientos innecesarios dentro del área de ensamblaje, bien por parte de los operarios, como para el transporte durante el periodo de verificaciones.

ETAPA 2: Análisis del problema

En esta etapa, son ocho los factores a evaluar. Estos, afectan o deben ser tenidos en cuenta en función de la particularidad del problema. Por tanto, se van a enfocar y relacionar con la situación que nos ocupa.

Factor material.

Este es un factor influyente, ya que es indispensable disponer de todos los materiales para el ensamblaje que llevaremos a cabo. Además, aunque el ensamblaje se desarrolle durante un largo periodo de tiempo, los materiales deben estar disponibles desde el comienzo de las operaciones, ya que las acciones se suceden de una forma determinada. Es decir, no se puede permitir la llegada de piezas necesarias para el rutado cuando la actividad correspondiente sería el conexionado.

Los materiales utilizados en cada etapa del ensamblaje son especificados en las normas proporcionadas a los operarios, y salvo excepciones, son proporcionados juntos en un mismo empaquetado. Estos suelen almacenarse en las estanterías con percha, las cuales se han denominado en este proyecto como Estantería Mazos.

Otros componentes y utensilios, menos específicos se encuentran almacenados en las estanterías comunes nombradas también en la descripción de la situación actual.

Factor maquinaria.

La variedad de maquinaria requerida para las operaciones no es muy amplia, pero si específica de cada uno de los productos finales ensamblados.

El problema de especial mención respecto a la maquinaria es la inutilización de uno de los tres soportes de rack de los que se dispone. En un principio se planteó un aumento de la demanda con el tiempo, pero este aumento aún no se ha logrado, y por tanto la existencia de este es considerada como desperdicio, principalmente de espacio, ya que la inversión hecha por él es difícil de recuperar.

Factor hombre.

Los turnos existentes se adaptan perfectamente al trabajo requerido, por tanto, no es de especial consideración en el estudio. No obstante, se analizará posteriormente en el factor servicio.

Factor movimiento.

Este factor representa una de las principales pérdidas en la actividad. No es exactamente el flujo de los materiales de un puesto de trabajo a otro, sino más bien el de los propios operarios. Bien de un puesto de trabajo a otro, o a alguno de los espacios de almacenaje dentro del área.

En consecuencia, la nueva propuesta trata de acercar estos espacios a los puestos de trabajo, al igual que propone una menor circulación de los operarios.

Factor espera.

Es un factor de poca influencia en el desarrollo en la actividad. Al menos, no en lo que a la distribución corresponde, ya que hay veces que cuando se producen son a causa de errores por parte de la gestión de la producción, y no por una mala distribución de las operaciones en la planta.

Factor servicio.

Este factor se centra en dos características diferentes:

- Las condiciones ambientales del área de trabajo (luminosidad, ruidos, espacio mínimo necesario...).
- Otras condiciones de trabajo, como lo son los sectores que deben trabajar en cada planta (calidad, logística y mantenimiento).

Para este factor se ha tenido presente las sugerencias propuestas por los operarios y el personal de dirección. Entre las sugerencias recogidas y mencionadas anteriormente, se destaca el problema de los olores debido a la cercanía de los servicios. Además, varias demandas por parte de los operarios también han sido valoradas para la propuesta de optimización.

Factor edificio.

Al tratarse de un área específica dentro de la unidad eléctrica, la cual dispone de su propio edificio, es un factor no evaluable en el estudio realizado.

Factor cambio.

El diseño que se desarrolle debe estar abierto a futuros cambios, ya que en nuestra industria no tiene sentido implementar distribuciones que permanezcan eternamente.

Este factor es con diferencia el más complicado a estudiar, ya que los aspectos intangibles lo dificultan y la incertidumbre permite amplias posibilidades.

Pero, al igual que el factor edificio, al tratarse de una sección dentro de un área mayor, estos cambios tienen un mejor margen o están supeditados al resto de áreas dentro de la unidad eléctrica. Por ello, se tendrá presente en la medida de lo posible, sin ser un factor en el que se profundice.

