



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Proyecto de mejora en el proceso productivo de una
empresa del sector del metal de 650 trabajadores mediante
la aplicación de técnicas de Lean Manufacturing

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

AUTOR/A: Vidal Bataller, Natalia

Tutor/a: Andrés Romano, Carlos

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024





AGRADECIMIENTOS

Me gustaría dar las gracias a todas aquellas personas que han estado en los buenos y malos momentos, aquellas personas que me han ayudado a seguir adelante.

En especial, me gustaría dar las gracias a mis padres que han estado siendo mi apoyo desde que puedo recordar.

Muchas gracias, sin vosotros no hubiera sido posible.



RESUMEN

El Lean Manufacturing es una filosofía basada en la eliminación de desperdicios durante la producción, permitiendo así disminuir los tiempos de fabricación, mejorar la calidad y reducir los costes, aumentando el beneficio. Su objetivo es producir más con menos, dejando de lado las jerarquías y repartiendo responsabilidades entre los distintos trabajadores.

En este proyecto se utilizan las herramientas que el Lean Manufacturing ofrece para mejorar el proceso productivo y a su vez realizar la industrialización de una parte del inversor solar.

Este proyecto consta de un estudio de tiempos y métodos, así como balances de línea. Para ahorrar tiempos innecesarios y optimizar al máximo el tiempo activo del operario, se lleva a cabo un análisis de la metodología, detectando posibles agrupaciones de componentes que fuesen susceptibles de subcontratar su premontaje. Conjuntamente se hacen estudios de puestos, herramientas y útiles de fabricación, así como su validación mediante varias muestras antes de la implantación de este para su producción en serie.

Palabras clave: Industrialización, Lean Manufacturing, Inversor, Energía fotovoltaica.



RESUM

El Lean Manufacturing és una filosofia basada en l'eliminació de deixalles durant la producció, permetent així disminuir els temps de la fabricació, millorar la qualitat i reduir els costos augmentant el benefici. El seu objectiu és produir més amb menys, deixant al costat les jerarquies i repartint responsabilitats entre els diferents treballadors.

En aquest projecte s'utilitzaran les eines que el Lean Manufacturing ens ofereix per realitzar la industrialització d'una part de l'inversor solar.

Aquest projecte consta d'un estudi de temps i mètodes, així com balanços de línia. Per estalviar temps innecessaris i optimitzar al màxim el temps actiu de l'operari es porta a terme un anàlisi de la metodologia, detençant possibles agrupacions de components que foren subseptibles de subcontractar el seu pre-montatge. Conjuntament es fan estudis de llocs, eines i estris de fabricació, així com la seva validació mitjançant diverses mostres abans de la implantació d'aquest per a la seva producció en sèrie.

Paraules clau: Industrialització, Lean Manufacturing, Inversor, Energia fotovoltaica.



ABSTRACT

Lean Manufacturing is a philosophy based on the elimination of waste during production, thus reducing manufacturing times, improving quality, and reducing costs, increasing profits. Its objective is to produce more with less, leaving aside the hierarchies and distributing responsibilities among the different workers.

In this project we will use the tools that Lean Manufacturing offers us to carry out the industrialization of a part of the solar inverter.

This project consists of a study of times and methods, as well as online balances. To save unnecessary time and optimize the operator's active time to the maximum, an analysis of the methodology is carried out, detecting possible groupings of components that could be subcontracted for pre-assembly. At the same time, studies of jobs, tools and manufacturing tools are made, as well as their validation through several samples before the implementation of this for their serial production.

Keywords: Industrialization, Lean Manufacturing, Inverter, Photovoltaic power



ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL DEL TFM

- MEMORIA
- PRESUPUESTO
- PLANOS
- ANEJOS



ÍNDICE DE LA MEMORIA

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Objeto del trabajo	15
1.2 Motivación	15
1.3 Objetivos del trabajo	15
1.4 Estructura del TFM	16
CAPÍTULO II. CASO DE ESTUDIO.....	17
2.1 Introducción.....	17
2.2 Descripción de la empresa.....	17
2.2.1 Historia de la empresa	17
2.2.2 Mercado de las Energías Renovables.....	18
2.2.3 Misión y visión de la empresa.....	19
2.2.4 Organigrama	19
2.2.5 Instalaciones de la empresa.....	22
2.2.6 Productos.....	23
2.2.6.1 Normativa Eléctrica	24
2.3 Descripción de la planta de Liria	24
2.3.1 Zona preparación producto terminado	26
2.3.2 Zona de producción	27
2.3.2.1 ELMOT	28
2.3.2.2 Montajes	28
2.3.2.3 Testeo.....	29
2.4 Gestión de la producción	29
2.4.1 Proceso de fabricación.....	29
2.4.2 Proceso de pedido y expedición	30
2.5 Conclusión.....	30
CAPÍTULO III. Marco teórico	32
3.1 Lean Manufacturing	32
3.2 Herramientas Lean	32
3.2.1 Las 5's o los 5 pilares.....	33
3.2.2 Poka-Yoke	33
3.2.3 Control visual	34
3.2.4 Mantenimiento productivo total	34
3.2.5 Producción nivelada.....	35
3.3 Mejora Continua o Kaizen	36
3.3.1 Ciclo de Deming: PDCA	36



3.3.2	Estandarización	37
3.3.3	Medición del Trabajo	39
3.3.3.1	Estudio de Métodos	39
3.3.3.2	Estudio de Tiempos	41
3.3.4	Curva de aprendizaje	46
CAPÍTULO IV. Estudio de la situación inicial		48
4.1	Introducción	48
4.2	Descripción del proceso productivo en el área en estudio.....	48
4.3	Distribución en planta al comienzo del estudio.....	49
4.4	Diagrama de flujo	49
4.5	Estudios de métodos	50
4.6	Estudio de los tiempos.....	53
4.7	Incidencias encontradas	56
4.7.1	Incidencia 1: Herramientas en mal estado	56
4.7.2	Incidencia 2: Indefinición del procedimiento de No Conformidades	56
4.7.3	Incidencia 3: Indefinición del área de trabajo.....	57
4.7.4	Incidencia 4: Falta de materiales	57
4.7.5	Incidencia 5: Procesos sin valor añadido	58
4.7.5.1	Embutido de tornillería	58
4.7.5.2	Remachado de estructura	58
4.7.5.3	Corte de canaleta	59
4.7.6	Incidencia 6: Indefinición de los embalajes de materia prima.....	59
4.7.7	Incidencia 7: Invasión de elementos de aprovisionamiento en pasillo de evacuación.....	60
4.8	Priorización de las oportunidades de mejora	60
CAPÍTULO V. Estudio de las oportunidades de mejora encontradas		62
5.1	Introducción	62
5.1.1	Datos de partida para el dimensionamiento	62
5.2	Incidencia 1: Eliminación de obstáculos en el pasillo de evacuación.....	62
5.3	Incidencia 2: Unificación de embalajes proveedor.	63
5.3.1	Opciones presentadas para su análisis:	63
5.3.1.1	Cajas de plástico	63
5.3.1.2	Cajas de cartón	64
5.3.1.3	Cajas de madera	64
5.3.1.4	Palets.....	64



5.3.1.5	Box de plástico	65
5.3.2	Análisis de las opciones	65
5.4	Incidencia 3: Disposición de material en planta	66
5.4.1	Opciones para la distribución en el área de las piezas de menor tamaño.....	66
5.4.1.1	Estanterías rígidas	66
5.4.1.2	Estanterías dinámicas.....	67
5.4.2	Análisis de las opciones	67
5.4.3	Funcionamiento estantería dinámica	67
5.4.4	Opciones para la distribución en el área de las piezas de mayor tamaño.....	69
5.5	Incidencia 5: eliminación de procesos sin valor añadido	70
5.5.1	Remachado de la estructura.....	70
5.5.1.1	Realizar estructura en una sola pieza.....	70
5.5.1.2	Subcontratar el montaje de la estructura	70
5.5.1.3	Análisis de las soluciones.....	70
5.5.2	Embutido de tornillería.....	71
5.5.3	Cortar canaleta	72
5.6	Definición del área de DU	74
5.6.1	Área de premontaje.....	74
5.6.1.1	Mesas individuales de trabajo.....	74
5.6.1.2	Banco de trabajo	75
5.6.1.3	Herramientas del puesto de trabajo.....	76
5.6.1.4	Salida de premontajes.....	76
5.6.2	Diseño área premontaje	77
5.6.3	Área de montaje	79
5.6.3.1	Abastecimiento área DU	79
5.6.3.2	Determinación de los puestos necesarios para el montaje final del equipo. 79	
5.6.3.3	Disposición de herramientas en el área productiva	79
5.6.3.4	Herramientas necesarias.....	80
5.7	Curso de calidad	83
5.8	Estandarización de procesos mediante HOE's	85
5.8.1	Estandarización del par de apriete de contactores	85
CAPÍTULO VI. PLAN DE IMPLANTACIÓN		88
6.1	Definición de Objetivos	88



6.1.1	Objetivo General: Mejorar la eficiencia y efectividad del área de fabricación de la unidad DU mediante la implementación de mejoras en el proceso, el diseño del espacio y la gestión del material. 88	
6.1.2	Objetivos Específicos:	88
6.2	Definición de tareas.....	88
6.3	Ejecución.....	88
6.4	Validación	89
6.5	Riesgos y Plan de Mitigación.....	89
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES.....		93
CAPÍTULO VIII. PRESUPUESTO.....		96
8.1	Consideraciones previas.	96
8.2	Capítulos del presupuesto	97
8.3	Resumen del presupuesto.	104
CAPÍTULO IX. BIBLIOGRAFÍA.....		105
CAPÍTULO X. PLANOS		107
ANEJO I. FORMATO.....		113
ANEJO II. FORMATO AUTOCONTROL.....		114

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA. FUENTE: (SMARTGRIDSINFO, 2017)	18
FIGURA 2: INCREMENTO DE LA POTENCIA INSTALADA A NIVEL MUNDIAL. FUENTE:(TRENDS IN PV APPLICATIONS 2023, S. F.)	18
FIGURA 3: ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	21
FIGURA 4: PRODUCTOS REALIZADOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	23
FIGURA 5: DIVISIÓN PRODUCTOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	24
FIGURA 6: LAYOUT INICIAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	25
FIGURA 7: ZONA DEL ALMACÉN DE MATERIA PRIMA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	26
FIGURA 8: ZONA DEL ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	27
FIGURA 9: ZONA DE PRODUCCIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	28
FIGURA 10: PROCESO DE PEDIDO Y EXPEDICIÓN. FUENTE: (SALVO MARÍ, S. F.)	30
FIGURA 11: LOS CINCO PILARES. FUENTE: (TEAM, 1996)	33
FIGURA 12: EJEMPLO DE POKA-YOKE.(POKA-YOKE PRODUCCIÓN A PRUEBA DE ERRORES / SISTER-SOFT., S. F.)	34
FIGURA 13: EJEMPLO DE CONTROL VISUAL EMPLEADO EN EL MONTAJE DE BANDEJAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	34
FIGURA 14: PLAN DE MANTENIMIENTO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	35
FIGURA 15: CICLO PDCA O RUEDA DE DEMING. FUENTE: (GUÍA AUTOEMPLEO CEAT, S. F.)	37
FIGURA 16: DIAGRAMA DE GANTT EMPLEADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	37
FIGURA 17: IMPACTO ESTANDARIZACIÓN CON EL TIEMPO. FUENTE: (GARCÍA-SABATER, 2018)	38
FIGURA 18: PLANTILLA DE HOJA DE ESTANDARIZACIÓN (HOE). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	38
FIGURA 19: PLANTILLA DE ONE POINT LESSON. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	39
FIGURA 20: DESCRIPCIÓN PROCESO VSM. FUENTE: (SALVO MARÍ, S. F.).....	42
FIGURA 21: FLUJO DE TAREAS PARA REALIZACIÓN DE VSM. FUENTE: (SALVO MARÍ, S. F.)	42
FIGURA 22: FLUJO DE MATERIAL EN EL PROCESO PRODUCTIVO. FUENTE: (SALVO MARÍ, S. F.)	43
FIGURA 23: SIMBOLOGÍA ASOCIADA AL PROCESO DE INVENTARIO EN EL VSM	45
FIGURA 24: LÍNEA DE TIEMPO DEL VSM. FUENTE: (ROTHER & SHOOK, 2009)	45
FIGURA 25: ESTANCAMIENTO PONDERAL DEL APRENDIZAJE EN FUNCIÓN DEL TIEMPO. FUENTE: (NIETO, 2014).....	47
FIGURA 26: DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE DU. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	49
FIGURA 27: ESTUDIO DE MÉTODOS NEC17. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	51
FIGURA 28: ESTUDIO DE MÉTODOS NEC14. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	52
FIGURA 29: DIAGRAMA ISHIKAWA INDEFINICIÓN DE HERRAMIENTAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	56
FIGURA 30: DIAGRAMA ISHIKAWA PROBLEMAS DE CALIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	57
FIGURA 31: DIAGRAMA ISHIKAWA DEFINICIÓN PUESTO DE TRABAJO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	57



FIGURA 32: DIAGRAMA ISHIKAWA FALTA DE MATERIAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	58
FIGURA 33: DIAGRAMA ISHIKAWA TORNILLERÍA SIN EMBUTIR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	58
FIGURA 34: DIAGRAMA ISHIKAWA REMACHADO ESTRUCTURA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	59
FIGURA 35: DIAGRAMA ISHIKAWA CORTE CANALETA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	59
FIGURA 36: DIAGRAMA ISHIKAWA DE EMBALAJES MAL DEFINIDOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	60
FIGURA 37: DIAGRAMA ISHIKAWA DE ÁREAS DE APROVISIONAMIENTO INDEFINIDAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	60
FIGURA 38: DIAGRAMA PDCA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	61
FIGURA 39: ORDEN DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	62
FIGURA 40: CAJA DE PLÁSTICO MINI. FUENTE: (CAJAS DE PLÁSTICO EURONORMA OSONA INDUSTRIAL PLASTIC, S. F.)	63
FIGURA 41: CAJA DE PLÁSTICO PEQUEÑA. FUENTE: (CAJAS DE PLÁSTICO EURONORMA OSONA INDUSTRIAL PLASTIC, S. F.)	63
FIGURA 42: CAJA DE PLÁSTICO MEDIANA. FUENTE: (CAJAS DE PLÁSTICO EURONORMA OSONA INDUSTRIAL PLASTIC, S. F.)	63
FIGURA 43: CAJA DE PLÁSTICO GRANDE. FUENTE: (CAJAS DE PLÁSTICO EURONORMA OSONA INDUSTRIAL PLASTIC, S. F.)	63
FIGURA 44: CAJA DE CARTÓN SOBRE PALET. FUENTE:(«MADEC, MADERAS Y EMBALAJES CID», S. F.).....	64
FIGURA 45: CAJA DE MADERA. FUENTE: (EMBALATGES CASTON BOX, S. F.)	64
FIGURA 46: EUROPALET. FUENTE:	64
FIGURA 47: BOX DE PLÁSTICO. FUENTE: (CONTENEDORES Y BOX DE PLÁSTICO APILABLES PARA EMBALAJE INDUSTRIAL, S. F.)	65
FIGURA 48: ESTANTERÍA RÍGIDA. FUENTE:(ESTANTERÍA INDUSTRIAL DE CARGA INTERMEDIA ECO - INDUSTRIAS CRUZ CENTRO, S. F.)	66
FIGURA 49: ESTANTERÍA DINÁMICA. FUENTE: (ESTANTERÍA DINÁMICA - GLOBAL LEAN, S. F.).....	67
FIGURA 50: NÚMERO DE CAJAS POR FILA SEGÚN SU TAMAÑO	68
FIGURA 51: FLUJO DEL MATERIAL EN EL APROVISIONAMIENTO.....	68
FIGURA 52: CARRO ALMACENAJE Y TRANSPORTE BANDEJAS. FUENTE: («CARROS PORTA-PIEZAS», S. F.).....	69
FIGURA 53: CARRO PARA EL TRANSPORTE DE LA DU EN PLANTA.	71
FIGURA 54. EJEMPLO DE TORNILLERÍA EMBUTIDA.	72
FIGURA 55: EJEMPLO DE CARRO DE TORNILLERÍA	72
FIGURA 56: CASILLERO CARRO PORTA CANALETAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	73
FIGURA 57: MESA DE PREMONTAJE TRESTON. FUENTE: (WORKSPACES FOR HAPPIER WORKFACES TRESTON, S. F.)	74
FIGURA 58: BANCO DE TRABAJO. FUENTE:(MESA DE TRABAJO PARA TALLER. BANCO DE TRABAJO DE METAL Y TABLERO MDF., S. F.)	75
FIGURA 59: CARRO PORTAHERRAMIENTAS. FUENTE: (STST74305-1 CARRO DE HERRAMIENTAS (VACÍO) 7 CAJONES, S. F.)	80
FIGURA 60: DISTRIBUCIÓN FINAL ÁREA DU. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	82
FIGURA 61: CONTACTOR EMPLEADO EN LA BANDEJA NEC14. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	85



FIGURA 62: MONTAJE BANDEJA NEC14. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	86
FIGURA 63: DIAGRAMA DE GANTT. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	92
FIGURA 64: ESQUEMA DE TRABAJO DEL ÁREA DE ESTUDIO	94



ÍNDICE DE SIGLAS

HOE: HOJA DE OPERACIONES ESTANDAR

LUST: LECCIONES DE UN SOLO TEMA

PDCA: PLAN, DO, ACT, CHECK

AMFE: ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLO



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto del trabajo

La elaboración de este Trabajo Final de Máster, de aquí en adelante TFM, surge durante la realización de prácticas realizadas por la alumna en una empresa dedicada al diseño, fabricación y comercialización de inversores solares.

La empresa se ha embarcado en un proyecto de ampliación de las instalaciones, cambiando de ubicación debido al incremento en la demanda de un producto que oferta, sobre todo a nivel internacional. Esto llevará a la alumna a realizar diferentes propuestas de industrialización del nuevo producto.

1.2 Motivación

La redacción de este TFM se debe a dos grandes motivaciones una personal y otra profesional.

La motivación personal radica en el deseo de querer mostrar parte del trabajo realizado en la empresa donde se realizaron las prácticas. Así como mostrar las diferentes dificultades que se han tenido que abordar y el avance que se ha conseguido.

En cuanto a la motivación profesional, tiene que ver con demostrar todos aquellos conocimientos adquiridos durante los años de estudio en la Universidad Politécnica de Valencia.

1.3 Objetivos del trabajo

La finalidad fundamental de este TFM es mostrar los pasos seguidos para conseguir la industrialización de un producto nuevo, el cual debe convivir al mismo tiempo con un producto ya consolidado; en concreto este trabajo se centrará en la sección de DU (Disconnected Unit). Para conseguir dicho objetivo, por parte de la empresa, se han ido marcando pequeñas metas.

1. Generación de documentación para el montaje del nuevo producto y revisión de la documentación del producto ya existente, con el objetivo de la mejora de la productividad.
2. Determinación de las unidades de embalaje de los subcomponentes del producto nuevo y del ya consolidado.
3. Determinación de la necesidad o no de poka-yokes para facilitar el montaje.
4. Minimizar las paradas de máquina debidas al proceso y la materia prima, siendo el primer paso la toma de tiempos.
5. Mejora del proceso de montaje mediante el diseño de células de trabajo.
6. Optimizar la planificación y secuenciación de las órdenes de fabricación.
7. Reducir los fallos en calidad y las mermas de producto.

Para la consecución de dichas metas se plantearán una serie de metodologías y herramientas basadas en la optimización de la gestión. La filosofía de trabajo a seguir se fundamenta en la utilización de herramientas Lean Manufacturing, entre las que se destacan la metodología de las 5's, el Kanban, las ayudas visuales y los eventos Kaizen. (CAPÍTULO III)



1.4 Estructura del TFM

La estructura del proyecto que nos atañe se encuentra dividida en los diferentes capítulos explicados a continuación:

CAPÍTULO I: En este capítulo se introducen los objetivos del Trabajo Fin de Máster que se está desarrollando, así como las motivaciones y el fondo de este.

CAPÍTULO II: En este capítulo se detalla la información de la empresa en la que se va a desarrollar el proyecto.

CAPÍTULO III: En este capítulo se introducen los conceptos teóricos en los que se ha asentado el proyecto.