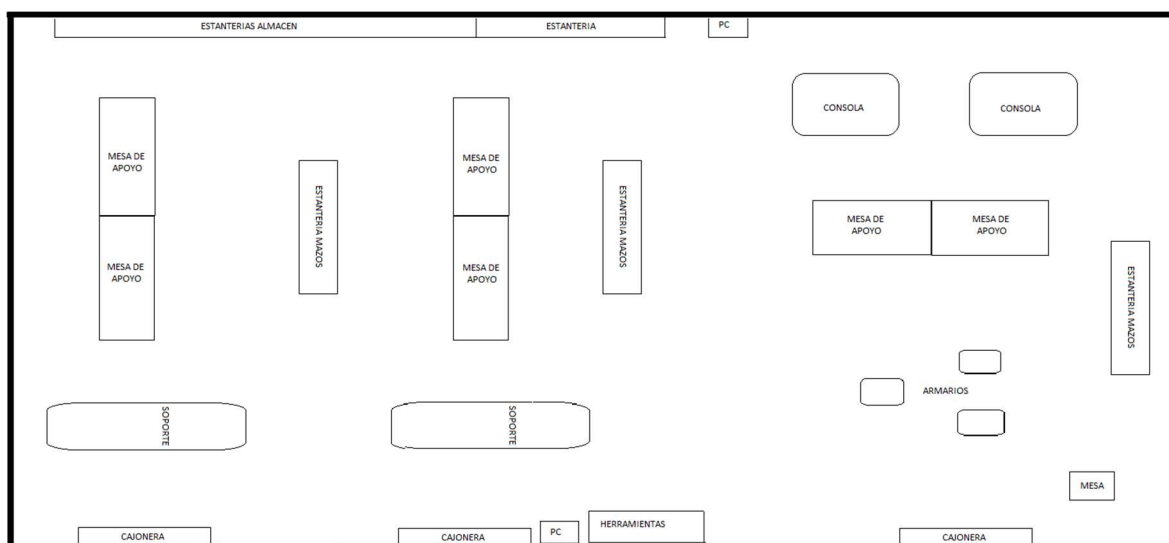
ETAPA 3: Búsqueda de alternativas

Una vez formulado el problema y analizados los ocho factores de Muther, es el momento de la búsqueda de las diferentes alternativas para la nueva distribución. Para ello, vamos a exponer y analizar algunas de las soluciones propuestas durante una lluvia de ideas realizada.

Entre todas las alternativas recogidas en esta lluvia de ideas, después de un estudio previo, descartamos algunas de ellas. Finalmente, hemos considerado una primera propuesta ideal, y conedores de la improbabilidad de su ejecución debido a las restricciones existentes, nos hemos centrado en otras más adaptables a nuestro problema.

PROPUESTA 1

En esta propuesta, se han considerado todos los factores posibles y las recomendaciones por parte tanto de operarios como jefes de producción. La principal causa de inviabilidad de esta distribución es el aumento de la superficie del área de ensamblaje. Tratándose de un área la cual se encuentra en el edificio de la unidad eléctrica, compartiendo la superficie con otras áreas de trabajo. Por tanto, en un principio esta primera idea no es implementable.



PLANO 2. PROPUESTA 1

En este plano se puede observar la primera distribución propuesta.

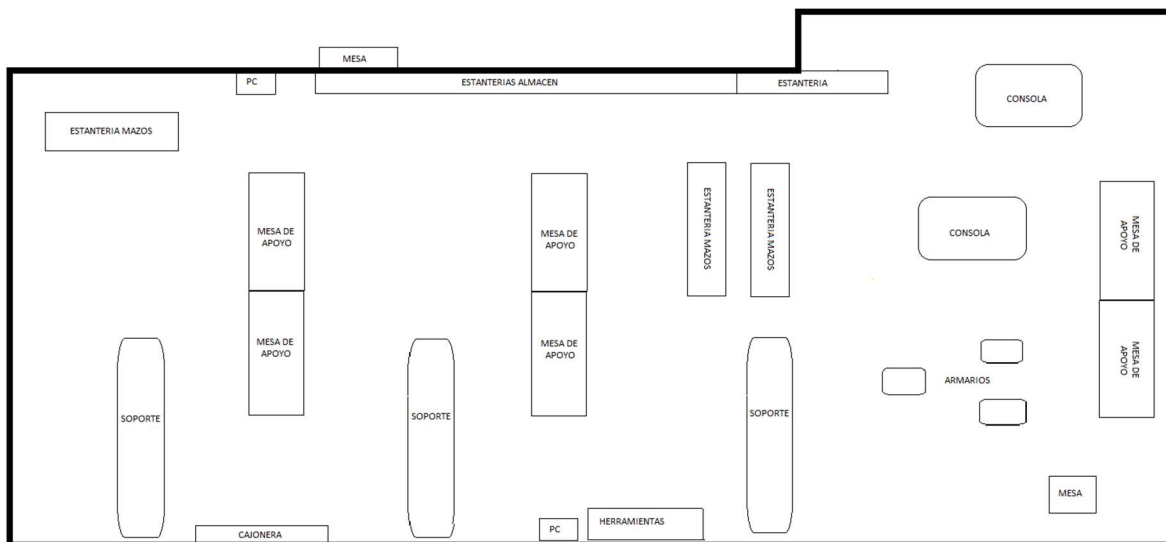
También, se tiene presente la eliminación de una de las estructuras de trabajo de rack, lo cual aumentaría el espacio disponible, pero nos complicaría la producción en caso de un aumento de demanda, al igual que no sería recomendable desprenderse de dicha estructura sin haber sido amortizada.

A todo esto, habría que sumarle la necesidad de inversión económica para la implantación de nuevas cajoneras y la instalación de pantallas que delimiten los puestos de trabajo para proteger de los olores y ruidos exteriores. También la nueva distribución de los ordenadores incurriría en mayores gastos.

Con esta distribución, el espacio de trabajo para los operarios sería más amplio, el movimiento de operarios entre puestos se vería reducido y el transporte tanto de materiales como de maquinaria sería más dinámico. Uno de los principales inconvenientes expuestos por lo operarios, los olores emitidos por los servicios, se vería en gran parte resuelto con la instalación de pantallas delimitantes.

PROPUESTA 2

Otra alternativa para la mejora de la distribución de la planta objeto de estudio sería la que a continuación se expone:



PLANO 3. PROPUESTA 2

El objetivo principal de esta propuesta sería alterar lo mínimo posible la actual distribución, lo cual significaría una reducción en los gastos a la hora de la implantación de la idea.

En esta propuesta, se consigue evitar la expansión del área de ensamblaje, al igual que permanecería inalterada la estructura de rack inutilizada, para la posible utilización futura. Tampoco se requiere inversión en la instalación de pantallas delimitantes y cajoneras. Por tanto, en esta propuesta, los gastos serían inferiores, pero la mejora claramente no sería tan satisfactoria como en otras alternativas.

Según se aprecia en el plano, la principal idea de esta propuesta es una simple redistribución de las estanterías de los mazos, para que se encuentren más cercanas a los puestos de trabajo y así disminuir los movimientos de los operarios. Esta alternativa, permite también delimitar físicamente los puestos de trabajo, para así obtener una mayor especificación en las operaciones.

Las mesas de apoyo se dispondrían de forma que favorecieran el transporte de los productos ensamblados, manteniendo la cercanía a los puestos de trabajo. Los ordenadores, estanterías y cajoneras, al igual que los soportes de rack, se verían inalterados.

En este caso, la resolución del problema de los olores no estaría considerada.

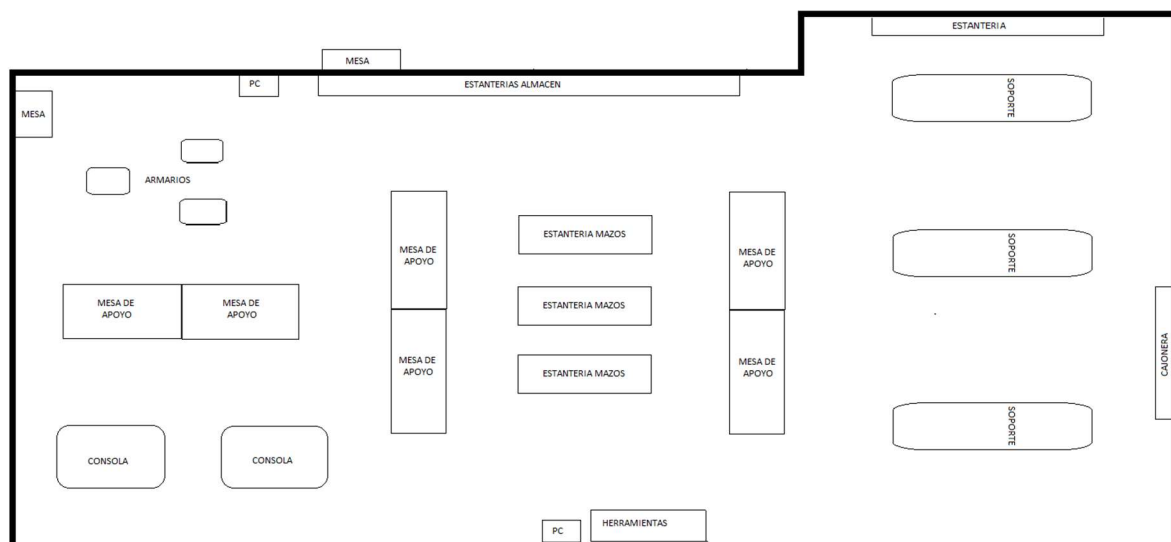
PROPUESTA 3

La idea principal de esta opción es mantener utilizables los tres soportes de rack para así prevenir un posible aumento de la demanda futura.

También en esta alternativa se evita la expansión de la planta disponible para la distribución de la maquinaria y herramientas del área de ensamblaje. Con este planteamiento se pretende acercar los puestos de trabajo a los útiles de trabajo, es por ello por lo que las estanterías de los mazos ocuparían la posición central de la planta.

Por otro lado, en este caso, y siguiendo la línea de aproximación de los puestos, la delimitación entre ellos se fijaría con las mesas de apoyo. Las tareas comunes existentes por ejemplo entre las consolas y los armarios se podrían llevar a cabo evitando movimientos a diferentes zonas de la planta. En el caso de los racks, el acercamiento de una de las estanterías permitiría también una reducción de los movimientos.

La implantación de esta distribución originaría el siguiente plano:



PLANO 4. PROPUESTA 3

El problema de los olores de los servicios se vería parcialmente reducido, al ser el soporte de rack inutilizado más cercano a ellos. El transporte de los productos ensamblados requeriría un menor número de desplazamientos de los útiles de la planta, ya que estos productos se encuentran en mejores disposiciones.