CAPÍTULO IV:

CAPÍTULO V: En este capítulo se estudian las tareas que llevar a cabo para la mejora continua del proceso productivo.

CAPÍTULO VI: Se presenta el plan de implantación de las mejoras que se van a implementar.

CAPÍTULO VII: Este capítulo contiene la evaluación y las conclusiones del proyecto.

CAPÍTULO VIII: Se presenta el presupuesto.

CAPÍTULO IX: Bibliografía.

CAPÍTULO X: Se presentan los planos que muestran las distribuciones en planta.

ANEXO 1: Se incluye un formato de documentación empleado.

ANEXO 2: Se incluye un formato de autocontrol empleado.



CAPÍTULO II. CASO DE ESTUDIO

2.1 Introducción

En el presente capítulo se procede a realizar una presentación de la empresa en la que se realiza las prácticas que han llevado a la elaboración del presente TFM.

2.2 Descripción de la empresa

El presente TFM se ha realizado en una compañía manufacturera del sector del metal industrial que se dedica a la fabricación y comercialización de equipos de electrónica de potencia, desde su diseño hasta su puesta en marcha en campo, teniendo también un servicio técnico para sus productos.

Desde la dirección de la empresa se desea invertir en la industrialización de los nuevos productos.

Durante la realización del presente trabajo se han encontrado las siguientes dificultades para llevar a cabo dicha industrialización

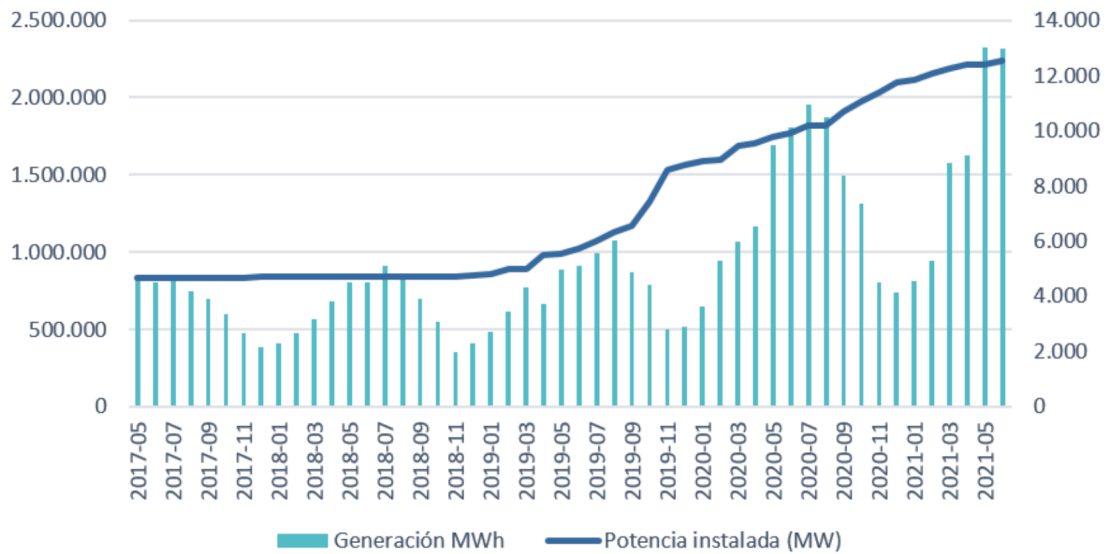
- Convivencia de distintos productos en distintos estados de industrialización.
- Traslado del sistema productivo a otro emplazamiento.
- Cambios en la dirección de operaciones.

2.2.1 Historia de la empresa

La empresa en la que se ha llevado a cabo el siguiente proyecto es una empresa de carácter familiar que nació en la ciudad de Valencia en el año 1987; sin embargo, su sede central se encuentra actualmente en Liria. Este polígono se encuentra a 8 km de la ciudad de Valencia, cerca de grandes redes de comunicación como la autovía A7 y la autopista de circunvalación que comunica con la red de autopistas europeas. También se encuentra cerca del Aeropuerto internacional de Valencia (5 km), así como de la estación de ferrocarril (8 km) y del Puerto Internacional de Valencia (12 km).

Esta ubicación, sumado al trabajo llevado a cabo por el departamento de Investigación y Desarrollo (I+D) para posicionarse por delante de la competencia, permitieron un gran crecimiento de esta empresa. Ello conllevó a la apertura de nuevas filiales en más de una decena de países y la construcción de dos nuevas fábricas.

Evolución energía solar fotovoltaica en España



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de REE

Figura 1: Evolución de la energía solar fotovoltaica en España. Fuente: (SMARTGRIDSINFO, 2017)

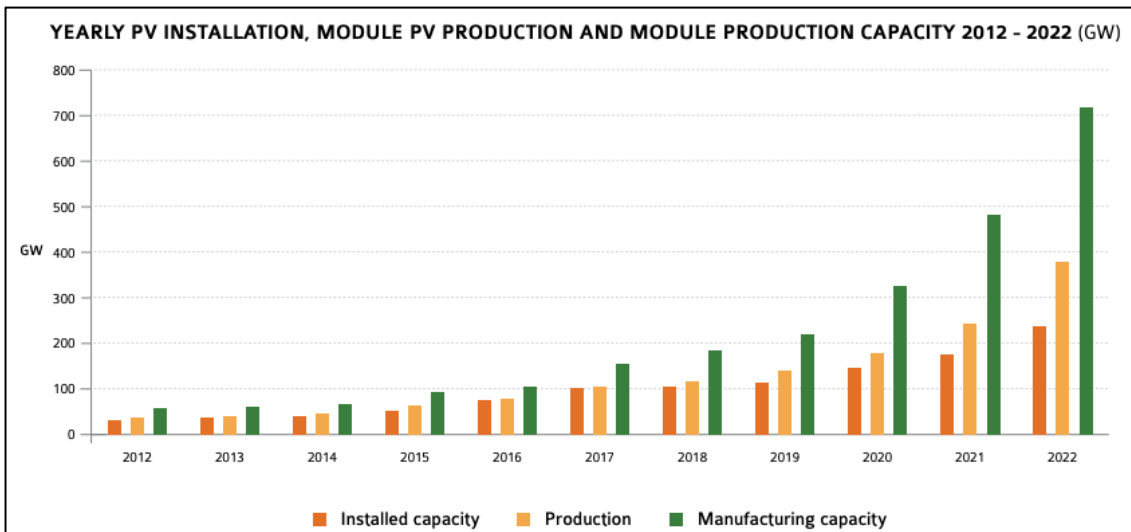


Figura 2: Incremento de la potencia instalada a nivel mundial. Fuente: (Trends in PV Applications 2023, s. f.)

2.2.2 Mercado de las Energías Renovables

En la actualidad, las energías renovables se han establecido en el mercado energético como una fuente de energía de peso pese a los grandes desafíos que presentan. Su rápido crecimiento, como afirma Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) se debe a diversos factores:

- Dificultad de acceso de algunos países a los combustibles fósiles por su encarecimiento.
- El aumento de la rentabilidad de las tecnologías renovables.
- Las iniciativas de políticas aplicadas.
- Un mejor acceso a la financiación.

- Seguridad energética.
- Cuestiones de medio ambiente.
- La necesidad de acceso a una energía modernizada.

Este es el motivo por el cual hoy en día están surgiendo rápidamente en los mercados de los países en vías de desarrollo.

Tal y como revela la fuente REN21, durante el 2014, la energía renovable generó un estimado del 19,2% en el consumo final mundial de energía; mientras que en la actualidad continua el crecimiento en la capacidad y generación.

2.2.3 Misión y visión de la empresa

Para poder seguir conociendo a la empresa, se resume a continuación su misión, su visión y sus objetivos.

Visión:

“Crear un mundo más limpio y sostenible para las generaciones futuras con la tecnología que desarrollamos.”

Misión:

“Ser la empresa líder en la revolución de la energía renovable.”

Estos son los valores que han llevado a esta empresa a ser un referente en el mercado de las energías renovables, más concretamente en el mercado de energía solar.

2.2.4 Organigrama

El organigrama de la empresa (**Figura 3**) responde a una estructura vertical, con algunas ramificaciones horizontales.

Se entiende por organigrama vertical aquel que tiene una jerarquía dentro de la organización, desde la cúspide hasta los niveles inferiores. En este organigrama, se pueden observar varios niveles jerárquicos claramente definidos:

- a. En la parte superior se encuentra la Dirección, que representa el nivel más alto de autoridad y toma decisiones estratégicas.
- b. Debajo de la dirección, está la Dirección de Operaciones, que es un nivel de gestión intermedio que supervisa múltiples departamentos funcionales.
- c. A continuación, se desglosa en varios departamentos funcionales, como Logística, Compras, Producción, Calidad, I + D, Ventas, Finanzas, Servicio de Asistencia Técnica y RRHH.
- d. Dentro de algunos de estos departamentos, como Logística, hay subdivisiones adicionales, que aún siguen una estructura jerárquica vertical.

Un organigrama horizontal es aquel que tiene una distribución de responsabilidades en un mismo nivel jerárquico o departamento. En este organigrama, la horizontalidad es evidente en los departamentos y divisiones que están en el mismo nivel jerárquico:



- e. Por ejemplo, dentro de la Dirección de Operaciones, los departamentos como Logística, Compras, Producción, y otros, están en el mismo nivel jerárquico y tienen diferentes áreas de responsabilidad.
- f. Además, tanto Ventas como Servicio de Asistencia Técnica tienen una relación horizontal, ya que ambos se ocupan de aspectos diferentes, pero igualmente importantes de las operaciones comerciales y de atención al cliente.

Este organigrama refleja una empresa diversificada con operaciones globales y un enfoque en la tecnología y la calidad. Cada departamento desempeña un papel fundamental en el éxito general de la organización.

Seguidamente se explica cuáles son las funciones del departamento de Dirección de Operaciones puesto que el presente TFM se desarrolla a su amparo. Este departamento se encarga de la gestión y coordinación de todas las actividades que se dan en el proceso de fabricación y comprende todas las personas que hacen posible dicho proceso dentro de la empresa. Liderando esta área se encuentra el Director de Operaciones del que dependen los departamentos de Logística, Calidad, Compras y Producción, entendiéndose como producción todas las fábricas de la compañía (ELMOT, PEH, PMW y PEL).

En la planta de producción de PEL se cuenta con los departamentos de:

- Ingeniería de Procesos
- Ingeniería de Producto
- Ingeniería Eléctrica
- Calidad
- Testeo
- Planificación y aprovisionamiento
- Logística / Almacén

Por lo que respecta a la logística de la empresa, cabe destacar la existencia de cuatro almacenes. Éstos están situados en las plantas de Higuieruelas, Inglaterra, Phoenix (Estados Unidos) y Liria.

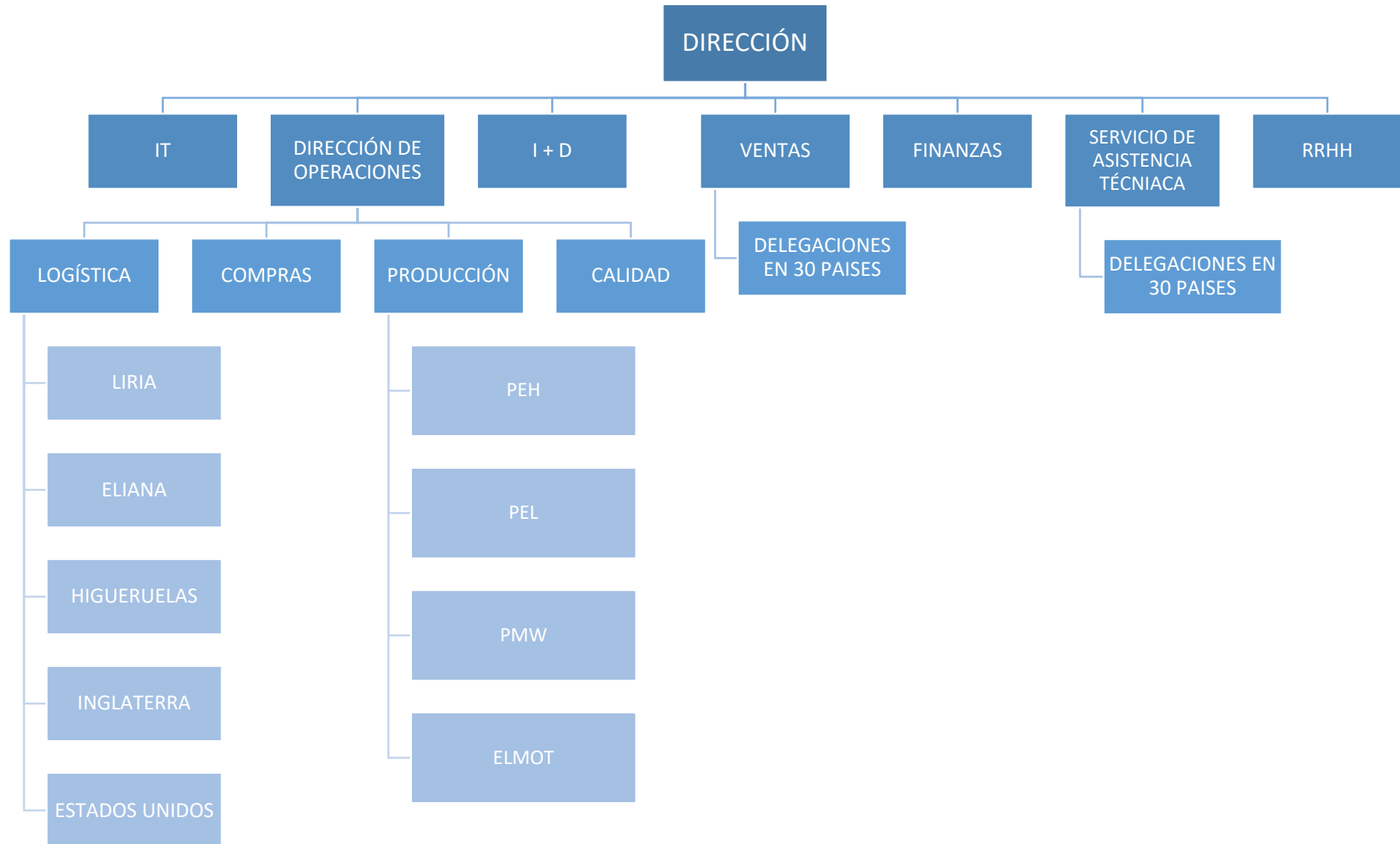


Figura 3: Organigrama de la empresa. Fuente: Elaboración propia

2.2.5 Instalaciones de la empresa

Como se observa en el organigrama (**Figura 3**), la empresa está dividida en diversas localizaciones en cuanto a la producción y logística se refiere.

En la sede central se encuentra el centro de Investigación y Desarrollo en alta tecnología. Dicha sede cuenta con 8000 m² de superficie.

Por tanto, la producción de la empresa de estudio se encuentra actualmente dividida en dos localizaciones, Higuieruelas y Liria.

En la planta de Higuieruelas (PMW), se centraliza la producción de la mecánica y su posterior tratamiento (pintura, estañado, ...) que se necesita para el montaje de los equipos en Liria.

La superficie de este espacio es de 2500 m².

En Liria es dónde se lleva a cabo toda la producción de inversores solares, arrancadores, variadores y los circuitos impresos (ELMOT) con una zona de 900 m² destinados a su producción. En esta planta, con una superficie de hasta 24000 m², con proyección a ampliarse, para garantizar la máxima fiabilidad de los equipos, se lleva a cabo el testeo de cada una de las partes por separado y por último el testeo final una vez el equipo está completo.

La planta cuenta con diferentes zonas dedicadas a cada producto en particular:

- Área de montaje de Inversor HEM.
- Área de montaje de Inversor HEMK.
- Área de montaje de Inversor HEC1500.
- Área de montaje de Unidad de Desconexión (DU).
- Área de montaje y premontaje de módulos de Inversor HEM/HEMK.
- Área de premontaje HEM/HEMK.
- Área de montaje y premontaje de módulos de Inversor 1500 V.
- Área de cuadros eléctricos.
- Área de montaje de baja tensión.
- Área de testeo de baja tensión.
- Área de montaje y testeo de media tensión.
- Área de montaje de Fases y Celdas para media tensión y testeo.
- Área de montaje y testeo de Skids.
- Almacén.

Por último, tras el auge de las energías renovables y el descubrimiento de zonas idóneas para plantaciones solares en Estados Unidos, la empresa decidió llevar a cabo la apertura de una nueva delegación en Phoenix, Arizona. De este modo, la compañía tiene la posibilidad de permanecer cerca de campo para la instalación de los equipos y, además, los directores de proyectos americanos pueden dar soporte y estar a disposición del cliente.

Esta sede de la compañía cuenta con un espacio de 1900 m² en los que se dispone de oficinas para el departamento de ventas americano y gran cantidad de espacio para la puesta a punto y reparaciones necesarias en los proyectos.

La tercera fábrica es PEH. Esta es hasta la fecha la planta de producción por excelencia de la compañía, donde se producía el ensamblaje de todas las piezas mecánicas y electrónicas provenientes de PMW y de ELMOT respectivamente.

2.2.6 Productos

En primer lugar, cabe destacar las aplicaciones de los productos de la compañía.

La empresa del estudio comenzó fabricando equipos de electrónica de potencia destinados a aplicaciones industriales, como los variadores de velocidad de baja y media tensión y los arrancadores. Sin embargo, hace más de una década, tras el auge de las energías renovables, la empresa se adentró en el diseño y fabricación de equipos de electrónica de potencia con aplicación en el mercado de las energías renovables, concretamente en el mercado Solar fotovoltaico. De este modo comenzaron a fabricar Inversores Solares contando con dos divisiones en la empresa; una división Industrial y una división Solar.

Los productos que comercializa la compañía se presentan en la **Figura 4**:

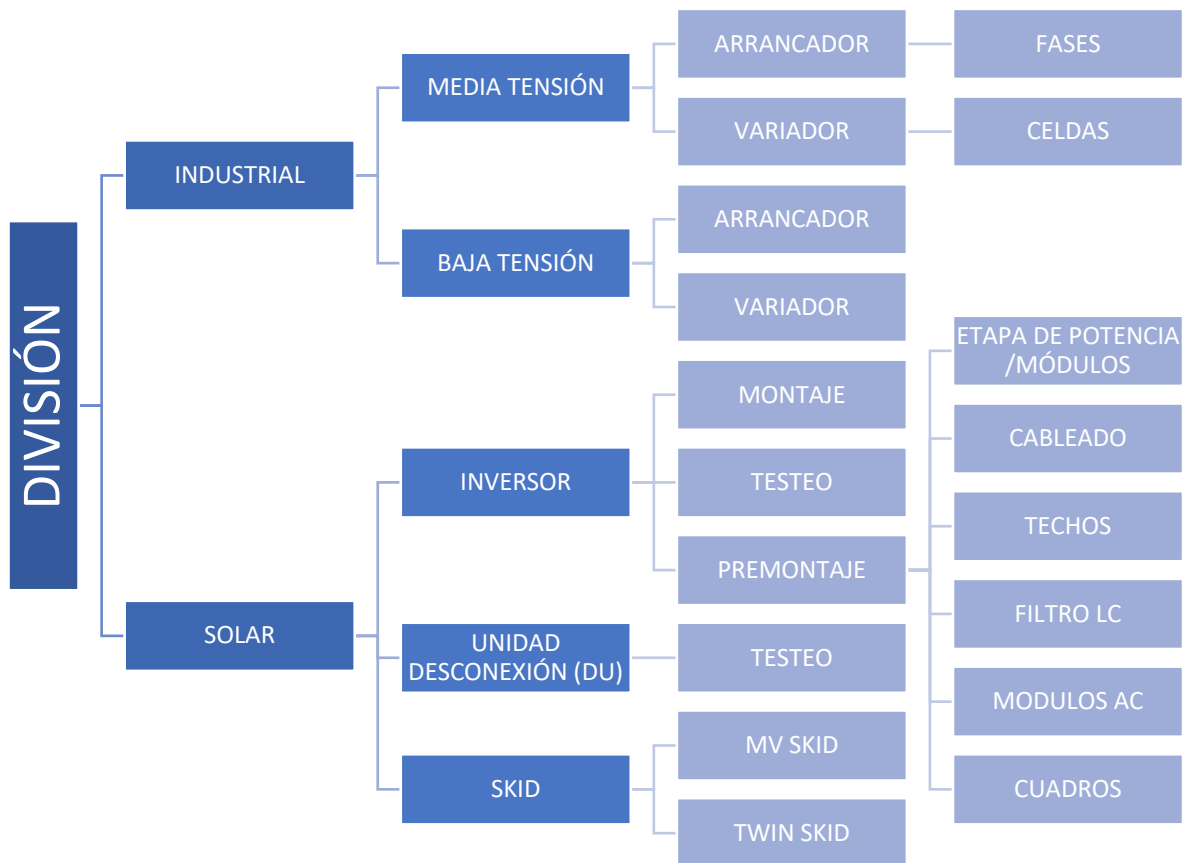


Figura 4: Productos realizados. Fuente: Elaboración propia

Por tanto, las tres unidades de negocio principales de la entidad son:

- *Variadores de Velocidad:* Claves en la industria para la optimización del consumo de energía y el control de los motores de inducción. Disponen de variadores de velocidad de baja y media tensión con un rango de potencias que permite atender cualquier motor.