Las alternativas propuestas han sido obtenidas tras un brainstorming, y filtradas previamente tras un estudio llevado a cabo en base a todos los criterios desarrollados anteriormente. Una vez analizadas minuciosamente estas tres posibilidades, es el momento de la búsqueda de la mejor opción. Para ello, se tendrán presente cada una de las alternativas y se relacionarán las ventajas e inconvenientes de cada una para alcanzar una propuesta final que consideremos eficiente y congruente.

ETAPA 4: Selección de la solución.

Llegados a este punto, el objetivo es claro, estudiar y analizar las tres propuestas destacadas y de ellas; tal vez, añadiendo algún matiz, obtener una solución final que se adapte lo mejor posible a nuestra situación.

Para ello, se van a recapitular todas las alternativas analizando todos los factores favorecedores, así como los principales problemas de cada una de ellas. Una vez identificados, se procurará tomar la alternativa que englobe el mayor número de mejoras en nuestra solución.

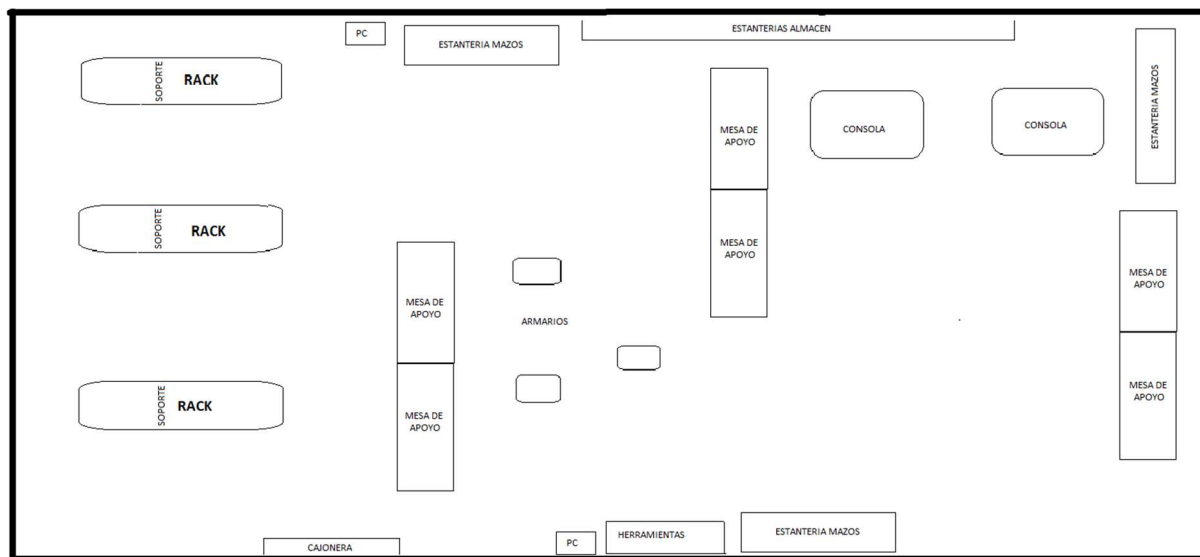
Uno de los principales despilfarros era el producido por los movimientos innecesarios tanto del material como de los operarios. Para ellos, en las diferentes propuestas implantábamos una distribución en la que los puestos de trabajo se encontrasen en puntos más cercanos entre ellos, al igual que tratábamos de aproximar los materiales a estos puestos.

Respecto al movimiento, otro de los problemas identificados eran las alteraciones que había que realizar continuamente en la distribución de la planta para permitir el movimiento de los equipos ensamblados. Por tanto, nuestra idea es acercar estos equipos a posiciones más externas de la planta, para así facilitar su transporte una vez finalizados.

En cuanto al tema del espacio, se explicó que la planta de nuestra área de trabajo forma parte de la nave de la unidad eléctrica, por lo que una ampliación del espacio disponible repercute en otras áreas en las que no se dispone de autoridad suficiente para su posible modificación. En consecuencia, es un tema que se tuvo que analizar y consultar con los responsables del área y se llegó a la conclusión de que la única posibilidad era una pequeña expansión en la zona diagonalmente opuesta a donde se encuentran los servicios.

En consideración a los servicios, los olores emitidos se han tratado de reducir mediante acciones no relativas a este estudio. Aun así, en esta propuesta se trata de liberar el espacio más cercano a estos para actividades que no requieran intervenciones muy extensas.

En estas líneas, se ha recapitulado los principales problemas que se trataban de solucionar con una nueva redistribución. Considerando todos ellos en la medida de lo posible y teniendo en cuenta las propuestas anteriores, se ha propuesto la siguiente alternativa como mejor solución:



PLANO 5. SOLUCIÓN PROPUESTA

Esta propuesta es una solución híbrida de las ideas recogidas durante la etapa anterior.

Examinando el plano desde izquierda a derecha, se van a analizar los cambios propuestos e implantados.

Los soportes para rack, como se mencionó, no debían eliminarse ya que no estaban amortizados e incrementarían las pérdidas de la empresa. No obstante, en nuestra propuesta se plantea una nueva disposición de estos. Con esta nueva disposición, la cercanía de los puestos aumentaría, además de encontrarse en posiciones más manejables a la hora del transporte. En la alternativa planteada, permanecerían los tres soportes, dejando uno de ellos en desuso, pero disponible para un aumento de la demanda futura. Se propone que el soporte inutilizado sea el que se encuentra en la posición más remota, considerando así la cercanía al resto de la planta de los que sí se encontrarían en uso.

En esta esquina es donde se propone la expansión de la planta. Con esta expansión la nueva disposición de los soportes para rack sería viable, manteniendo unas distancias considerables entre ellos para que los operarios puedan desarrollar su trabajo.

Observando el plano, la posición del ordenador no se modificaría, ya que después de el estudio se concluyó que los cambios necesarios en los puntos de toma de contacto aumentarían considerablemente los gastos del proyecto. En esta posición, la cercanía a los puestos de trabajo es notable.

Al igual que se han aproximado los soportes al ordenador, para tener un acceso más factible, se propone también la nueva localización de una de las estanterías en las que se colocan los mazos a utilizar para el ensamblaje de los racks.

La cajonera en la que se encuentran las piezas específicas para cada rack continúa en la misma posición. Respecto a las mesas de apoyo, se propone un pequeño desplazamiento para ganar amplitud en la zona de paso creada para los armarios, y a su vez delimitar la separación con los puestos de trabajo de los armarios.

Estos puestos de trabajo, trasladados desde su remota posición inicial, se encontrarían ahora en una posición óptima. Dispondrían de un ordenador cercano para realizar cualquier consulta; y junto a este ordenador, al encontrarse en una posición central en la planta, el armario con las herramientas utilizadas para todas las operaciones de ensamblaje.

Junto a este armario de herramientas se plantea reubicar otra de las estanterías de mazos necesarios para la implementación de los armarios.

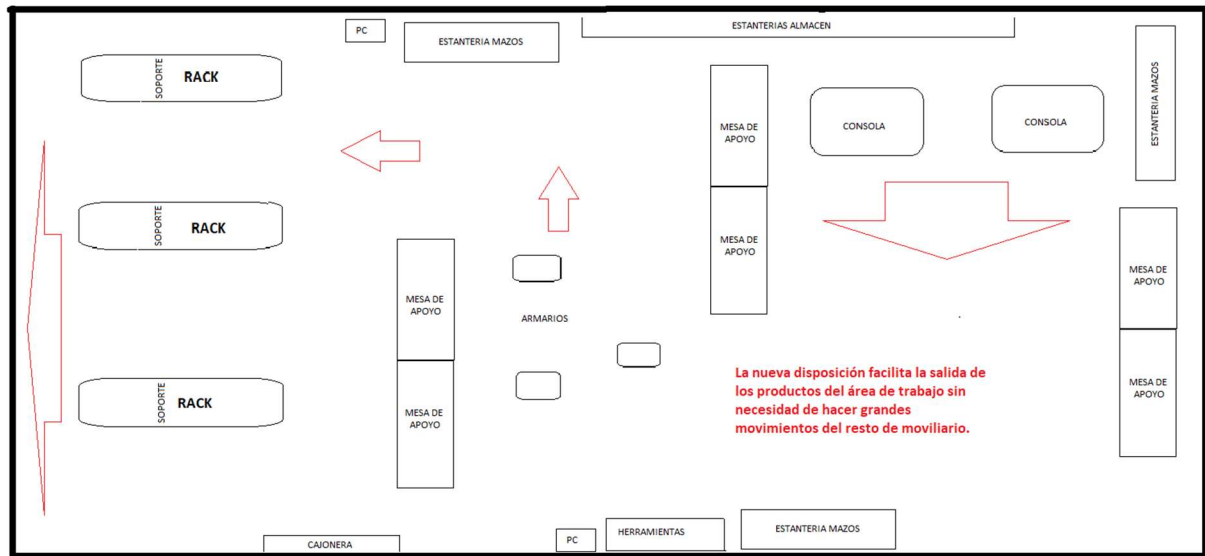
Respecto al transporte, debido a su posición central, la dificultad sería mayor. Pero para ello, se considera el espacio adquirido con la expansión de la planta como suficiente para que puedan transportarse en esta dirección.

Por último, con el movimiento de los armarios los puestos de trabajo para las consolas también se verían favorecidos. Ganarían en espacio disponible para los operarios. Otro aspecto que mejoraría es la exclusividad de una mesa de apoyo para sus actividades, al igual que la cercanía de la estantería de los mazos a los puestos de trabajo.

En orden al transporte, el espacio liberado por las estanterías para mazos posibilitaría el manejo de estas a la hora de los movimientos correspondientes para el transporte.

También se ha considerado el problema de los olores de los servicios. Aunque, como se expuso, algunas acciones han sido llevadas a cabo por parte del servicio de mantenimiento y limpieza (*Eulen*), se ha estimado conveniente liberar el espacio más cercano a estos para que las actividades desarrolladas en esta zona no sean muy prolongadas en el tiempo.