- *Arrancadores Electrónicos*: Eliminan el stress mecánico durante la fase de arranque de los motores de inducción ofreciendo una rampa de aceleración suave y progresiva. Power Electronics dispone de una completa gama de arrancadores tanto en baja como en media tensión.
- *Inversores Solares*: Fundamentales para convertir la corriente continua proveniente de las placas solares a corriente alterna y poder inyectarla a la red. Disponen de una gama completa de inversores, desde inversores sin transformador con inyección directa a red trifásica hasta inversores centrales de más de 1MW con conexión a media tensión.

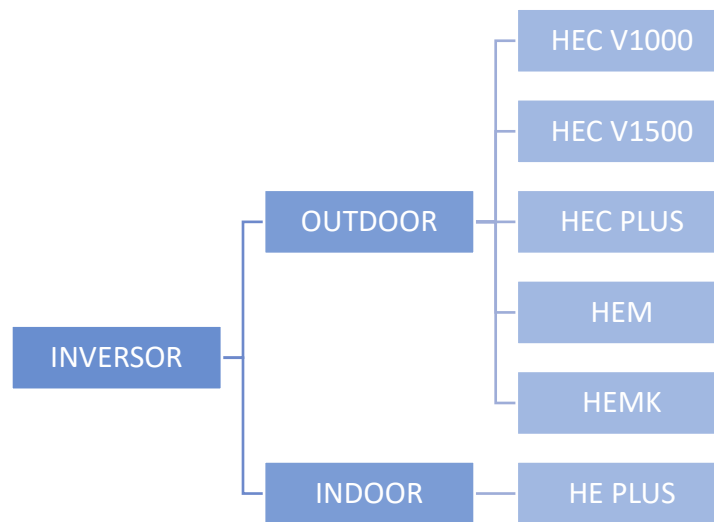


Figura 5: División productos. Fuente: Elaboración propia

2.2.6.1 Normativa Eléctrica

En función del país de destino de los equipos, la tipología de los inversores ha de variar debido a la normativa y al reglamento eléctrico de cada país.

En la delegación de España se fabrican, como se puede observar en la **Figura 5**, tipologías Indoor y Outdoor. Por lo que respecta al inversor Outdoor existen cinco tipologías, pero el estudio se va a centrar en el HEM (comúnmente conocido como 'normal') y HEMK. Además, a este criterio de nomenclatura se le añade el tipo de normativa a aplicar en el país de destino. De este modo, si el lugar de expedición es Estados Unidos o Canadá, se empleará la normativa UL. En cambio, si se trata de Europa, África o Asia se implantará en el diseño y fabricación del inversor la normativa conocida como IEC.

Por lo tanto, a lo largo de esta memoria vamos a trabajar con las siguientes tipologías:

- UL
- IEC
- UL PLUS
- IEC PLUS

De estas tipologías tipo, este estudio se centrará en la UL PLUS ya que en las condiciones de mercado solar actual es la tipología predominante en la planta.

2.3 Descripción de la planta de Liria

Como se ha comentado en el apartado 2.2.5 la planta en la que se centra este estudio cuenta con una superficie de 24000 m², con previsión de ampliarse a medio plazo.

Esta planta se encuentra dividida en cinco zonas bien diferenciadas tal y como se observa en la **Figura 6**, de las cuales se va a proceder a continuación a realizar una breve descripción. También se puede observar esta vista en el **PLANO 1**.

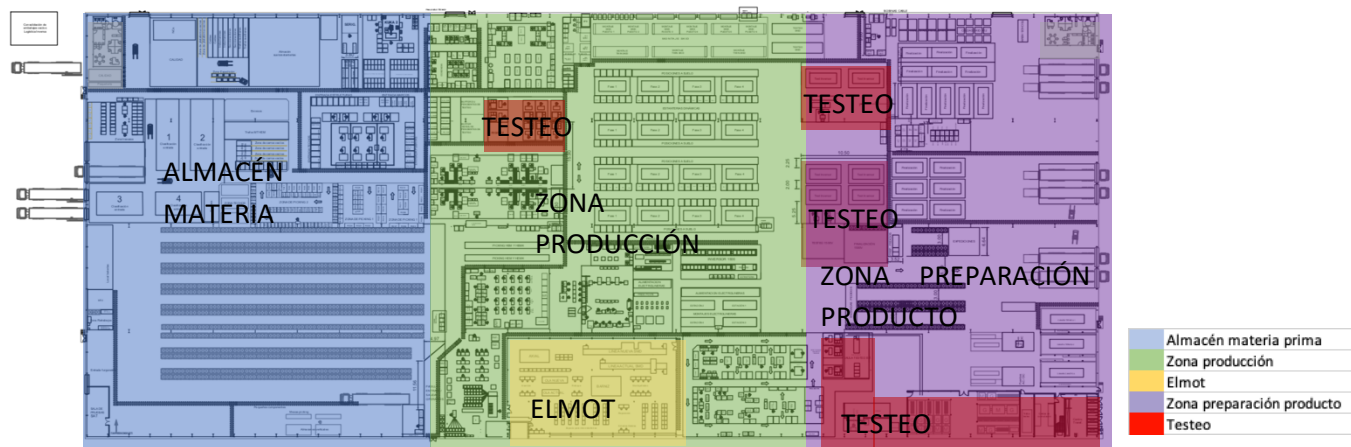


Figura 6: Layout inicial. Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la **Figura 7** el almacén de materia prima, con una superficie de 9000 m² y una altura de 9 metros, se encuentra dividido en 11 áreas que se han numerado en la para facilitar la descripción de estas.

1. Se trata de la parte destinada al almacenaje en altura. Este se encuentra gestionado por el programa SAP (programa de gestión) que otorga a cada entrada una ubicación en las estanterías de forma aleatoria. Las estanterías constan de 8 niveles, con diferentes alturas para poderse acoplar a las diversas dimensiones de los palets que se ubican en ellas.
2. Se trata de la parte del almacén destinada al almacenaje en suelo, para aquellas piezas de grandes dimensiones que no pueden ubicarse en las estanterías.
3. Esta zona está habilitada para realizar los pickings a línea.
4. Esta zona se ha destinado al remachado de estructuras, así como a retrabajos o acciones de mantenimiento de las herramientas empleadas.
5. Esta zona está destinada al serigrafiado y el espumado de aquellas piezas que lo requieran.
6. En esta área se realiza la descarga de las materias primas y se ubican cada una de ellas según tamaño.
7. En esta área se sitúan las baterías de las máquinas que se emplean para ubicar y desubicar en el almacén.
8. Esta zona está destinada al departamento de calidad. En ella se encuentran las No Conformidades (NC's) de proveedor para ser devueltas.
9. Estas zonas están destinadas a las oficinas de los responsables de la logística, tanto interna como externa.
10. Son las zonas destinadas a la descarga de los camiones.
11. Se trata del almacén destinado al SAT (Servicio de Atención Técnica).

Está provisto de un par de carretillas retráctiles para el movimiento de pallets, tres carretillas trilaterales eléctricas con operario montado a pie para la preparación de pedidos, más todos los transpaletas manuales para el transporte a lo largo de la planta de los pedidos preparados.

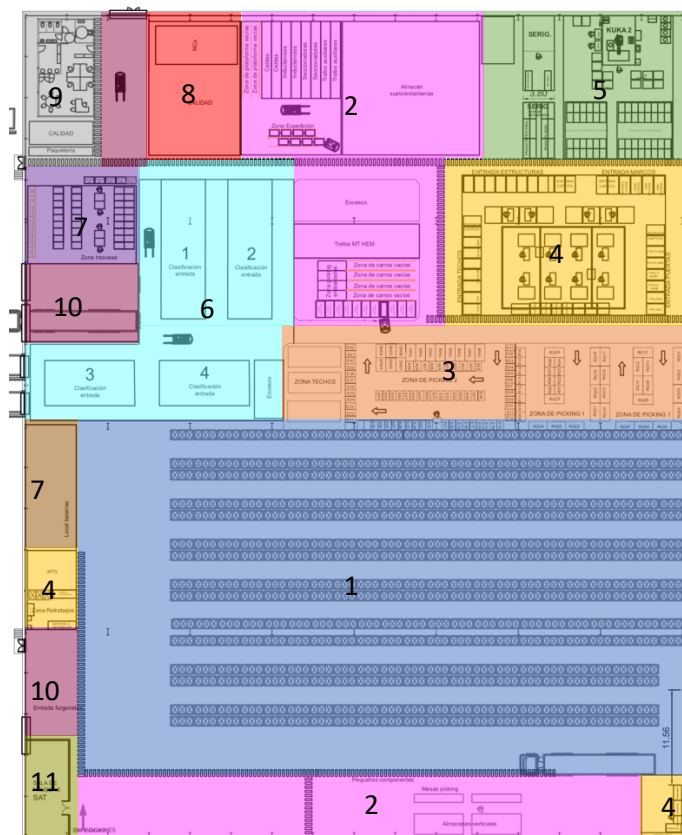


Figura 7: Zona del almacén de materia prima. Fuente: Elaboración propia

2.3.1 Zona preparación producto terminado

Como se puede observar en la **Figura 8** el almacén de materia prima, con una superficie de 6000 m² y una altura de 9 metros, se encuentra dividido en 7 áreas que se han numerado para facilitar la descripción de estas.

1. Es el área más grande y está destinada a la finalización de los equipos y a su posterior embalado para ser enviados a su destino. Está dividida en tres zonas, la zona de los HEM/HEMK/SKIDS, la zona de los HEC y la zona destinada a los productos de INDUSTRIA.
2. En esta zona se preparan los pedidos que no requieren de ningún montaje, es decir piezas de recambio.
3. Aquí se realiza el testeo de los equipos. Como el área de finalización, se encuentra dividido en dos áreas: HEM/HEMK/HEC y la zona destinada a los productos de INDUSTRIA.
4. Aquí se llevan a cabo las pruebas de funcionamiento de los prototipos.
5. Debido a las grandes dimensiones de las bobinas de cableado de media tensión que se emplean en los equipos, se requiere destinar parte de esta zona para la elaboración de este tipo de cableado.
6. Esta es una parte de almacenamiento de materia prima de grandes dimensiones como las bases de los equipos, los trafos de exterior que se emplean en los SKID y las celdas.

7. Se trata de las oficinas de las personas destinadas a la gestión de las exportaciones.

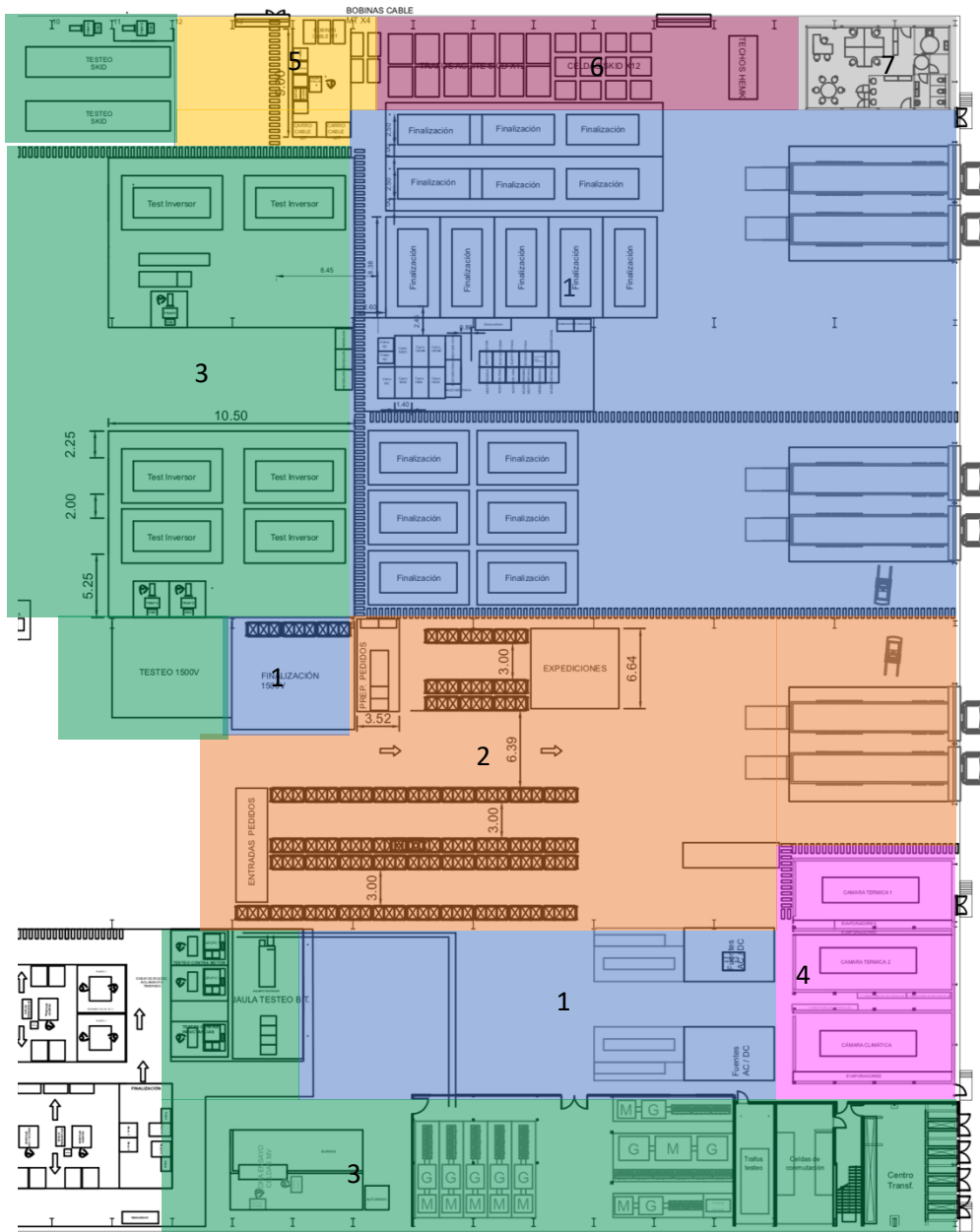


Figura 8: Zona del almacén de producto terminado. Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 Zona de producción

En la **Figura 6** se encuentra representada toda la zona de producción; la cual está dividida en tres grandes áreas: ELMOT, MONTAJES y TESTEO. En la siguiente imagen se pueden observar las subáreas en las que se encuentra dividida la zona de producción.

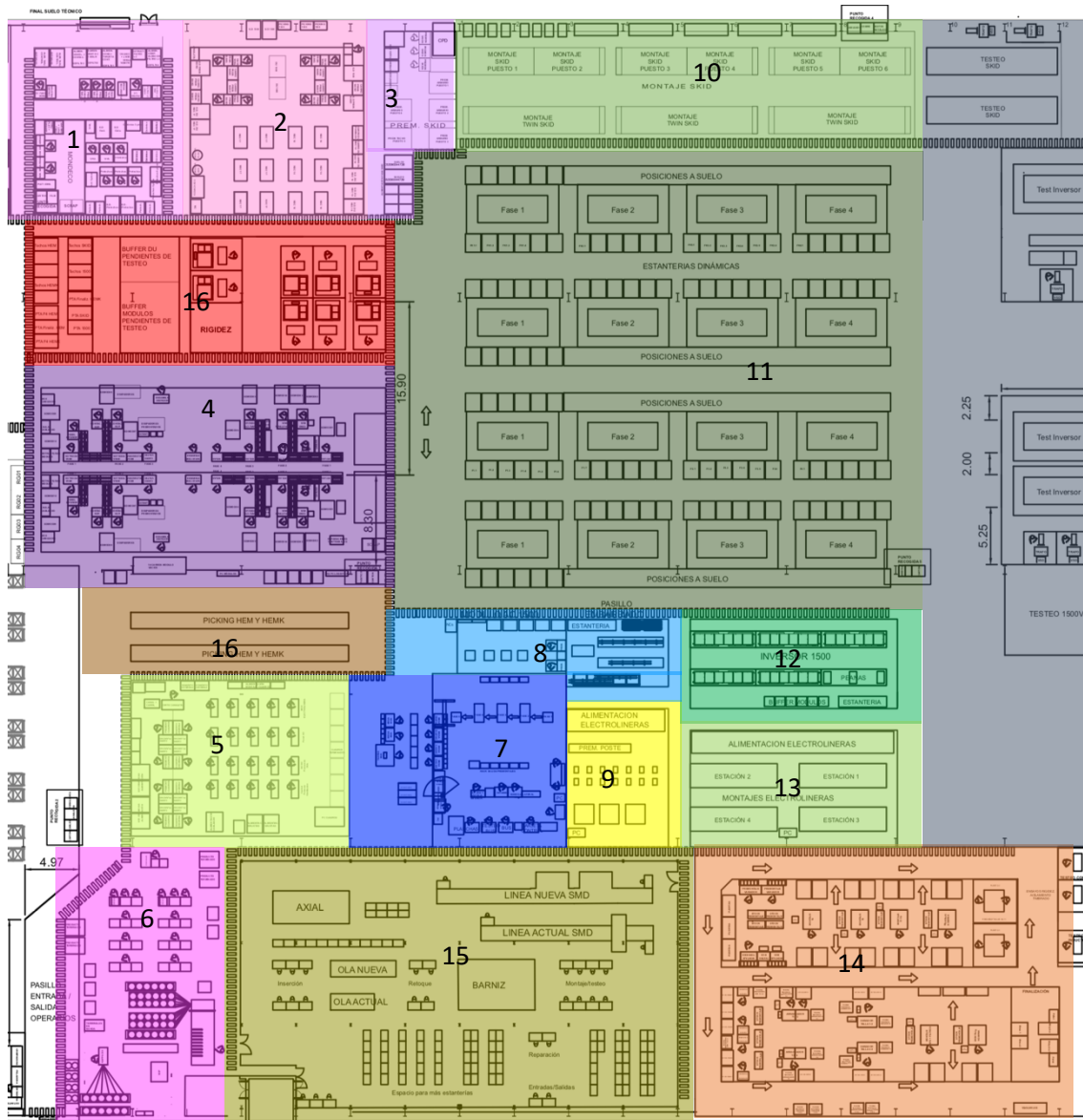


Figura 9: Zona de producción. Fuente: Elaboración propia

2.3.2.1 ELMOT

ELMOT (15), como se ha explicado en el apartado 2.2.1 se trata de una empresa en sí misma, que requiere que su espacio en planta esté separado y en un ambiente de limpieza total ya que trabajan con elementos electrónicos.

2.3.2.2 Montajes

Para poder realizar el montaje de los equipos que esta empresa ofrece al público (Figura 4) debido a su tamaño, se ha dividido su montaje en varias áreas más pequeñas: Líneas de montaje y premontajes.

2.3.2.2.1 Premontajes

Los premontajes se realizan en las zonas numeradas del 1 al 9 en la Figura 9. En cada una de estas áreas se realiza una parte del equipo en cuestión que favorece el montaje en cuanto a tiempo se refiere.