En el plano siguiente se aprecia claramente la alternativa propuesta para el transporte de los productos terminados.



PLANO 6. MOVIMIENTOS TRANSPORTE

La nueva distribución permite minimizar los despilfarros identificados en apartados anteriores. Valorada y presentada la propuesta, se plantea como la solución óptima para el alcance del objetivo planteado. En la etapa siguiente se realizará estudio pormenorizado de los detalles de la mesa, que solventarán otras demandas recogidas en este estudio.

ETAPA 5: Especificación de la solución.

Decidida la alternativa óptima a la solución del problema, en esta etapa se va recoge el resto de medidas a implementar complementarias al layout planteado. Aún sin considerarse directamente parte del problema de redistribución, pero se ha estimado oportuno presentarlas en este trabajo para garantizar su implementación conjunta.

Estas medidas son:

- Señalización de pasillos por los que se realizará el transporte.
- Pegatinas identificativas en cada compartimento de la cajonera.
- Clasificación del material presente en las estanterías de almacén.
- Limpieza y devolución del material no necesario existente en las estanterías.
- Bandejas de apoyo en las gradas
- Soportes en la parte inferior de las mesas de apoyo.
- Gavetas para la clasificación del material utilizado para cada operación.
- Cursos de formación a los operarios.

Estas sugerencias, aún sin ser costosas, se consideran necesarias para la optimización del nuevo layout, por lo que se propone se realicen simultáneamente. Probablemente en otro momento estos no serían considerados. Con estas medidas se pretende agilizar el funcionamiento del área de trabajo y cubrir en la medida de lo posible las diferentes propuestas por parte de los operarios recogidas.

5 VIABILIDAD ECONÓMICA

“Compra solamente lo necesario, no lo conveniente. Lo innecesario, aunque cueste un solo céntimo, es caro”

-Séneca-

Conocida la situación en la que se encuentra la planta en la actualidad y su distribución, en este apartado nos centraremos en la viabilidad económica de la propuesta propuesta en el capítulo anterior. La finalidad del estudio es analizar los requisitos económicos necesarios para el desarrollo de nuestro proyecto. El objetivo es el de facilitar la valoración de rentabilidad del nuevo proyecto.

Para ello, es preciso estudiar las inversiones económicas necesarias, estimar tanto los costos como los gastos totales que supondrá la puesta en marcha del proyecto, así como, valorar los posibles ingresos para poder realizar un cálculo aproximado de los beneficios que este nos pueda generar una vez implementado.

Conocidos estos factores, se dispondría de un estudio económico apropiado para el proyecto. Éste facilitará la valoración de la viabilidad del proyecto por parte de los encargados de su aprobación.

Por lo tanto, en esta sección se va a profundizar en la presentación y caracterización de estos factores en relación con la propuesta planteada:

Inversiones

En todo proyecto existen tres tipos de inversiones, cuya suma proporcionará el total de inversiones necesario para poner en marcha el proyecto.

Inversiones en activos fijos.

Son aquellas destinadas a recursos tanto los tangibles, como puede ser la maquinaria necesaria, como los intangibles, como son los estudios, las relaciones con los proveedores o los posibles permisos.

Inversiones en capital de trabajo o activos circulantes.

Se trata de determinar los recursos necesarios para poner en funcionamiento el proyecto. Para calcular este capital de trabajo, es preciso restar a los activos corrientes que ya posee la empresa para poner en marcha el proyecto (capital disponible en efectivo, materias primas, repuestos, etc.), las deudas por pagar a los proveedores.

Otro factor importante a tener en cuenta es identificar las fuentes de financiación del proyecto y en qué medida lo van a financiar.

Gastos previos preoperatorios.

Aquellos destinados a la realización de estudios, captación de capital, y la realización de diseños y planos. Todos ellos previos a la puesta en marcha del proyecto. También es conveniente llevar un control de las inversiones realizadas durante el proyecto, siendo recomendable la recogida de estas en un calendario.

Gastos Totales

Son los gastos totales que va a suponer el proyecto. Para obtener este resultado es preciso analizar tres gastos clasificados así:

1. Los gastos de administración y ventas, donde se engloban los gastos derivados de la remuneración del personal, depreciaciones, etc.
2. Los gastos financieros. Aquellos gastos correspondientes a los intereses de las obligaciones financieras.
3. Los gastos de fabricación y comercialización. Serían aquellos gastos derivados de facturas de luz, combustibles, impuestos, repuestos, etc.

Costos

Se trata de los costos de producción, dentro de los que se encuentran las materias primas, materiales y recursos necesarios para crear el producto o dar el servicio. Estos costos se pueden clasificar en función de su valor, como variables o fijos.

Ingresos

Por otro lado, en el estudio económico, además de los gastos, hay que realizar una valoración del dinero que se estima se puede recaudar gracias a la venta del producto o servicio realizado y de otros tipos de ingresos que puedan beneficiar la rentabilidad del proyecto.