1. Montaje de los techos del equipo, los premontajes de las tarjetas electrónicas que se requieran, el filtro LC y finalmente el embarrado DC.
2. Montaje de la Disconnected Unit (DU).
3. Premontajes SKID.
4. Premontaje de los módulos del equipo HEM/HEMK.
5. Montaje de los cuadros de todos los equipos (son premontajes de componentes eléctricos/electrónicos que desempeñan diversas funciones dentro de los equipos)
6. Cableado.
7. Premontaje de módulo AC equipo HEC.
8. Premontaje embarrado equipo HEC
9. Premontaje postes Electrolineras

2.3.2.2.2 Líneas de montaje

10. Línea de montaje de SKID
11. Líneas de montaje de HEM/HEMK
12. Líneas de montaje HEC
13. Línea de montaje de Electrolineras
14. Línea de montaje productos de Industria

2.3.2.3 Testeo

Dentro de la zona de producción (número 16) existe un área destinada al testeo de ciertos los subcomponentes del equipo que más importancia tienen dentro del producto final.

2.4 Gestión de la producción

2.4.1 Proceso de fabricación

Para profundizar en el modo de trabajo y gestión de pedidos de la planta de producción donde se ha llevado a cabo el TFM, se va a describir en términos generales el modo de trabajo de la compañía.

El montaje de los diferentes productos que se realizan en la planta de nuestro estudio cuenta con diferentes áreas o puestos de sub-ensamblajes donde se realizan los premontajes previos al ensamblaje final, como por ejemplo, el área de montaje de filtro LC, área de electrónica y ventiladores, montaje de partes estructurales como techos y puertas, etc. Cada uno de los sub-ensamblajes críticos lleva asociado un testeo completo con el objetivo de asegurar su correcto funcionamiento y así acotar los posibles fallos una vez instalado en el montaje final.

Por otro lado, se dispone de diversas líneas de montaje donde se da el ensamblaje final de los equipos. En cuanto al inversor HEM/HEMK se refiere, el montaje se realiza a lo largo de 4 fases diferentes. El montaje del SKID se realiza en estático y para el inversor HEC/HE PLUS se emplean 3 fases. Una vez montados los equipos, se testean y se someten a un proceso de calentamiento durante un determinado número de horas en función del modelo.

Tanto el testeo de los diferentes Inversores como el del SKID consiste en una serie de procedimientos obligatorios que son:

- Inspección visual por parte de los especialistas eléctricos del departamento de testeo.
- Chequeo de que todas las uniones mecánicas estén correctas.

- Inspección de cableado y timbrado.
- Testeo del equipo a pleno rendimiento.
- Medidas eléctricas.
- Registro de los parámetros principales.

2.4.2 Proceso de pedido y expedición

La empresa de estudio se caracteriza por un corto periodo de tiempo de entrega y por tanto, también de fabricación. Este periodo, en la mayoría de los casos no supera las 4 semanas, tal y como se observa en la

Figura 10.

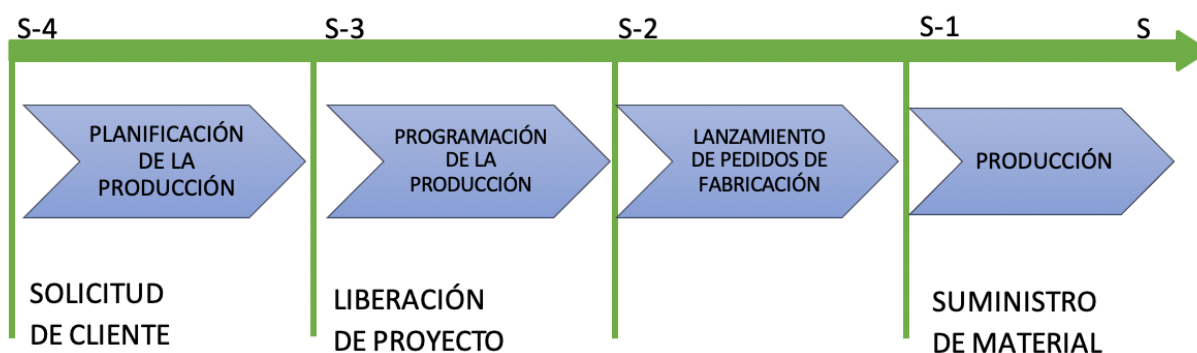


Figura 10: Proceso de pedido y expedición. Fuente: (Salvo Marí, s. f.)

En el momento en que se *realiza el pedido*, se comienza con la *planificación del proyecto*. Durante la planificación se tienen en cuenta las diferencias entre los equipos estándares y las modificaciones realizadas por el cliente para la adaptación a sus necesidades, siendo necesario fijar los objetivos a alcanzar. Una vez llevado a cabo este proceso, se *libera el proyecto*, poniendo en marcha la *programación de la producción*, lo que implica realizar los pedidos de material necesario a los diferentes proveedores, marcándoles las prioridades de entrega según los objetivos fijados anteriormente.

Nada más haberse llevado a cabo los pasos anteriores, se procede al lanzamiento de la *orden de producción* y a la entrega de los materiales necesarios para que se inicie el montaje del producto que haya escogido el cliente.

2.5 Conclusión

En este capítulo se ha presentado una descripción exhaustiva de la empresa manufacturera del sector electrónico industrial, detallando su historia, misión, visión, organigrama, instalaciones y productos. La empresa, con sede en Liria, ha experimentado un crecimiento significativo desde su fundación en 1987 en Valencia, gracias a su enfoque en la innovación y el desarrollo tecnológico.

Se ha destacado la importancia de las energías renovables en el mercado energético actual, subrayando el papel crucial de la compañía en el diseño y fabricación de equipos de electrónica de potencia, especialmente en el ámbito de la energía solar fotovoltaica. La empresa se ha diversificado en tres principales unidades de negocio: variadores de velocidad, arrancadores electrónicos e inversores solares, posicionándose como un referente en la industria.



La estructura organizativa de la empresa, con una combinación de jerarquía vertical y horizontal, refleja su complejidad y la amplitud de sus operaciones globales. La descripción detallada de las instalaciones en Liria y otras ubicaciones, así como el proceso de fabricación y logística, ilustra la capacidad de la empresa para gestionar la producción y entrega de productos de alta calidad en un corto período de tiempo.

Finalmente, se ha subrayado la necesidad de industrializar nuevos productos y mejorar los existentes para mantener la competitividad en un mercado dinámico y en crecimiento. Este enfoque en la mejora continua y la innovación es fundamental para asegurar el éxito sostenido de la empresa en el sector de las energías renovables.



CAPÍTULO III. Marco teórico

Para la realización de este TFM ha sido necesario efectuar un estudio basado en las técnicas de Mejora Continua y Lean Manufacturing, con el objeto de analizar previamente la situación inicial del caso que se estudia y posteriormente pasar a mejorarla. A continuación, se presentan algunas de las teorías y herramientas que han servido de base y han fundamentado este estudio.

3.1 Lean Manufacturing

El Lean Manufacturing es una metodología que pone a disposición herramientas y conceptos que permiten eliminar los desperdicios (*'muda'*) y aquellas actividades que no proporcionan valor añadido al proceso, servicio o producto de estudio, apostando por el respeto al trabajador y la mejora consciente de la productividad y calidad. Esta metodología nació en Japón derivada del Sistema de Producción de Toyota en la década de los 40. (Baban et al., 2009)

El principal objetivo del Lean Manufacturing es implantar una filosofía de Mejora Continua que permitirá a las compañías reducir sus costes, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios aumentando al mismo tiempo la satisfacción de los clientes y manteniendo el margen de utilidad.

Según esta filosofía, existen siete tipos de *'muda'*, ineficiencias, que deben eliminarse o reducirse al máximo, a saber:

- 1) Sobreproducción: Situación que ocurre cuando la producción no se ajusta a la demanda, y se produce más de lo que el cliente necesita. Aumenta el stock.
- 2) Tiempo de espera: Se considera así al tiempo "muerto" que transcurre mientras se reciben materiales, ordenes de fabricación etc. y que deviene en que los trabajadores estén parados o sean improductivos.
- 3) Transportes de materiales: Comprende todo aquel movimiento de material que resulte innecesario.
- 4) Almacenajes de material: Conjunto de materiales que se almacenan "por si acaso" sin necesidad inmediata.
- 5) Reparaciones: Todo aquello que no está como se espera o debiera y requiere de retrabajo, reparación etc.
- 6) Movimientos innecesarios: Aquellos procesos que son imprescindibles e inevitables pero que no aportan valor.
- 7) Repetición de procesos innecesariamente: Hace referencia nuevamente a procesos que se repiten y que son imprescindibles e inevitables pero que no aportan valor.

3.2 Herramientas Lean

Como resultado de más de 50 años de estudio de los sistemas de producción, Toyota ha desarrollado una gama de metodologías y herramientas que han sido probadas en todo el mundo por empresas de diversos tamaños, obteniendo grandes mejoras en todos sus procesos y reducciones igual de importantes en sus costes de producción.

Seguidamente se presentan algunas de las herramientas empleadas en la elaboración de este TFM.

3.2.1 Las 5's o los 5 pilares

Los cinco pilares se definen como Organización, Orden, Limpieza, Estandarización y Disciplina tal y como se indica en la **Figura 11**. Los más importantes son la Organización y el Orden, ya que son el fundamento para el logro del cero defecto, las reducciones de costes, las mejoras de la seguridad y el logro de cero accidentes. (Team, 1996)

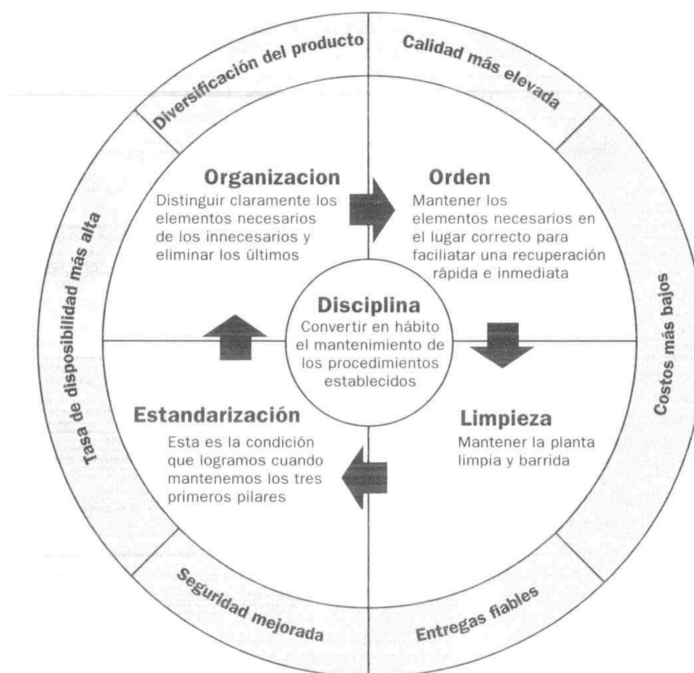


Figura 11: Los cinco pilares. Fuente: (Team, 1996)

A menudo a los cinco pilares se les denomina también 5's debido a que en japonés cada pilar tiene un sonido similar a la ese en inglés.

- Organización: *Seiri*.
- Orden: *Seiton*.
- Limpieza: *Seiso*.
- Estandarizar: *Seiketsu*.
- Disciplina: *Shitsuke*.

3.2.2 Poka-Yoke

El Poka-Yoke es una técnica de calidad que se aplica con el fin de evitar errores en la realización de la operación. El término "Poka-Yoke" viene de las palabras japonesas "Poka" (error inadvertido) y "Yoke" (prevenir).

“Un sistema Poka-Yoke posee dos funciones: realizar inspecciones al 100% de lo producido y en caso de anomalías llevar a cabo una respuesta y acción inmediatas.” (Shingo, 1986).

Un Poka-Yoke puede ser cualquier dispositivo simple y económico diseñado para detectar errores y evitar que se conviertan en defectos. A modo de ejemplo, en la **Figura 12** se observa que sólo se puede introducir en cada hueco una figura con su misma forma, impidiendo que se introduzca cualquier otra figura con otra forma.



Figura 12: Ejemplo de Poka-Yoke. (Poka-yoke producción a prueba de errores | Sister-Soft., s. f.)

3.2.3 Control visual

Los controles visuales están íntimamente relacionados con los procesos de estandarización. Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver. La estandarización se transforma en gráficos y éstos se convierten en controles visuales. De este modo, sólo hay un sitio para cada cosa y se puede decir de modo inmediato si una operación particular está procediendo normal o anormalmente.

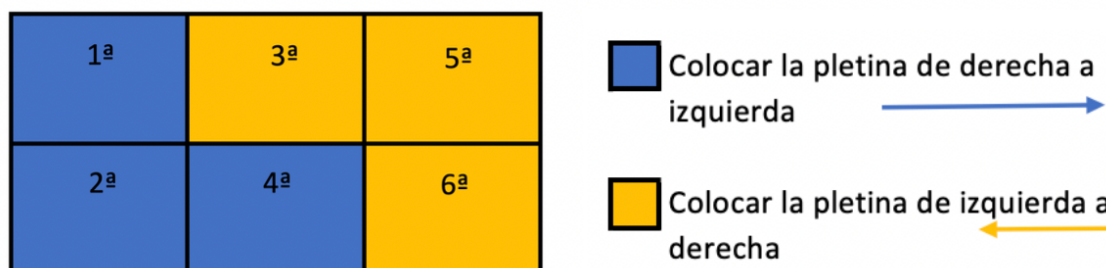


Figura 13: Ejemplo de control visual empleado en el montaje de bandejas. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4 Mantenimiento productivo total

El Mantenimiento Productivo Total, TPM en sus siglas en inglés, es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado deficiente de los equipos, es decir, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas (Qué es TPM, s. f.). Esta filosofía está basada en el concepto de ‘mantenimiento preventivo’. Esto supone:

- Cero accidentes
- Cero defectos
- Cero fallos

El TPM dentro del Lean se considera una estrategia para maximizar la efectividad global del equipo, ya que empodera a los trabajadores a mantener y mejorar las operaciones y sus equipos en sus áreas de trabajo, previniendo roturas, mal funcionamiento y accidentes (Mehmet, s. f.).

Se debe implementar el TPM dentro de la rutina diaria de los trabajadores animando a la participación de todas las personas de la organización en las acciones de mantenimiento. Debe llevarse a cabo como una estrategia global de la empresa, orientado a la mejora de la Efectividad

importante para la realización del mapa de cadena de valor, ya que, con ello, únicamente se va a producir lo que el cliente demanda, en la cantidad demandada y en el tiempo en el que se demanda.

Esta tasa se calcula como:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tiempo de trabajo disponible por turno}}{\text{Demanda del cliente por turno}} \quad (1)$$

Para su cálculo se han de conocer los turnos de fabricación por día o semana, las horas de trabajo disponibles por turno de fabricación y la demanda diaria, semanal o mensual del cliente.

Al implementar correctamente Heijunka se puede conseguir:

- Minimizar la sobreproducción.
- Implementar completamente el sistema *Pull* (limitar la producción a la demanda).
- Minimizar los inventarios de producto en proceso y terminado.
- Minimizar los costos de oportunidad.
- Sincronizar el uso de capital de trabajo y la tasa de facturación.

3.3 Mejora Continua o Kaizen

En japonés, '*kai*' significa "cambio" y '*zen*' significa "mejorar". Juntas, estas dos palabras significan cambio para mejorar. Kaizen significa, simplemente, mejora continua. Se basa en los fundamentos del análisis científico en el que se estudian los elementos de un proceso o sistema para comprender cómo funciona y posteriormente resolver cómo influir en el mismo o mejorarlo. Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad y de los métodos de trabajo por operación. Los dos pilares que sustentan Kaizen son los equipos de trabajo y la Ingeniería Industrial, que se emplean para mejorar los procesos productivos. (Team, 2002)

3.3.1 Ciclo de Deming: PDCA

El ciclo de Deming o PDCA es una herramienta genérica de mejora continua. El método se divide en cuatro pasos sustentados en la norma ISO 9001 como se observa en la **Figura 15**:

- Plan: Planificar las actividades del proceso.
- Do: Ejecutar la implantación de las actividades planificadas.
- Check: Verificar los resultados.
- Act: Se basa en la filosofía de estandarización. Todo lo que no se estandariza se pierde en el tiempo.

Ciclo PDCA o Rueda de Deming



Figura 15: Ciclo PDCA o Rueda de Deming. Fuente: (Guía Autoempleo CEAT, s. f.)

En este proyecto, se ha empleado esta metodología a la hora de plantear las propuestas. Se han planificado e implantado las acciones de mejora y, además, se han diseñado mecanismos de estandarización para que la mejora perdure en el tiempo. Para ello, se ha desarrollado un diagrama de Gantt con todas las acciones a llevar a cabo y posteriormente, se ha analizado la implantación de cada una de ellas y así discernir su efectividad.

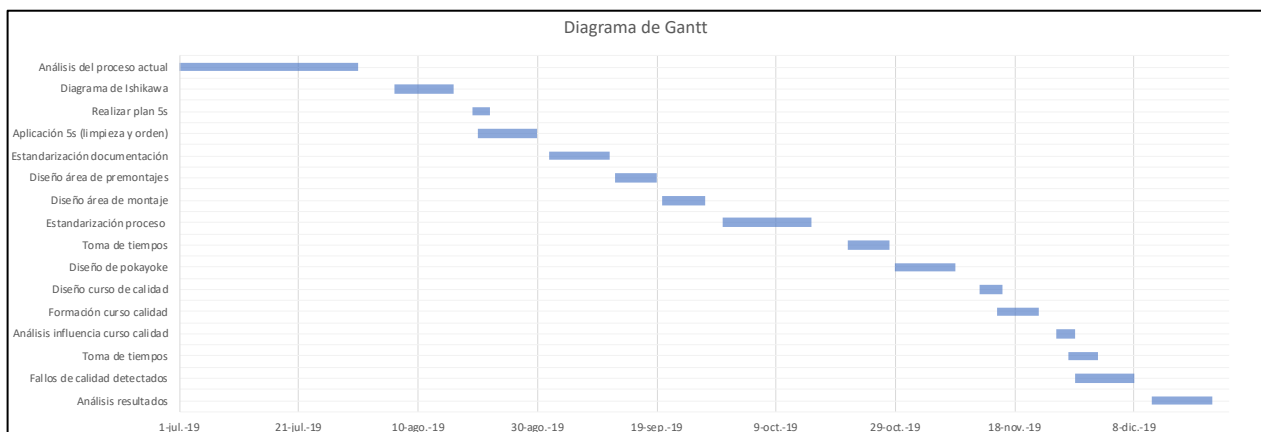


Figura 16: Diagrama de Gantt empleado. Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Estandarización

Para implantar la Estandarización es necesario aplicar conocimientos teóricos, que son los que van a permitir mantener las mejoras implantadas en el tiempo. De lo contrario, éstas no habrán servido de nada (Véase **Figura 17**). Para ello se dispone de las herramientas de estandarización como vector para su implantación. En este proyecto se han empleado tanto las hojas de estandarización (HOE) (**Figura 18**) como las Lecciones de Un Solo Tema (LUST) (**Figura 19**).

Por un lado, las hojas de estandarización (**Figura 18**) permiten documentar el proceso actual, reducir las variaciones en el proceso, formar de modo más sencillo a los nuevos trabajadores y establecer un punto de partida para futuras acciones de mejora continua. Éstas deben indicar la versión y la fecha de actualización (Feld, 2001).

Por otro lado, las LUST (**Figura 19**) son herramientas que se emplean para transmitir información, conocimientos y habilidades simples o breves cuando no es necesario emplear hojas de estandarización (*Lección de un punto (LUP - OPL)*, s. f.).

A tal efecto, se ha diseñado en formato EXCEL una hoja de estandarización y una LUST para cada acción de mejora propuesta en este proyecto.

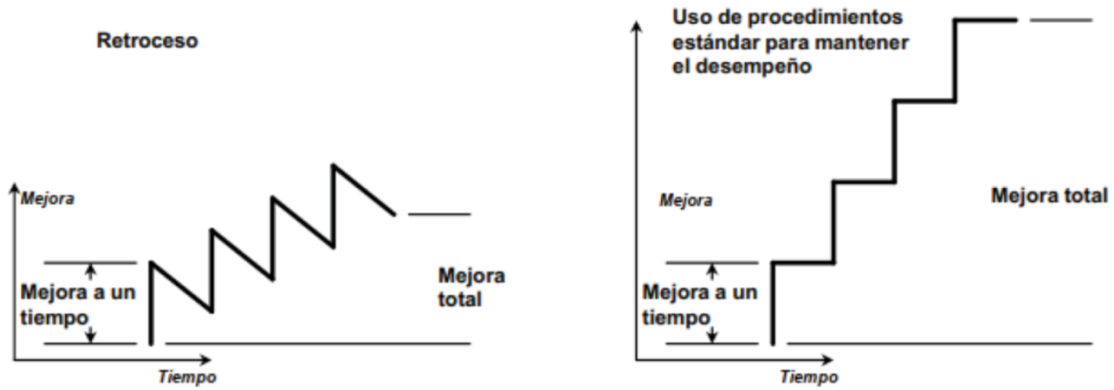


Figura 17: Impacto estandarización con el tiempo. Fuente: (García-Sabater, 2018)

HOE - HOJA DE OPERACIÓN ESTÁNDAR			
		INGENIERÍA DE PROCESOS	
		COD. HOE:	
		TAREA:	
		SECCIÓN:	
		REALIZADO POR:	
		FECHA EDICIÓN:	
		CALIDAD	
		PRL	
ÍNDICE DE VERSIONES		MEDIOS A UTILIZAR	EPIS
		NORMAS DE SEGURIDAD	

Figura 18: Plantilla de Hoja de Estandarización (HOE). Fuente: Elaboración propia

LUST - LECCIÓN DE UN SOLO TEMA			
		INGENIERÍA DE PROCESOS	
		COD. LUST:	
		TAREA:	
		SECCIÓN:	
		REALIZADO POR:	
		REVISADO POR:	
		LAYOUT	
ÍNDICE DE VERSIONES		PRL	CALIDAD
Nº 00	INICIAL		

Figura 19: Plantilla de One Point Lesson. Fuente: Elaboración propia

En el **ANEJO I** se encuentra un ejemplo de las HOE empleado en el proceso de estandarización.

3.3.3 Medición del Trabajo

La Medición del Trabajo es un método cuyo objetivo es determinar el tiempo que invierte un empleado con cualificación en realizar una tarea siguiendo las instrucciones de trabajo establecidas para ella. Esto permite determinar el tiempo durante el cual no se genera valor añadido.

A su vez, la medición del trabajo permite:

- Comparar entre varios métodos y, en igualdad de condiciones, decidir el óptimo.
- Repartir el trabajo dentro de los equipos equilibrando los procesos.
- Determinar el número de máquinas que puede atender un operario.
- Recabar información en la que basar el programa de producción.
- Fijar unas normas de uso de los útiles de trabajo.

La Medición del Trabajo está compuesta por varias técnicas relacionadas entre sí, como son el estudio de métodos y el estudio del tiempo. Cabe destacar que carecen de sentido la una sin la otra, ya que no se puede mejorar el modo de ejecución de una operación sin que varíen los tiempos de realización de esta.

3.3.3.1 Estudio de Métodos

El Estudio de Métodos se define como el registro y examen crítico sistemático de los modos/maneras de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras (British Standards Institution, 1992).

El enfoque del estudio de métodos consiste en el análisis y seguimiento de las siguientes seis etapas dentro de las cuales se van empleando las herramientas que facilitan la mejora continua.

1. Seleccionar el trabajo que se vaya a estudiar y definir límites; teniendo en consideración el aspecto económico (actividades continuas), técnico (posibles automatizaciones) y humano.
2. Registrar las partes importantes de ese trabajo, mediante diagramas de flujo los hechos más importantes. De manera estandarizada se utilizan los siguientes seis símbolos uniformes que sirven para representar todas las actividades que se dan en una línea de producción:



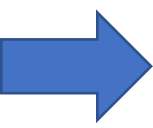



					
Símbolo de operación	Símbolo de inspección	Símbolo de transporte	Símbolo de espera	Símbolo de almacenamiento permanente	Símbolo de operación combinada

Tabla 1: Símbolos normalizados para flujo de procesos.

- Operación: indica cuando la pieza o la materia prima se modifica o cambia.
 - Inspección: se trata de la inspección de la calidad y/o cantidad, y en algunas empresas también consiste en el ensayo o testeo del producto. No se producen modificaciones en el material, únicamente se ejecuta para evidenciar que una actividad se ha realizado correctamente.
 - Transporte: representa el movimiento de los materiales, equipos de trabajo y operarios.
 - Depósito provisional o espera: consiste en la demora del desarrollo de los hechos u operaciones.
 - Almacenamiento permanente: indica la reserva de un objeto en un almacén y la imposibilidad de su traslado sin autorización.
 - Operación combinada: se emplea para indicar que dos operaciones se realizan a la vez o por el mismo operario en el mismo puesto de trabajo.
3. Examinar de manera crítica, la forma en la que se está realizando el trabajo.
 4. Establecer el método más práctico, económico y eficaz mediante las aportaciones de las personas implicadas.
 5. Definir el nuevo método de forma clara y explicar a todas las personas involucradas e interesadas, formando a todos los que intervienen mediante HOE.
 6. Controlar la aplicación del nuevo método e implantar un procedimiento para no volver al anterior.

Una vez implantado el nuevo método es conveniente llevar a cabo un seguimiento del proceso que se ha definido. Esto puede realizarse mediante la ejecución de auditorías internas que ayuden a asegurar que las actividades de cada proceso se están llevando a cabo de manera adecuada según los métodos establecidos para cada puesto y atendiendo a los estándares de calidad.



3.3.3.2 Estudio de Tiempos

El estudio de Tiempos es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento preestablecida (British Standards Institution, 1992).

Para llevar a cabo un estudio de tiempos, es necesario determinar y acotar el trabajo que se va a estudiar, cerciorándose de que exista un método de trabajo definido. Siempre que se produzca un cambio en el método de trabajo será necesario evaluar de nuevo el tiempo de este, debido a la posible o evidente variación que se podría dar.

Por otra parte, cabe hacer una distinción entre trabajador “representativo” y “calificado”. El representativo puede entenderse como un trabajador cuyas capacidades y modo de trabajo corresponden al promedio del grupo que se ha estudiado, mientras que el trabajador calificado es aquel que tiene la experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguimiento, cantidad y calidad (Oficina Internacional del Trabajo & Kanawaty, 2014).

Otro de los conceptos a tener en cuenta es el tiempo tipo de una actividad, que es el necesario para el desarrollo total de la ejecución de una tarea al ritmo tipo (British Standards Institution, 1992). Para fijarlo se deben escoger trabajadores calificados ya que así, el especialista podrá determinar cuál es el tiempo idóneo de una actividad de modo que se pueda alcanzar sin excesiva fatiga por otros trabajadores representativos.

Tan pronto como queda elegido el trabajo sobre el que se va a centrar el análisis, se procede a seguir los pasos siguientes, pudiendo variar o cambiar estos ligeramente:

1. Anotar toda la información de la tarea, del operario y de aquellas condiciones del momento que puedan influir en la ejecución de la tarea.
2. Comprobar el método.
3. Descomponer la tarea en elementos.
4. Cronometraje de cada elemento.

Una vez realizado el estudio de tiempos, se procederá a realizar un balance de las líneas de producción, el cual tiene como objetivo determinar el número de estaciones de trabajo y de operarios que son necesarios para llevar a cabo el proceso de estudio en el Takt Time previamente calculado.

3.3.3.2.1 Mapa de la cadena de valor

El Value Stream Mapping (VSM), o “Mapa de la cadena de valor” es una herramienta de mejora continua que se emplea para representar todas las actividades de un proceso de fabricación (tanto las que aportan valor como aquellas que no), normalmente de un producto, de una familia de productos o de un determinado número de piezas.

Tiene como objetivo la reducción del tiempo improductivo y de los desperdicios o actividades que no aportan valor añadido al proceso, entendiendo como valor añadido la actividad que transforma la materia prima o la información para satisfacer las necesidades del cliente (Rother & Shook, 2009).

El VSM es una herramienta visual que se utiliza para resumir el flujo actual de materiales e información, con el fin de identificar los desperdicios e implantar mejoras en el futuro como queda representado en la **Figura 20**.



Figura 20: Descripción proceso VSM. Fuente: (Salvo Marí, s. f.)

Aquellas empresas que no poseen un VSM, tienen como principal prioridad el ahorro económico, de modo que no se establece una forma de trabajo robusta y estandarizada. El hecho de no emplear técnicas de mejora que proporcionen una evolución positiva en la cultura de trabajo a largo plazo se traduce en un bajo impacto en la economía de la empresa y en un camino a seguir sin definir.

Para poder establecer un camino definido y ordenado, se emplea el mapa de cadena de valor de modo que se puedan apreciar rigurosamente las operaciones y actividades que se dan en los procesos productivos de una empresa y así, entender el modo de coordinación entre las diferentes actividades entendiendo el proceso en su conjunto.

Dicho esto, el flujo del proceso de tareas que sería necesario adoptar para la correcta confección del mapa sería el que se muestra en la **Figura 21**:

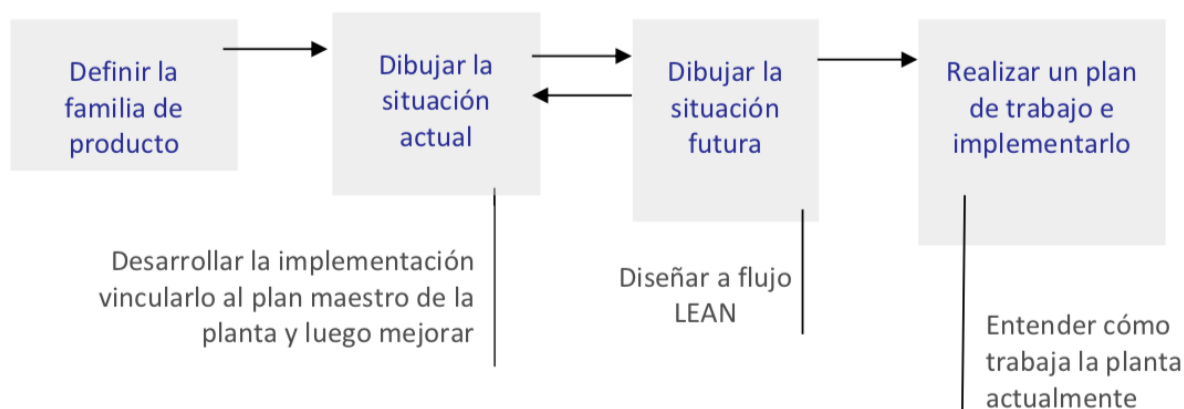


Figura 21: Flujo de tareas para realización de VSM. Fuente: (Salvo Marí, s. f.)

Los principales mapas con los que se debería trabajar son:

- Mapa del estado actual: contiene información y datos de la planta en las condiciones actuales.
- Mapa del estado futuro: representa el estado del negocio en los próximos 3-6 meses, después de eliminar el desperdicio y mejorar el flujo.

- Mapa del estado ideal: representa una visión 'Lean' de un proceso o de una planta de producción

Tras presentar los tipos de mapas con los que se va a trabajar, se plantean los pasos estándar para la correcta realización de dicho mapa de valor:

1. Identificar el propietario/gerente de la cadena de valor. El propietario/gerente es aquella persona responsable de crear un mapa futuro y liderar su implantación. Esta posición le proporciona, por tanto, autoridad para realizar cambios que afectan a distintos departamentos y funciones. Entre sus funciones se encuentra la obligación de actualizar regularmente el VSM y mantenerlo alineado con los objetivos de la planta. El gerente del VSM debe estar acompañado por un equipo de personas pertenecientes a los departamentos de Logística, Procesos, Producto, Calidad y Producción.
2. Definir el nivel y límites del mapa de producto. Se definen los límites del mapa comunicándolo a toda la organización. El mapa ideal sería el que mostrara el conjunto del proceso de la planta. Sin embargo, se debe elegir un nivel más manejable para asegurar el éxito.

Para poder definir los límites se sigue el flujo de material Muelle a Muelle o Dock to Dock (**Figura 22**), que consiste en conocer las materias primas (MMPP) que entran al proceso, y tras el proceso de fabricación que sufren, registrar el producto terminado que se obtiene.



Figura 22: Flujo de material en el proceso productivo. Fuente: (Salvo Marí, s. f.)

3. Calcular los requisitos del cliente. En este punto se marcan los requerimientos del cliente (Takt Time). Entendemos el Takt Time como la velocidad con la que los clientes demandan el producto, es decir, la frecuencia de fabricación que cumpliría con la demanda del cliente. Teniendo este paso, nos aseguramos de que la producción sea exactamente la demanda del cliente en el tiempo en el que lo demanda. Por lo tanto, es la tasa que informa de cuántos productos se necesitan producir en un día o un turno de trabajo. Esta tasa se calcula como:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ de\ trabajo\ disponible\ por\ turno}{Demanda\ del\ cliente\ por\ turno} \quad (1)$$

Para el cálculo de este requerimiento se debe conocer los turnos de fabricación por día o semana, así como las horas disponibles por turno y la demanda diaria, semanal o mensual del cliente.



4. Trazar un mapa del flujo del proceso interno utilizando iconos estandarizados. En este punto es aconsejable realizar previamente un diagrama del flujo del proceso interno empleando símbolos estandarizados que representen cada operación del proceso productivo y el flujo de materiales. Anteriormente ya se definió esta simbología en el punto **3.3.3.1**, concretamente en la **Tabla 1**.

5. Recoger datos del proceso y medibles. Primero, se realiza un estudio de los tiempos de ciclo llevando a cabo un balanceo o equilibrado de las líneas del proceso. Seguidamente, se analizan de manera detallada las actividades recogiendo datos de estas. Finalmente, se calculan métricos de mejora continua.

El análisis detallado de las actividades consiste en, además de exponer las operaciones que se realizan, determinar aquellas actividades que no aportan valor añadido al proceso, o lo que es lo mismo, actividades improductivas. Para el análisis será necesario conocer:

- Nombre de la operación.
- Tiempo de ciclo.
- Tiempo de fabricación (h o turno).
- Paradas programadas y no programadas.
- El material que interviene en el proceso.
- El stock existente de materia prima y de producto terminado.
- Frecuencia de cambio de modelo de fabricación.
- Scrap o defectos por turno.
- Operadores por puesto

6. Trazar un mapa del flujo de material y de información para el cliente, proveedor, MP&L (Material Planning and Logistic).

En el flujo de materiales debe constar la entrada de las materias primas (**MMPP**) del proveedor a la recepción de la empresa, el trabajo en proceso y entre procesos, y, por último, el envío del producto acabado a los clientes.

Por otra parte, los requisitos que deberán plasmarse en el VSM del flujo de materiales son:

- Distancia de envío.
- Método de envío.
- Frecuencia de envío.
- Inventario intermedio.
- Stock de seguridad.
- Porcentaje de defectos.

Por lo que respecta al flujo de información, este cubre la mitad superior del mapa y suele incluir el flujo entre el cliente y el MP&L, el flujo entre MP&L y proveedores, y para finalizar, la corriente de información entre MP&L y el departamento de producción de la empresa. A parte de esta información típica y necesaria, se suelen incorporar datos como la programación de la producción, la programación de los envíos y también información telefónica.

7. Calcular el valor añadido total y el tiempo improductivo (o lead time). Se debe calcular el tiempo de valor añadido (t_{VA}) y el tiempo improductivo (2), que es el tiempo que una pieza tardaría en recorrer todas las posiciones que no añaden valor de un proceso o cadena de valor. Es necesario, por lo tanto, hacer una distinción entre el tiempo improductivo y el Lead time, ya que este último engloba todos los procesos por los que pasa un material, desde que la materia prima se descarga en el muelle de la empresa hasta que se produce la expedición del producto terminado.

$$t_{improductivo} = t_{improductivo\ de\ inventario} + t_{improductivo\ de\ proceso} \quad (2)$$

Tiempo improductivo de inventario (3) Incluye:

- Triángulos de recepción de materiales.
- Triángulos de trabajo en el proceso.
- Triángulos de producto terminado.

$$t_{improductivo} = t_{improductivo\ de\ invent.} + t_{improductivo\ de\ proceso.} \quad (3)$$



Figura 23: Simbología asociada al proceso de inventario en el VSM

$$t_{improductivo\ de\ invent.} = \frac{\text{Cantidad inventariada}}{\text{Demanda diaria cliente}} \quad (4)$$

Tiempo Improductivo de proceso (5) incluye:

- Operaciones sin valor añadido (NVA)
- Inspecciones
- Esperas
- Transporte

$$t_{improductivo\ de\ proceso} = t_{NVA} + t_{esperas} + t_{inspecciones} + t_{transporte} \quad (5)$$

Una vez hechos estos cálculos, se procede a dibujar la línea de tiempo del mapa de la cadena de valor.

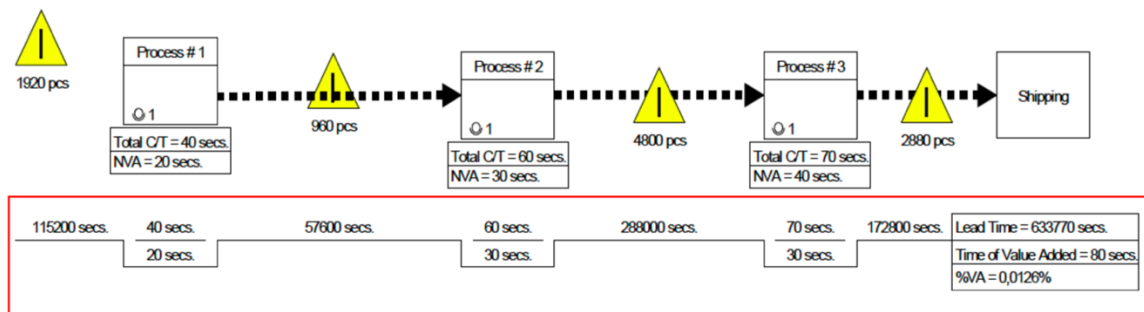


Figura 24: Línea de tiempo del VSM. Fuente: (Rother & Shook, 2009)

La línea del tiempo en el VSM se ha de dibujar debajo de los símbolos de proceso y triángulos de inventario (Figura 24). El tiempo improductivo comprende los tramos de inventario, que sumado a los tiempos de ciclo de cada proceso nos proporcionarán el

Lead-Time del proceso productivo, que como afirman Rother & Shook (Rother & Shook, 2009) es el tiempo total desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa y se entrega al cliente. Por otra parte, los tramos de tiempo situados en la parte inferior de los símbolos de proceso aportan información acerca del tiempo de valor añadido o tiempo de proceso.

El flujo de materiales e información de la situación futura consiste en un mapa del estado mejorado. Para ello, se dibujan las mejoras en el mapa actual.

El mapa del estado futuro debe focalizarse en la reducción de los tiempos de parada y la chatarra y los cambios han de ser rápidos. También se debe procurar reducir las unidades que no aportan valor añadido y con ello mejorar el Lead-Time o tiempo improductivo.

8. Llevar a cabo un 'brainstorming' (tormenta de ideas) sobre las oportunidades de mejora.
9. Desarrollar un Plan Maestro de la Cadena de Valor. Finalmente, se tiene la implantación del plan de trabajo que debe estar estrechamente vinculado a los objetivos de la organización y se han de identificar factores comunes de fallo a la hora de implantar la visión de estado futuro. Además, se deben programar revisiones regulares por área o departamento para llevar un control exhaustivo para que de este modo se pueda actuar frente a posibles fallos en el proceso.

Como se ha expuesto a lo largo del texto, el mapa de la cadena de valor o VSM tiene como objetivo principal la optimización en la empresa a todos sus niveles. Esto es, prioritariamente se pretende acabar con el desperdicio, ya sea eliminando la producción innecesaria, los inventarios o el transporte. Del mismo modo, se pretende gestionar los flujos de información y logística enfocando a la empresa sobre el flujo de materiales e información. Por tanto, para el buen funcionamiento de una empresa y para promover la mejora continua en una organización debe establecerse un flujo continuo de materiales e información. Para ello se deben cumplir acciones como: conocer las demandas del cliente de manera exacta y actualizada, realizar inventarios reducidos (únicamente de MMPP), favorecer la existencia de pocos vínculos de transporte, que sea poca información la que se haya de procesar y reducir al máximo el Lead-Time o tiempo improductivo del proceso de fabricación.

3.3.4 Curva de aprendizaje

Se entiende como curva de aprendizaje como una línea que muestra la relación entre el tiempo en que se tarda en realizar una tarea en función de la experiencia que se tenga en su desempeño.