Teniendo en cuenta lo mencionado en las líneas anteriores, se procede a la realización del estudio económico específico de nuestra propuesta. Para ello, se va a introducir una tabla en la que se recogen los diferentes valores monetarios de las acciones que hay que llevar a cabo.

En esta tabla, se recogen las operaciones propias de las principales novedades (instalaciones rack, armarios, consolas y estanterías), además de las necesarias para alcanzar la nueva normalidad propuesta (nuevas vías de entradas y salida, pintura guía de las nuevas localizaciones, configuración del sistema informático, limpieza de la planta y seminarios de formación para los operarios):

	DESINSTALACIÓN	TRANSPORTE	REUBICACIÓN/IMPLEMENTACIÓN
RACK	360€	460€	640€
ARMARIOS	-----		80€
CONSOLAS	-----		80€
ESTANTERÍAS ALMACÉN	460€		160€
ESTANTERÍAS MAZOS	-----		-----
PINTURA GUÍA EN EL SUELO	-----	-----	700€
CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA INFORMÁTICO.	-----	-----	400€

CURSOS FORMACIÓN OPERARIOS	-----	-----	800€
LIMPIEZA Y PUESTA EN MARCHA	-----	-----	1400€

FIGURA 4. TABLA COSTE OPERACIONES

Estos precios se han obtenido con datos de la empresa a subcontratar para llevar a cabo el proyecto. Sabiendo el sueldo de los trabajadores de dicha empresa, el precio de la maquinaria necesaria y el tiempo que se tardará en implementar la nueva distribución, los gastos fijos de esta empresa son los anteriores. A este total, hay que añadirle un 40% de beneficio que la empresa impone como beneficios propios, por tanto, a nuestra función de costes habría que añadir un factor de 1.4.

Recogidos todos estos datos, se presenta la función de la curva de costos que supondrá la implementación de esta nueva distribución. Para esta función se tiene en cuenta también que el periodo en el que se realizarían todas estas operaciones es de cinco días.

La función de costes totales, CT, sería pues:

$$CT = 1.4 * (360 + 460 + 460 + 640 + 80 + 80 + 160 + 700 + 400 + 800 + 1400) = 7756€$$

En estos cinco días, además de los costos, se producirán pérdidas por diferentes motivos. Pérdidas por los encargos que se han perdido, por ello es importante realizar las operaciones necesarias en tiempos de pocos encargos; los encargos retrasados, esto también supondrá pérdidas para la empresa, ya que el atraso de algunos pedidos incurrirá en penalizaciones económicas; también hay que considerar el material utilizado durante este tiempo, ya que estas actividades son llevadas a cabo por nuevos operarios ajenos a la planta, y por tanto las pérdidas, retrasos o excesos de material son inevitables. Mencionar también los posibles desperdicios que se acumularán durante este periodo.

- Pérdida de encargo: Los encargos que puedan perderse son los que pueden realizarse en un periodo de tiempo pequeño. Ep será el dinero perdido a causa de la realización de estos encargos.
- Retrasos en pedidos: Normalmente hay una penalización del 10% del montante habitual debido a retrasos en los plazos de entrega de los productos.
- Desperdicios: Se mide en tiempo, el necesario para la recogida de estos, e influyen en los retardos de la producción. Se ha estimado una aproximación al 5% de retardo en el tiempo de producción.

Por tanto, en un periodo de dos meses, sesenta días, en los cuales se consideren los cinco días de reestructuración, además de un encargo menor y otro encargo de mayor envergadura, tendremos que:

$$PERDIDAS = CT + Ep + 0.1 \left(\frac{d}{D} \right) BPG + 0.05 \left(\frac{d}{D} \right)$$

Ep es el dinero perdido por la no realización de algunos pedidos, como pueden ser los DRCM, pequeños pedidos que esporádicamente son requeridos en nuestra área. Estas pérdidas se estiman que son aproximadamente de 750€.

Siendo BPG el beneficio obtenido por la entrega de los productos dentro del plazo acordado, realmente no se puede obtener una cifra exacta de esta cantidad, ya que, nuestra demanda proviene de otros niveles de la cadena de producción del producto final. Con esto, se realiza un seguimiento de nuestro producto, y con ayuda del resto de niveles de la cadena, se llega a la estimación de que el valor del beneficio de nuestros productos es de 10000€. Para el cálculo de este beneficio se han considerado todos los productos ensamblados en nuestra área como un único producto final compuesto por un Rack, tres Armarios y dos Consolas.

Por tanto, las pérdidas totales serán de:

$$PERDIDAS = 7756 + 750 + 0.1 \left(\frac{5}{60} \right) 10000 + 0.05 \left(\frac{5}{60} \right) = 8589.4\text{€}$$

Sabiendo los gastos necesarios para poder llevar a cabo nuestra implementación, nos centramos ahora en los ingresos que esta nueva distribución nos proporcionará.

Se realiza un estudio de la posible mejora en los tiempos de producción una vez implementada la nueva distribución, y se llega a la conclusión de que el tiempo de producción de los productos terminados será aproximadamente un 90% del empleado anteriormente. Para alcanzar esta estimación nos hemos basado en estudios propios de la empresa, además de resultados obtenidos en proyectos anteriores.