De acuerdo con la Ley de Wright "para cualquier operación que se repita, el tiempo medio necesario para la operación disminuirá en una fracción fija conforme se duplique el número de repeticiones".

La teoría de curvas de aprendizaje se basa en tres suposiciones:

1. El tiempo para completar una tarea será menor cada vez que se realice la tarea.
2. La tasa de disminución del tiempo por unidad será cada vez menor.
3. La reducción en tiempo seguirá un patrón previsible.

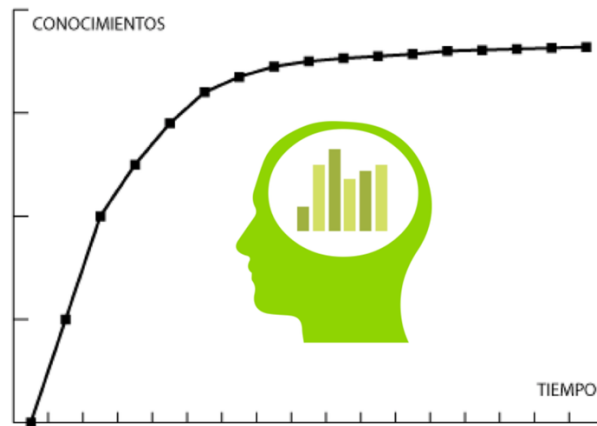


Figura 25: Estancamiento ponderal del aprendizaje en función del tiempo. Fuente: (Nieto, 2014)

Como se observa en **Figura 25**, existe un estancamiento en la obtención de conocimientos, lo que implica que existe también un estancamiento en la reducción del tiempo necesario para llevar a cabo la actividad de estudio.

Dada la importancia que ha demostrado tener el uso de las curvas de aprendizaje se han establecido pautas para mejorar el desempeño individual basado en esta teoría. Algunas pautas son la selección y capacitación apropiada de los trabajadores, la motivación, la especialización del trabajo, el rediseño del trabajo por parte de los propios trabajadores y el uso de herramientas o equipos que ayuden o apoyen al desempeño.

CAPÍTULO IV. Estudio de la situación inicial

4.1 Introducción

En el presente capítulo se va a presentar el estudio de la situación inicial. Como se ha explicado en el apartado 2.3, la planta de Liria se encuentra dividida en varias zonas. El área de estudio de este TFM se encuentra dentro de la zona de producción, más concretamente se trata de un premontaje. Sin embargo, se trata en sí mismo de un producto diferenciado, ya que se puede suministrar individualmente. El producto que se va a estudiar es la Disconnected Unit (DU) y su ubicación dentro de la zona de producción se puede observar en la **Figura 9**.

Teniendo en cuenta que se trata de realizar una mejora en el proceso de montaje de la DU, primero se debe evaluar el estado inicial del proceso de montaje y proceder a introducir las medidas en función de las necesidades que se han ido detectando mediante los métodos descritos en el apartado **3.1**.

4.2 Descripción del proceso productivo en el área en estudio

Para poder describir el proceso productivo que se lleva a cabo en el área de estudio, se debe tener en cuenta que existen actualmente tres productos diferenciados que se montan en esta área:

DU NEC17

DU NEC14

DU HEC

Estos tres productos tienen necesidades/día diferentes, ya que no siguen una demanda constante. También poseen subcomponentes distintos, así como el proceso de montaje no requiere de los mismos pasos. En este trabajo, solo se procede al estudio de la DU NEC14 y DU NEC17.

Para obtener como producto final la DU NEC14 y la DU NEC17 es necesario el montaje previo de:

1. Remachado de la estructura.
2. Montaje del cajón de usuario.
3. Montaje de las pletinas de conexionado.
4. Premontaje de las bandejas.
5. Montaje de bandejas.
6. Premontaje de las tarjetas de medida.
7. Montaje tarjeta de medida.
8. Montaje del marco de sellado.
9. Cableado del equipo.
10. Montaje de las puertas.
11. Testeo del equipo.
12. Montaje de los aislantes.

Una vez se han finalizado estos pasos, el equipo se lleva a la **Fase 3** de la línea del inversor (equipo fuera del alcance del presente proyecto), donde se procede a su montaje y conexionado con el mismo.

4.3 Distribución en planta al comienzo del estudio

Para poder comprobar las modificaciones realizadas tras el estudio en la distribución en planta actual, se muestra la distribución inicial que se puede observar en el **PLANO 3**; así como en el **PLANO 5** se puede ver la distribución finalmente implantada.

4.4 Diagrama de flujo

Conocidos los procesos de montaje necesarios para la obtención del producto terminado, como es la etapa de potencia, es indispensable conocer el flujo de proceso que siguen las materias primas y sub-ensamblajes hasta el montaje final. Este proceso se muestra en el diagrama de flujo siguiente (**Figura 26**).

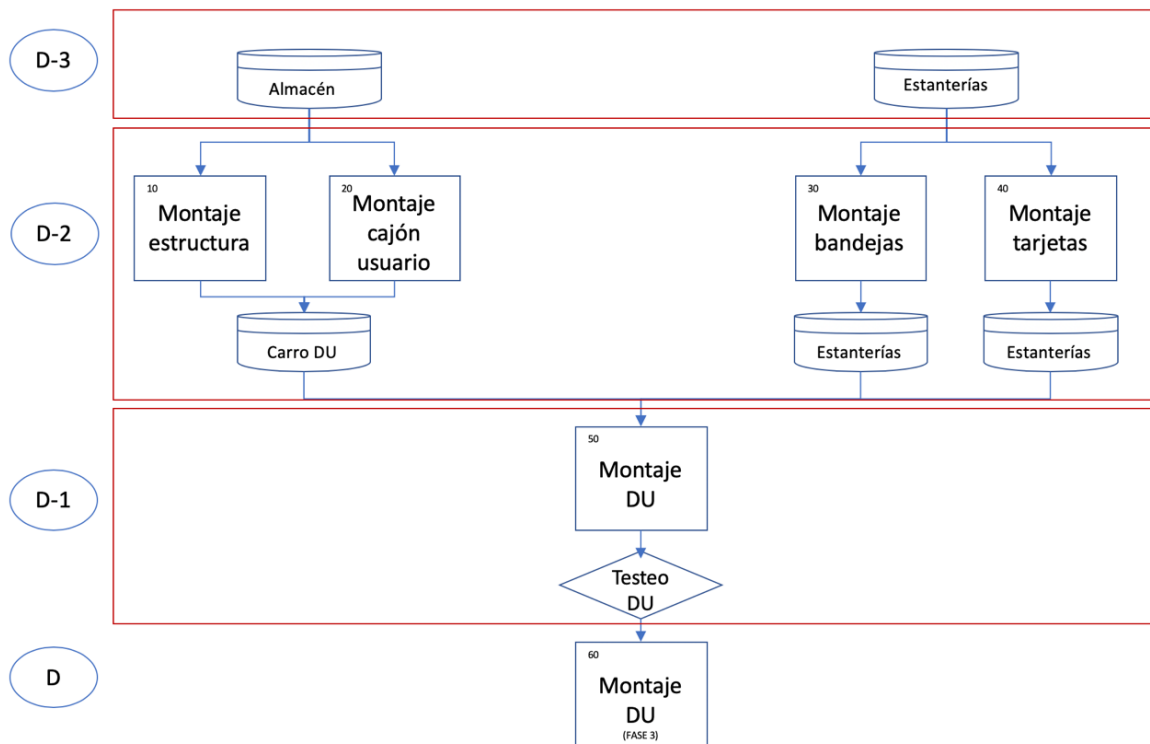


Figura 26: Diagrama de flujo de proceso de DU. Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en el diagrama, para llevar a cabo el montaje final del conjunto es necesario haber montado previamente el resto de los conjuntos semielaborados, obteniendo así las relaciones de precedencia entre las diferentes actividades. Una vez montado todo el conjunto, éste se testeará y permanecerá a la espera de su montaje final en el equipo o será enviado como un producto final.

Además, es importante destacar que al ser un diagrama normalizado se emplean los símbolos correspondientes de operación, demora o almacenamiento provisional e inspección presentados en el apartado de introducción.

Gracias al diagrama de flujo de proceso se pueden comprender con mayor facilidad los montajes que se dan en el área de estudio para, así, poder trabajar en su mejora tanto por subproceso como con el proceso en su conjunto.



4.5 Estudios de métodos

Para conocer con más detalle el conjunto de procesos que se realizan en el área con el objetivo de alcanzar el producto final, se ha realizado un estudio de métodos en el que se busca estandarizar cada una de las operaciones y así obtener un método robusto que todo el mundo pueda ejecutar del mismo modo, en el mismo periodo de tiempo y con las mínimas variaciones posibles.

Cada una de las operaciones que se muestran en la **Figura 27** comporta un conjunto de suboperaciones que se han tenido en cuenta para el estudio de tiempos que se explica en el siguiente apartado.

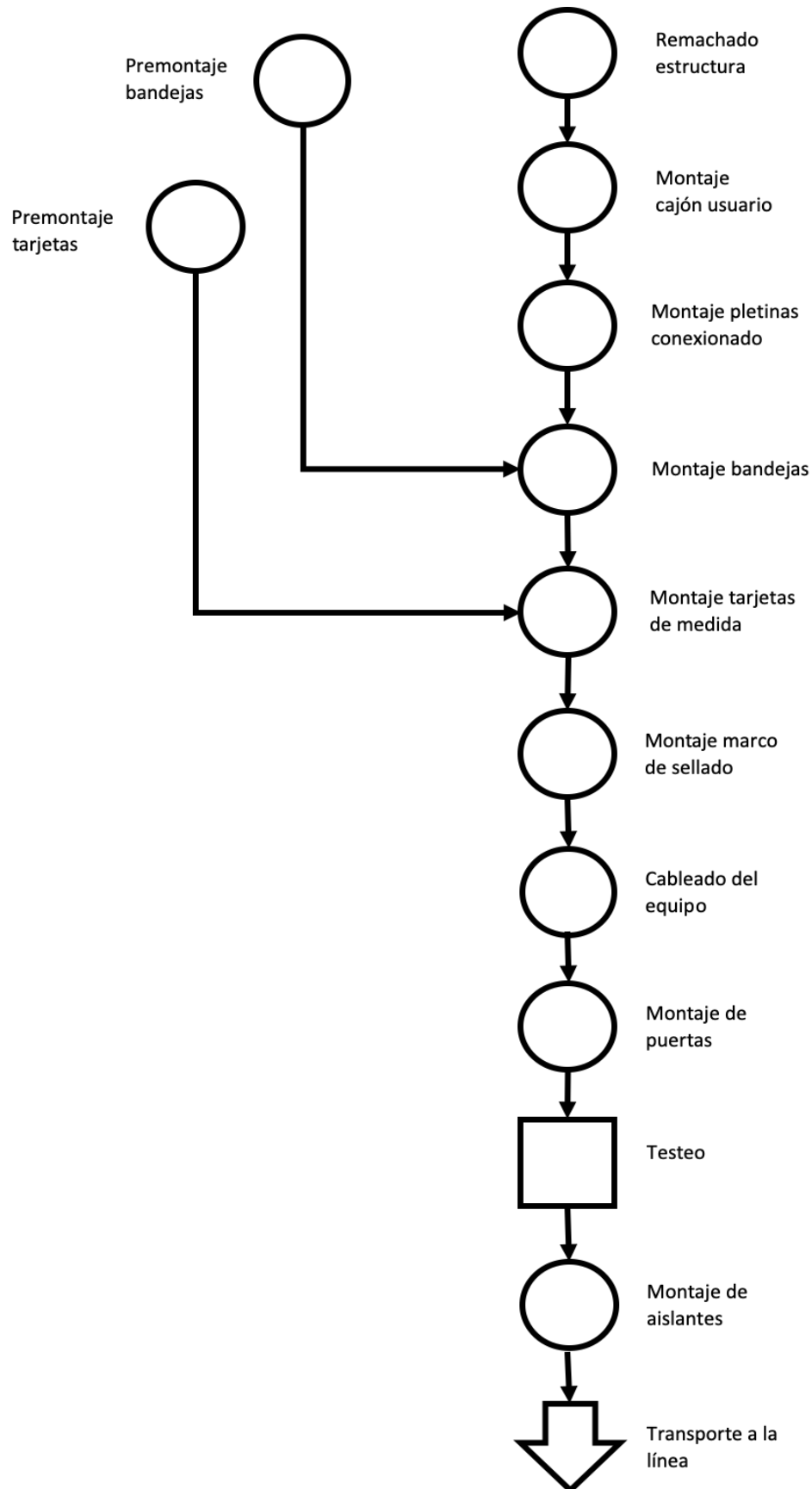


Figura 27: Estudio de métodos NEC17. Fuente: Elaboración propia

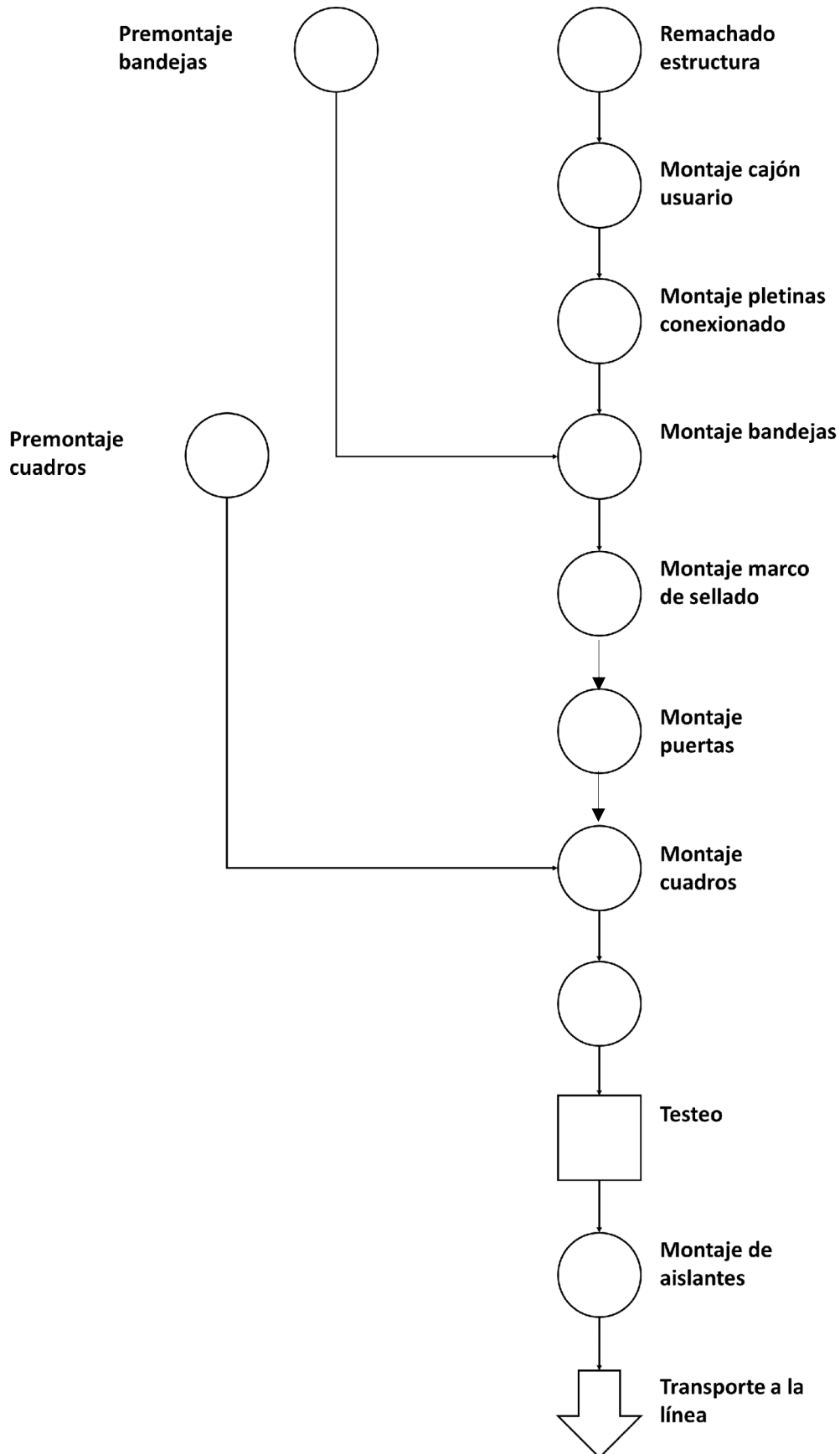


Figura 28: Estudio de métodos NEC14. Fuente: Elaboración propia



4.6 Estudio de los tiempos

A continuación, se realiza un estudio de tiempos del proceso de montaje. El estudio de tiempos es una técnica empleada en la Medición del Trabajo, siendo ésta la técnica más precisa y que mejor permite cuantificar los desperdicios en los procesos.

Este estudio de tiempos se realizó llevando a cabo una fragmentación inicial del proceso de montaje del equipo y midiendo el tiempo de inicio a fin de la tarea definida. Se ha tomado tiempos de aquellas tareas determinadas mediante el estudio de métodos representados en la **Figura 27** y en la **Figura 29**. Para poder eliminar la distorsión producida debido a la diferencia entre la experiencia de cada operario, se realizaron tres medidas durante los diferentes turnos y se obtuvo la media mostrada en la **Tabla 2** y en **Tabla 3**. En ellas se presentan los tiempos resumen de cada uno de los semielaborados y del montaje del final.

Además de para establecer tiempos tipo a la hora de lanzar un proyecto nuevo, la Medición del Trabajo es útil para determinar el tiempo durante el cual no se está generando valor añadido.

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

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



PROCESOS	Producción de DU NEC 17		Toma de tiempos												Observadora: Natalia Vidal
	No.	Proceso	Px	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Premontaje estructura	2	45	46	43	44	47	41	45	44	41	43	46	47	45
2	Montaje goma sellado	2	5	4	6	4,5	5,7	4,9	6	5,9	4,7	5,5	4,7	5	6
3	Montaje aisladores cajón	2	10	10	9	11	11	10	12	11	12	9	11	12	11
4	Montaje pasamuros	2	10	11	11	11	9	12	10	9	9	11	12	12	11
5	Montaje pletinas cajón	2	10	12	9	11	9	9	12	12	9	12	11	11	11
6	Montaje pletinas tierra	2	10	11	12	11	9	12	11	9	9	10	9	11	11
7	Subir estructura + Montaje aisladores estructura	1	8	9	9	8	8	8	9	8	9	8	8	8	9
8	Montaje canaletas	1	27	27	25	27	28	28	25	25	28	25	29	29	27
9	Montaje pletinas positivo	2	5	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	6	6
10	Montaje soporte pletinas bandeja	1	15	15	14	15	14	16	16	15	16	14	16	16	16
11	Montaje pletinas bandejas	2	25	25	25	24	25	26	25	25	24	26	24	26	25
12	Montaje bandejas superiores	2	15	18	17	14	13	15	14	14	17	16	15	14	16
13	Montaje bandejas inferiores	2	31	29	32	34	31	33	31	32	32	29	30	32	32
14	Montaje tarjetas	2	20	20	21	18	21	21	18	21	20	18	19	18	20
15	Montaje marco sellado	2	15	15	15	15	16	14	14	14	14	15	15	13	15
16	Montaje puertas	2	15	13	15	13	14	14	13	13	16	15	13	15	15
17	Montaje cuadros	2	3	4	4	2	3	4	4	3	3	4	4	4	4
18	Fusibles	2	36	38	38	35	38	34	36	35	35	38	33	37	37
19	Cableado	2	142	140	142	145	143	142	139	145	140	138	144	145	143
20	Testeo	1	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
21	Montaje POLICARBONATOS	2	20	22	21	19	21	20	22	22	20	21	20	21	21
Tiempo de ciclo															601

Tabla 2: Tiempos medidos por proceso en la NEC17. Fuente: Elaboración propia



PROCESOS		Producción de DU NEC 14			Toma de tiempos										Observadora: Natalia Vidal	
No.	Proceso	Px	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Tiempo promedio (min)	
1	Premontaje estructura	2	45	44	46	45	44	45	45	46	46	43	46	46	46	
2	Montaje goma sellado	2	5	5	4	4	3	6	5	6	4	4	5	4	5	
3	Montaje aisladores cajón	2	10	9	9	10	8	11	11	9	11	10	8	9	10	
4	Montaje pasamuros	2	10	9	10	8	9	10	11	8	11	9	10	8	10	
5	Montaje pletinas cajón	2	10	8	10	11	11	8	8	11	10	8	9	11	10	
6	Montaje pletinas tierra	2	10	8	10	9	8	10	9	8	11	10	8	8	10	
7	Subir estructura + Montaje canaletas	1	32	33	35	33	30	34	35	29	33	30	31	33	33	
8	Montaje aisladores estructura	1	5	6	3	6	5	6	5	4	6	4	3	6	5	
9	Montaje pletinas positivo	2	25	25	26	24	25	25	23	25	27	24	24	27	25	
10	Montaje soporte pletinas bandeja	1	10	10	10	10	11	10	9	10	9	9	11	10	10	
11	Montaje pletinas bandejas	2	10	8	9	12	12	11	11	10	9	9	11	8	10	
12	Montaje bandejas superiores	2	30	31	29	29	31	30	27	28	27	30	31	30	30	
13	Montaje bandejas inferiores	2	69	68	69	66	68	72	65	71	65	66	65	70	68	
14	Montaje tarjetas	2	10	10	10	8	9	9	11	12	8	11	11	11	10	
15	Montaje marco sellado	2	15	16	16	14	13	16	13	15	17	13	16	15	15	
16	Montaje puertas	2	10	11	9	11	8	11	9	11	9	11	11	8	10	
17	Montaje cuadros	2	5	3	4	3	3	6	5	5	6	5	3	3	5	
18	Fusibles	2	36	34	38	35	38	34	36	35	35	38	33	37	36	
19	Cableado	2	188	182	185	176	185	175	181	184	187	189	179	176	183	
20	Testeo	1	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	
21	Montaje POLICARBONATOS	2	20	18	18	22	18	21	22	21	18	20	20	18	20	
Tiempo de ciclo															671	

Tabla 3: Tiempos medidos por proceso en la NEC14. Fuente: Elaboración propia

4.7 Incidencias encontradas

En capítulos anteriores se ha expuesto el contexto de la empresa donde se ha llevado a cabo el proyecto, así como los conceptos teóricos que se aplican en el mismo. Seguidamente se muestra un listado de oportunidades de mejora, las cuales han sido analizadas para encontrar las causas raíz mediante una de las herramientas de Lean Manufacturing presentada en el CAPÍTULO III, el diagrama de Ishikawa.