Se alcanza una reducción de 100 horas cada dos meses. Las horas mensuales de trabajo en nuestra área son 896. Por tanto, el tiempo se verá reducido un 11.2%, que para facilitar nuestro estudio se aproxima al 10%.

Si el tiempo de producción se ha visto reducido un 10%, en consecuencia, la producción se ampliará un 10%. Es decir, la capacidad de producción sería el 110% de la que existe actualmente. Por tanto, la curva de los ingresos generados con esta nueva distribución sería la siguiente:

$$BENEFICIOS = 1.1 * 0.9 \left(\frac{60 - 5}{60} \right) BPG = 9075\text{€}$$

Realizado el estudio, se ve como los futuros beneficios serán mayores que las pérdidas totales producidas por la implementación de la nueva distribución. Por tanto, y considerando que la inversión necesaria no es excesiva para la empresa, se valora positivamente la viabilidad económica del proyecto.

6 CONCLUSIONES

En este trabajo se plantea el hecho de remodelar una planta de ensamblaje de racks, consolas y armarios para la empresa AIRBUS.

El motivo de esta remodelación se basa en los siguientes aspectos:

1. El canal de comunicación para acceder a los distintos puestos de trabajo no está bien distribuido. Se producen atascos y retrasos.
2. Las entradas y salidas de productos tienen canales comunes que entorpecen y retrasan las labores que se realizan
3. Los puestos de control son escasos y muy centralizados ocasionando esperas y saturación de los nodos
4. Los armarios de material no están distribuidos eficientemente con lo cual se producen desperdicios de material, escasez de materias primas y conflictos entre los departamentos
5. Los lugares de trabajo no están suficientemente acondicionados para una efectiva realización de estos.

Por estos motivos se presenta esta remodelación en la cual se estima el perjuicio económico por el parón debido a la remodelación y se justifica ya que a corto plazo esta pérdida de dinero se compensa y a partir de ahí se aumentan la efectividad y los ingresos.

Además de la viabilidad económica, el bienestar y la calidad de los puestos de trabajo de los operarios aumenta con esta nueva distribución. Esto es un factor determinante, más aún en un área donde el trabajo es totalmente manual, y por tanto la capacidad de los operarios repercute directamente.

Finalmente, conscientes de que económicamente, en un periodo de dos meses la inversión necesaria se ha compensado, y que la nueva distribución repercute positivamente en el rendimiento del área de ensamblaje; se concluye y se defiende una revisión y mejora continua de la cadena de producción.

BIBLIOGRAFÍA

Antonio Segura, «Layout aplicación a un despacho de administración de fincas». *Trabajo Fin de Máster*.

Beatriz Prieto, «Propuesta de implantación de un sistema de control para optimización de métodos y tiempos en una planta de fabricación industrial». *Trabajo Fin de Grado*. 2018

Elba Giannasi, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, «Desperdicios en la producción»

Luis Moles, «Diseño de la distribución en planta de las instalaciones de fabricación y montaje de un vehículo monoplaza de competición». *Trabajo Fin de Grado*

Universidad de Sevilla, «Metodología de diseño de Layout»

Referencias electrónicas

airbus.com/careers/our-locations/europe/sevilla/sevilla-es.html

airbus.com/defence.html

es.kuehne-nagel.com/es_es/logistica-y-almacenaje/

obsbusiness.school/es/blog-project-management/etapas-de-un-proyecto/elementos-claves-en-el-estudio-economico-de-un-proyecto

portalfrases.com/frases-celebres-de-economia-finanzas

www.progressalean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/

www.ingenieriarural.com, «Tema5. Distribución en planta»

GLOSARIO

Airbus Defence and Space

Filiar del grupo Airbus, es a través de su línea de negocio Military Aircraft líder mundial en el mercado de aviones de transporte militar, aviones cisterna, aviones de combate y aviones de reconocimiento. 19

Eulen

El Grupo Eulen, empresa familiar con capital 100% español, es un referente a nivel global y líder nacional en la prestación de servicios de limpieza, mantenimiento y auxiliares a empresas, instituciones y administraciones públicas. 45

Kuehne+Nagel

Kuehne+Nagel es un operador logístico muy dinámico, que ofrece a sus clientes actividades con cobertura mundial en el transporte marítimo, aéreo y terrestre. En el mercado español, actualmente, cuenta con un equipo de más de 2200 empleados en 27 centros. 30

Lean Manufacturing

Método de organización del trabajo que se centra en la continua mejora y optimización del sistema de producción mediante la eliminación de desperdicios y actividades que no suman ningún tipo de valor al proceso. 25

Tablada

El barrio de Tablada se encuentra en la zona sur de Sevilla, dentro del distrito de los Remedios. Su principal actividad es la industria, donde destacan la fábrica de CASA (Construcciones Aeronáuticas, SA), el puerto de Sevilla y un pequeño parque industrial. 19