Posteriormente a la presentación de las incidencias encontradas, se presentan las acciones que se han llevado a cabo para corregirlas.

4.7.1 Incidencia 1: Herramientas en mal estado

Se observa que el personal realiza muchos movimientos dentro del área en búsqueda de las herramientas necesarias para poder realizar la tarea que deben llevar a cabo, así como se observa que algunas veces las herramientas empleadas no funcionan correctamente lo que podría derivar en problemas de calidad.

El impacto generado es una disminución de la productividad y posibles problemas de calidad. Se considera una incidencia de importancia alta ya que el tiempo empleado no aporta valor añadido al producto final, así como podría derivar en un mal funcionamiento del equipo. Estos movimientos innecesarios (3.1) se deben eliminar.

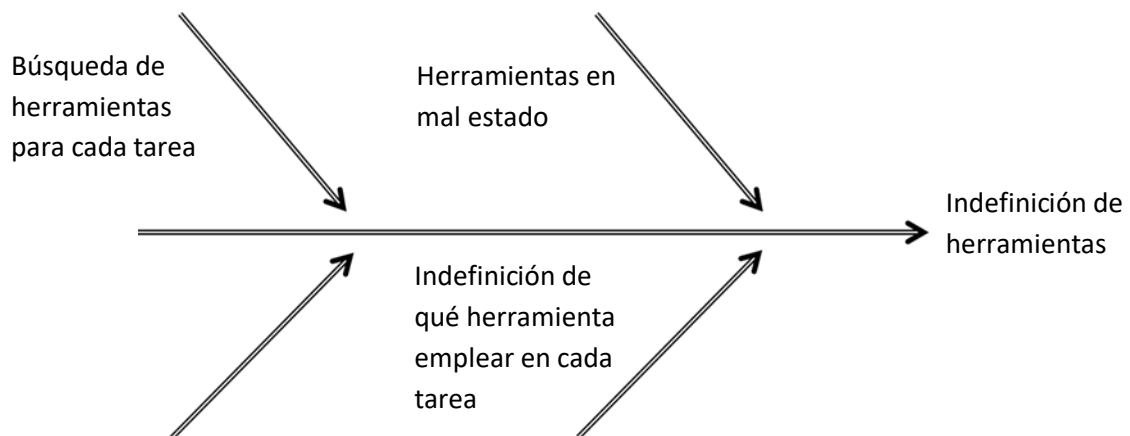


Figura 29: Diagrama Ishikawa indefinición de herramientas. Fuente: Elaboración propia

4.7.2 Incidencia 2: Indefinición del procedimiento de No Conformidades

Cuando existen problemas de calidad en las piezas que se deben emplear para el montaje, los trabajadores desconocen qué pasos se deben seguir.

Se observa que, a veces, ubican aquellas piezas No Conformes sobre un palet. Sin embargo, no informan al departamento de calidad. Otras veces, por la falta de formación de los trabajadores utilizan dichas piezas y tras el proceso de testeo se identifica que ha se ha empleado un componente en mal estado.

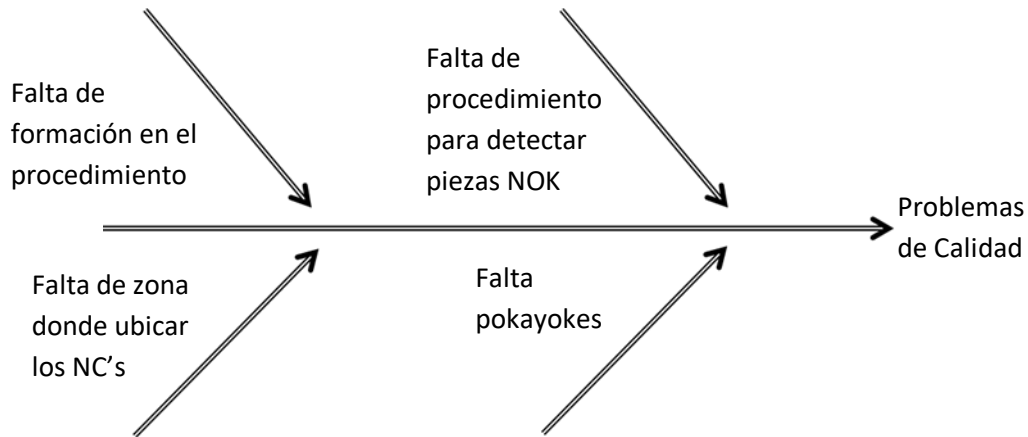


Figura 30: Diagrama Ishikawa problemas de calidad. Fuente: Elaboración propia

4.7.3 Incidencia 3: Indefinición del área de trabajo

Se observa que el departamento de logística interna deja el material de forma aleatoria cada vez. Esto implica un aumento de los movimientos dentro del área por ir buscando la pieza que se requiere en cada momento.

En el área de estudio se emplean diversos materiales con embalajes que deben ser reciclados apropiadamente. Desde el departamento de medioambiente se solicita al departamento de procesos que se designe un espacio destinado exclusivamente al reciclaje.

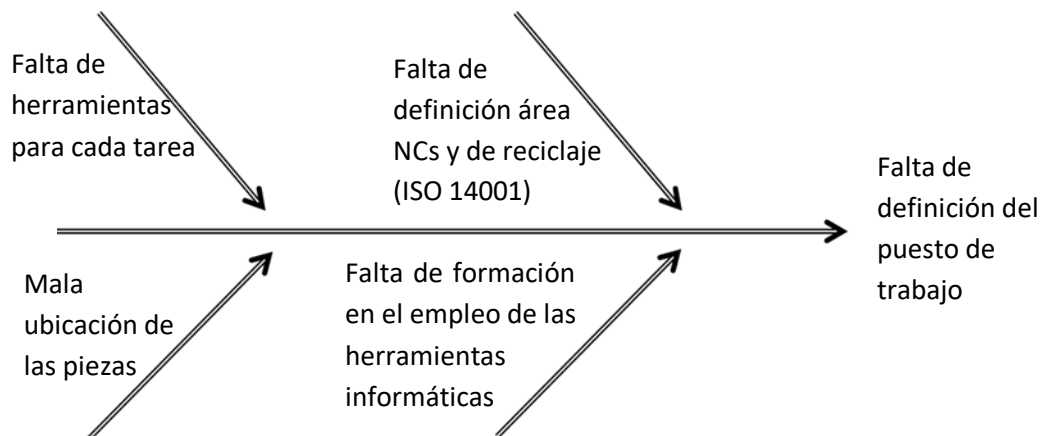


Figura 31: Diagrama Ishikawa definición puesto de trabajo. Fuente: Elaboración propia

4.7.4 Incidencia 4: Falta de materiales

Durante el estudio del área productiva se ha detectado momentos ociosos entre los trabajadores provenientes en su mayoría de una falta de abastecimiento de material para poder realizar las tareas programadas.

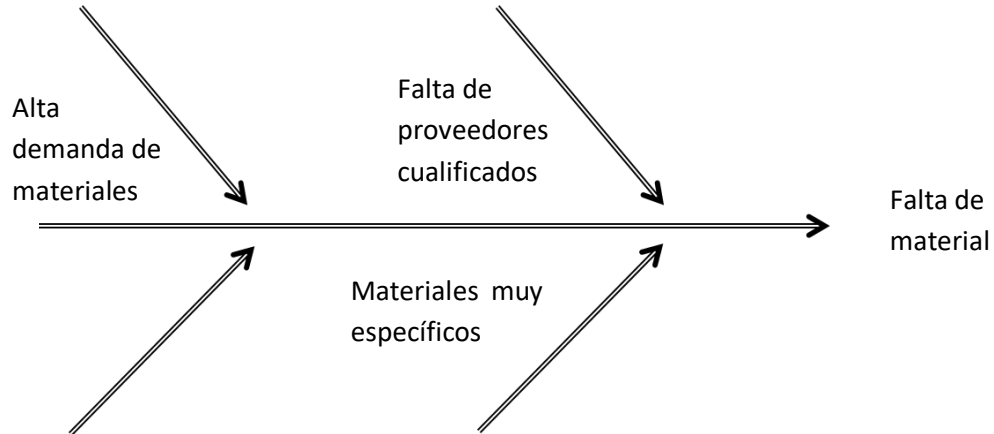


Figura 32: Diagrama Ishikawa falta de material. Fuente: Elaboración propia

4.7.5 Incidencia 5: Procesos sin valor añadido

Al realizar el estudio de tiempos (**Tabla 2** y **Tabla 3**) se detecta que los siguientes procesos incrementan el tiempo de montaje del equipo sin aportar valor añadido al mismos:

4.7.5.1 Embutido de tornillería

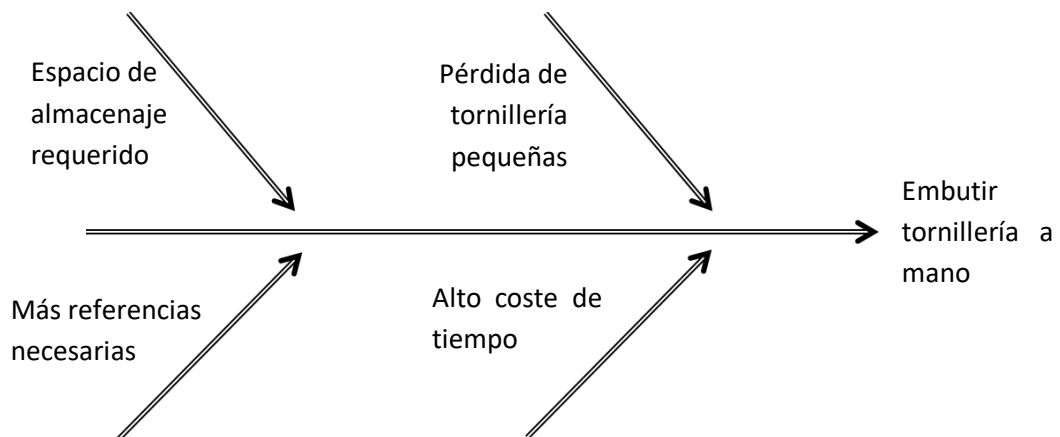


Figura 33: Diagrama Ishikawa tornillería sin embutir. Fuente: Elaboración propia

4.7.5.2 Remachado de estructura

Al realizar el estudio de tiempos, se ha determinado que el remachado de la estructura de la DU no aporta ningún valor añadido al conjunto del equipo, sin embargo, representa un porcentaje importante del tiempo total.

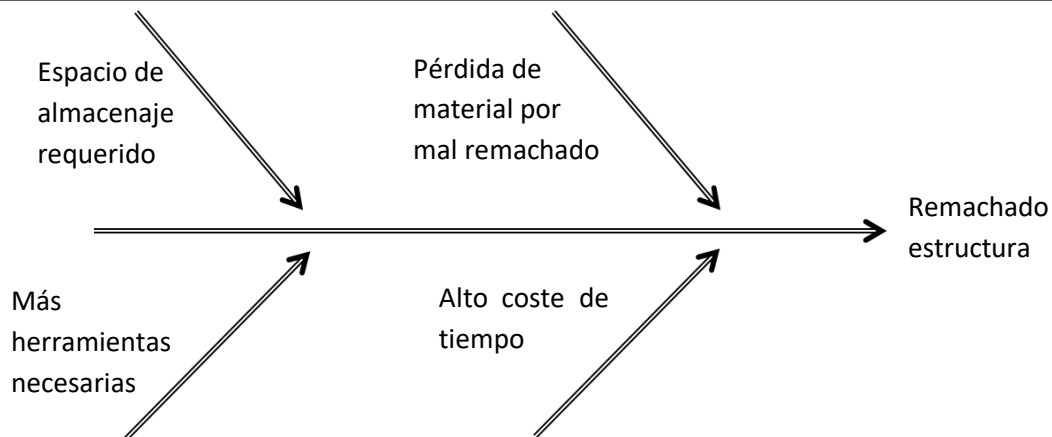


Figura 34: Diagrama Ishikawa remachado estructura. Fuente: Elaboración propia

4.7.5.3 Corte de canaleta

Al realizar el estudio de métodos y tiempos se ha observado que el área se pierde mucho tiempo en el cortado de las canaletas necesarias, así como se genera mucho desperdicio. Estos son los motivos que nos han llevado al diseño de un área dentro de la planta para el cortado de todas las canaletas necesarias, optimizando los recursos.

Para poder llevar a cabo esto, se ha tenido que diseñar un carro específico para el transporte y almacenaje dentro de cada área de las canaletas cortadas. Se puede observar su diseño en la **Figura 56**.

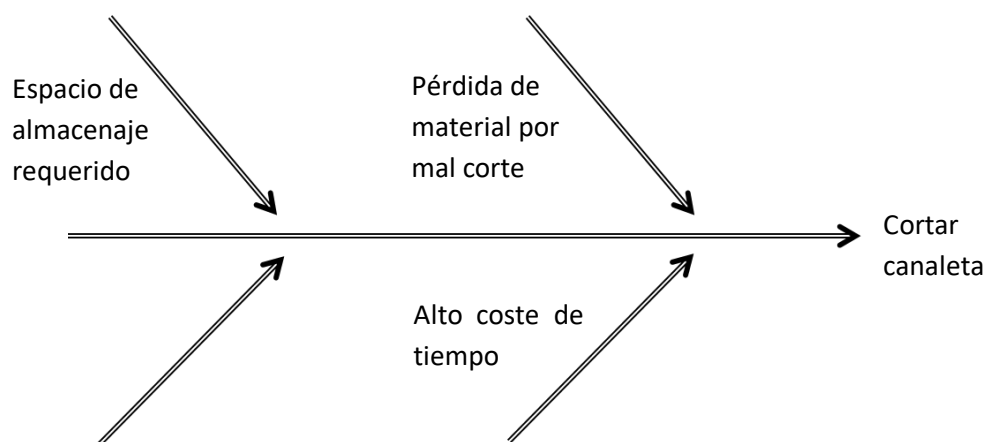


Figura 35: Diagrama Ishikawa corte canaleta. Fuente: Elaboración propia

4.7.6 Incidencia 6: Indefinición de los embalajes de materia prima

Durante el estudio del área productiva se observa que cada proveedor emplea su propio embalaje. Esto supone un problema para los operarios, ya que les dificulta encontrar el material deseado, al mismo tiempo produce ruido visual en el área de trabajo y dificulta estandarizar los puestos internos de almacenaje del área productiva.

Al igual que la subcontratación del remachado de las estructuras presentes en el equipo, también se lleva a cabo mediante todos los elementos del equipo final un estudio para determinar cuáles deberían ser los embalajes empleados en toda la planta para mejorar la definición de las áreas de trabajo y hacerse extensivo para poder trabajar con dicho embalaje

con los proveedores directamente. No obstante, esta oportunidad de mejora, aunque se emplea para definir el área de montaje de DU, está fuera del alcance de este proyecto.

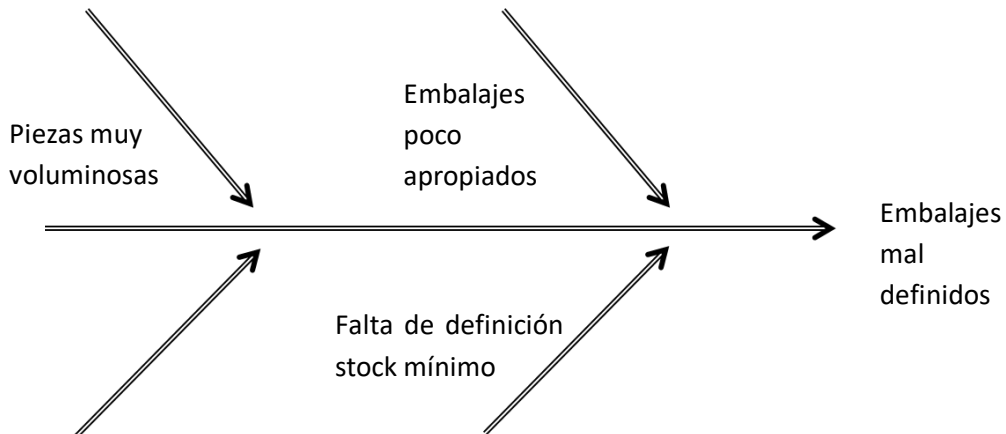


Figura 36: Diagrama Ishikawa de embalajes mal definidos. Fuente: Elaboración propia

4.7.7 Incidencia 7: Invasión de elementos de aprovisionamiento en pasillo de evacuación

Aunque es una oportunidad de mejora puesto que garantiza el cumplimiento de las 5s, debido a que se trata también de un incumplimiento de la normativa de Prevención de Riesgos Laborales, es obligatorio asegurar que estén despejados en todo momento. Este aspecto deberá estar garantizado por el diseño del área.

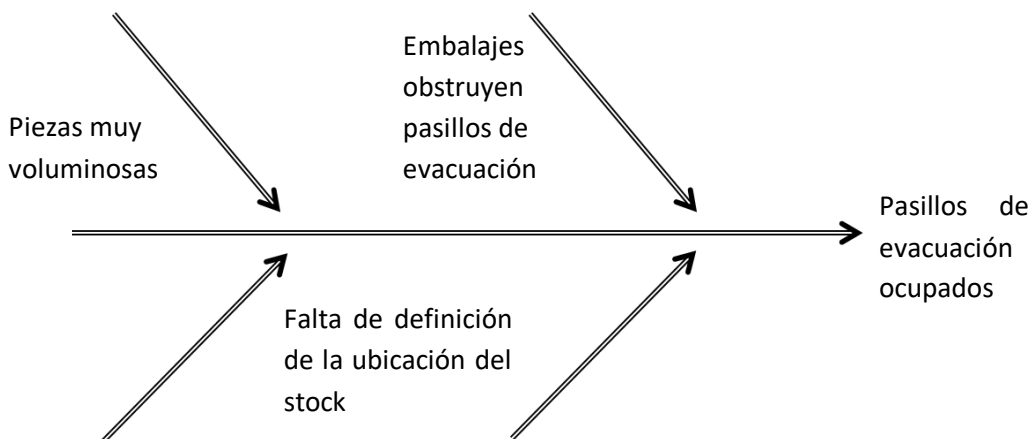


Figura 37: Diagrama Ishikawa de áreas de aprovisionamiento indefinidas. Fuente: Elaboración propia

4.8 Priorización de las oportunidades de mejora

En el apartado anterior se han descrito 7 oportunidades de mejora y se han analizado sus causas raíz. En este apartado se va a indicar el orden de actuación, es decir, sobre cuáles se va a actuar primero. Para llevar a cabo la priorización, se va a utilizar el diagrama PDCA que se describe en el punto 3.3.1 del marco teórico, en el cual se establecen dos criterios para valorar las oportunidades de mejora; importancia y coste.

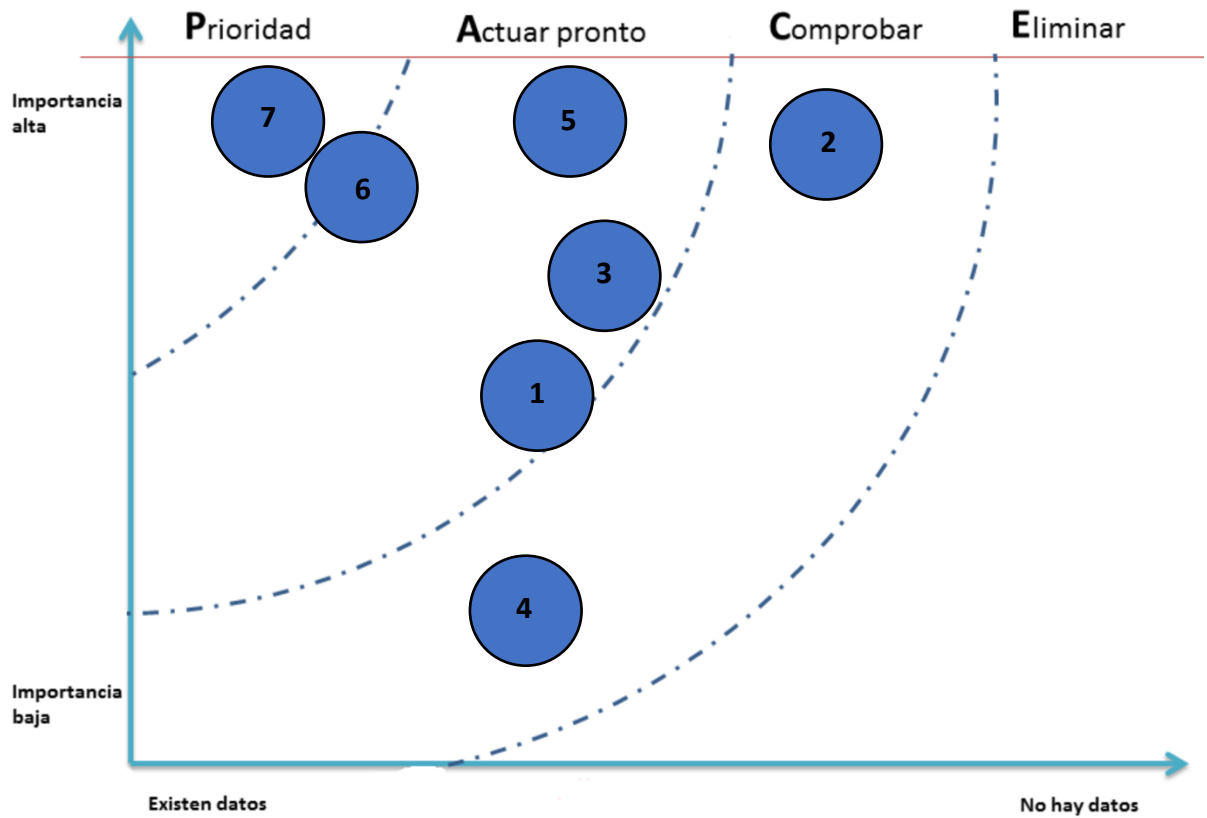


Figura 38: Diagrama PDCA. Fuente: Elaboración propia

Tras el planteamiento del diagrama PDCA se muestra de forma visual las incidencias que deben abordarse en primer lugar ya que son las que pueden mejorar en mayor medida el funcionamiento de la línea.

CAPÍTULO V. Estudio de las oportunidades de mejora encontradas

5.1 Introducción

En el presente capítulo se van a abordar las oportunidades de mejora detectadas en el punto 4.7 del presente trabajo. El orden que se debería emplear para su tratamiento debería ser el establecido según el diagrama PDCA de la **Figura 15**; sin embargo, debido a que la solución implementada de unas determinará la solución final, se decide seguir el siguiente orden:

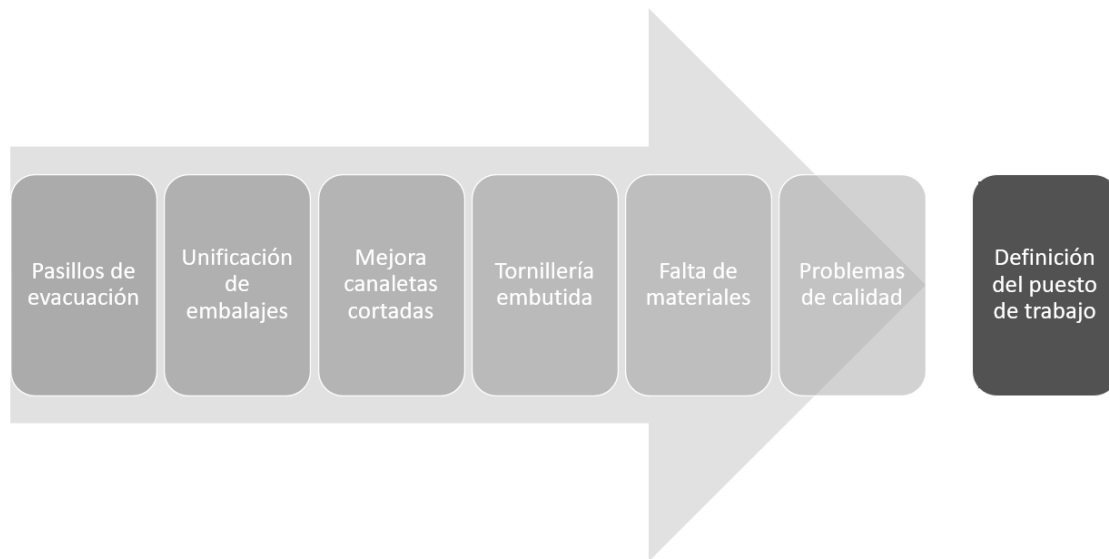


Figura 39: Orden de implementación de las mejoras. Fuente: Elaboración propia.

Al mismo tiempo se deben tener en cuenta las siguientes restricciones impuestas por la dirección de la empresa.

5.1.1 Datos de partida para el dimensionamiento

1. Dimensión total del área destinada a la fabricación de la unidad DU.
 - El espacio destinado después del predimensionamiento llevado por la dirección de la empresa es de: 15,90 x 15,30 m
2. La demanda que desde el departamento de comercial se prevé tras un estudio de mercado es de 15 unidades/día en total, indistintamente NEC14 como NEC17.
 - Esta demanda nos obliga a dimensionar en el peor de los casos que sería 15 unidades/día de un solo equipo.
3. El área es una zona abierta con acceso por cualquier lado.
4. Se encuentra cerca de una salida de emergencia, obligando a disponer de un espacio destinado a pasillo de evacuación, en todo el contorno del área.

5.2 Incidencia 1: Eliminación de obstáculos en el pasillo de evacuación

Como se ha indicado en las restricciones que tiene el área de estudio, es necesario que se disponga de un pasillo de evacuación que recorra toda el área puesto que se encuentra al lado

de una salida de emergencia. En el plano 2 se indica la presencia de la puerta, así como la restricción de tamaño del área para poder cumplir con dicho requisito.

5.3 Incidencia 2: Unificación de embalajes proveedor.

Para solventar las incidencias de falta de material y de no tener un espacio definido para cada elemento se busca como solución la unificación de los embalajes de los materiales.

Con ello se conseguiría una relación de logística inversa con los proveedores, reduciendo el coste del transporte y permitiendo al mismo tiempo la unificación de los elementos de almacenamiento interno de los materiales.

Desde el departamento se buscan diferentes opciones que permitan la unificación de los embalajes.

5.3.1 Opciones presentadas para su análisis:

5.3.1.1 Cajas de plástico

Se presentan 4 tamaños de cajas para las piezas más pequeñas, las cuales pueden ser plegables si así se requiere.



Figura 40: Caja de plástico Mini. Fuente: (*Cajas de Plástico Euronorma | Osona Industrial Plastic, s. f.*)



Figura 41: Caja de plástico Pequeña. Fuente: (*Cajas de Plástico Euronorma | Osona Industrial Plastic, s. f.*)



Figura 42: Caja de plástico Mediana. Fuente: (*Cajas de Plástico Euronorma | Osona Industrial Plastic, s. f.*)

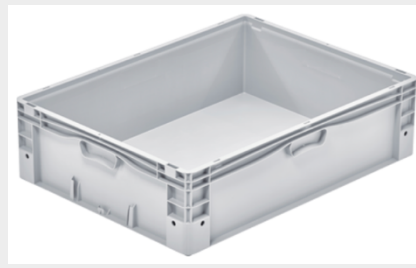


Figura 43: Caja de plástico Grande. Fuente: (*Cajas de Plástico Euronorma | Osona Industrial Plastic, s. f.*)

5.3.1.2 Cajas de cartón



Figura 44: Caja de cartón sobre palet. Fuente:(«MADEC, MADERAS Y EMBALAJES CID», s. f.)

5.3.1.3 Cajas de madera



Figura 45: Caja de madera. Fuente: (*Embalatges caston box*, s. f.)

5.3.1.4 Palets



Figura 46: Europalet. Fuente:

5.3.1.5 Box de plástico

Para las piezas de mayor tamaño se plantea el uso de un box de plástico con dimensiones adaptadas a cada pieza.



Figura 47: Box de plástico. Fuente: (*Contenedores y Box de plástico apilables para embalaje industrial, s. f.*)

5.3.2 Análisis de las opciones

Para poder realizar logística inversa los embalajes deben ser:

1. Reutilizables.
2. Apilables.
3. Compactos.
4. Resistentes a altos pesos.
5. Desmontables cuando estén vacíos para que ocupen poco espacio.
6. Resistente al agua puesto que algunas piezas pueden almacenarse en el exterior.

Con las opciones presentadas y teniendo en cuenta los requisitos anteriormente descritos, se genera la siguiente tabla para facilitar la toma de decisión.

Características	Caja de cartón	Caja de plástico	Caja de madera	Palet	Box de plástico
Reutilizable		X	X	X	X
Apilable	X	X	X	X	X
Compacto	X	X	X	X	X
Resistente a altos pesos		X	X	X	X
Desmontable	X	X			X
Bajo peso	X	X		X	X

Tabla 4: Toma de decisión mejor embalaje. Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados derivados de la **Tabla 3**, se puede observar que las mejores opciones son:

1. Cajas de plástico para elementos de pequeño tamaño.
2. Box de plástico para aquellas piezas de mayor tamaño.

Respecto de los embalajes plásticos para piezas menores, al ser reutilizables permitirán que se establezca una logística inversa con los proveedores, disminuyendo así el tiempo en tratamiento de las piezas en el área de almacén.

EMBALAJE	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)
MINI	200	150	120
PEQUEÑA	400	300	220
MEDIANA	600	400	220
GRANDE	800	600	220

Tabla 5: Dimensiones de las cajas empleadas.

5.4 Incidencia 3: Disposición de material en planta

Tras decantarse por emplear cajas de plástico para las piezas más pequeñas y los box de plástico para las piezas más grandes, surge la necesidad de cómo se van a introducir en el área de montaje empleando el menor espacio posible, cubriendo al mismo tiempo las necesidades fijadas por la demanda.

5.4.1 Opciones para la distribución en el área de las piezas de menor tamaño.

5.4.1.1 Estanterías rígidas



Figura 48: Estantería rígida. Fuente: (Estantería Industrial de Carga Intermedia ECO - Industrias Cruz Centro, s. f.)

5.4.1.2 Estanterías dinámicas



Figura 49: Estantería dinámica. Fuente: (*Estantería Dinámica - Global Lean*, s. f.)

5.4.2 Análisis de las opciones

La estantería que se escoja debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Versatilidad: para poder asumir las variaciones en los diseños del equipo según avance la tecnología.
- Espacio de almacenaje suficiente para poder disponer del material necesario para la demanda.
- Que quepan los embalajes de piezas pequeñas que se han escogido en el punto 5.2.

Tras realizar un análisis de las opciones presentadas, se toma la decisión de emplear estanterías dinámicas porque permiten la versatilidad necesaria para absorber los cambios de diseño debido a la mejora de la tecnología; así como la facilidad para poder introducir distintas dimensiones de caja.

5.4.3 Funcionamiento estantería dinámica

Su funcionamiento se describe en la siguiente **Figura 51**. El operario recibe los embalajes llenos y una vez se han vaciado, los deposita en la fila superior para su retirada y reinicio del proceso de abastecimiento.

A priori las estanterías tendrán dos o tres estantes en la mitad superior, con una pendiente negativa hacia el operario y uno o dos estantes en la mitad inferior con una pendiente negativa hacia el lado contrario (**Figura 51**).

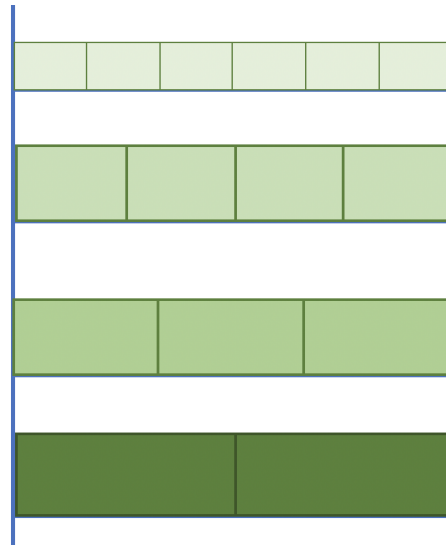


Figura 50: Número de cajas por fila según su tamaño

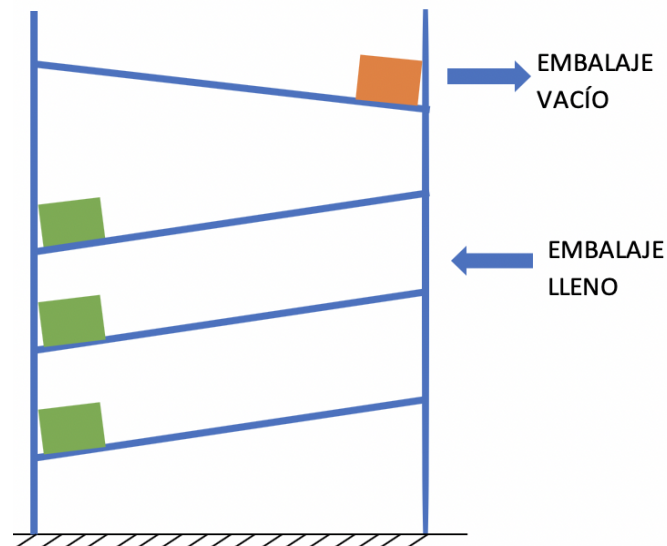


Figura 51: Flujo del material en el aprovisionamiento

En la **Tabla 5** se observan las dimensiones de cada una de las referencias que contiene. En la **Figura 50** se observa el número de cajas según tamaño que se pueden introducir por fila de la estantería.

En la **Tabla 6** se muestran el número de cajas según tamaño que son requeridas para todas las piezas que según tamaño pueden venir del proveedor en cajas.

	Caja Grande	Caja Mediana	Caja Pequeña	Caja Mini
Estantería dinámica PREM14	0	0	7	4
Estantería dinámica PREM17	1	2	2	6
Estantería dinámica N14_1	0	2	3	7

Estantería dinámica N14_2	0	0	8	6
Estantería dinámica N17_1	0	2	6	3
Estantería dinámica N17_2	0	2	8	0
Estantería dinámica PREMV1500	0	1	3	7
TOTAL GENERAL	1	9	37	33
TOTAL NECESARIA	2	27	148	198

Tabla 6: Necesidades de cajas según estantería dinámica

5.4.4 Opciones para la distribución en el área de las piezas de mayor tamaño.

Para las piezas de mayor tamaño se ha determinado en el apartado anterior que la mejor opción eran los box de plástico. Sin embargo, ese tipo de embalaje está pensado para el transporte entre la planta y el proveedor, no para emplearse dentro de un área productiva. Esto motiva la búsqueda de un medio de transporte interno de las piezas así como su empleo para el almacenamiento de los productos intermedios dentro del área.

Para ello se emplean carros de tres alturas como el de la **Figura 52**, a los cuales se les introducirán las piezas requeridas en cada momento en una zona de picking y se transportarán al área en el momento que se necesiten.



Figura 52: Carro almacenaje y transporte bandejas. Fuente: («Carros porta-piezas», s. f.)

Mediante la sustitución de los palets evitamos los siguientes inconvenientes:

- Con el sistema de palets, el operario va vaciando el palet a medida que avanza, mientras que con el nuevo sistema el proveedor sirve las piezas con este embalaje y van directamente al puesto de trabajo o vienen directamente de la zona picking.
- El sistema de palets no es un procedimiento adecuado desde el punto de vista de la prevención puesto que puede afectar a la espalda coger las cajas de los pisos inferiores.

- Para el manejo de palets se requiere de Transpaleta o carretilla, mientras que este diseño se puede manejar manualmente, ya que el peso de las cajas no supera los 25 kg en ningún caso.
- El rendimiento de almacenamiento de los palets es muy ineficiente a medida que se consume el material, ya que emplea mucha superficie. Sin embargo, con la nueva solución se permite el apilado en estructuras y se tiene un fácil acceso.
- El exceso de movimientos de los palets hace que se deterioren fácilmente.
- Los palets no son adaptables.

La solución diseñada genera una reducción en tiempo de manipulación y en espacio, cumpliendo con los objetivos que nos habíamos impuesto.

5.5 Incidencia 5: eliminación de procesos sin valor añadido

Del estudio realizado se extrajo que existían tres actividades que no generaban valor añadido al producto y que requerían de mucho tiempo por parte de los operarios.

5.5.1 Remachado de la estructura

El remachado de la estructura DU, representa un alto porcentaje del tiempo empleado del proceso total requiriendo al mismo tiempo un espacio de almacenaje dentro del área que no está justificado.

Para evitar realizar el remachado de la estructura se propusieron dos alternativas:

5.5.1.1 Realizar estructura en una sola pieza

Los principales inconvenientes de esta solución son:

- El precio del transporte se incrementa puesto que se transportan menos piezas por camión.
- Hay que realizar un nuevo utillaje para el transporte dentro de la fábrica.

Las principales ventajas:

- Reducción de mano de obra en el montaje.
- Reducción de los errores en el montaje de la estructuras.

5.5.1.2 Subcontratar el montaje de la estructura

Los principales inconvenientes de esta solución son:

- Posibilidad de que se monten híbridos de DUs.
- Se requiere de un espacio en planta para que se pueda realizar el montaje.
- Contratación de personal para realizar el premontaje.

Las principales ventajas:

- Ahorro en el coste de transporte.

5.5.1.3 Análisis de las soluciones

Tras analizar ambas opciones, se decide que la mejor solución es realizar una estructura de una pieza completa.

La estructura de la DU deberá venir montada en un carro móvil disponible para empezar el ensamblado del resto de piezas. El carro se ha diseñado específicamente para este proceso ya que previamente al ensamblarse todo el equipo en el área no era necesario. Una vez finalizado se trasladaba mediante un puente grúa.

Mediante la introducción de este transporte interno se consiguen los siguientes objetivos:

1. Se monta la estructura directamente sobre el carro fuera del área de montaje, eliminando procesos que no aportan valor añadido y facilitando su posterior transporte y posicionamiento en el área.
2. Una vez finalizado el producto, con el mismo carro se transporta a su lugar de destino, más ahorro en transporte dentro de la planta.

Adjuntamos el diseño del carro para esta operación (**Figura 53**) la cual aparece representada sin las ruedas que aportan la movilidad al producto finalizado.

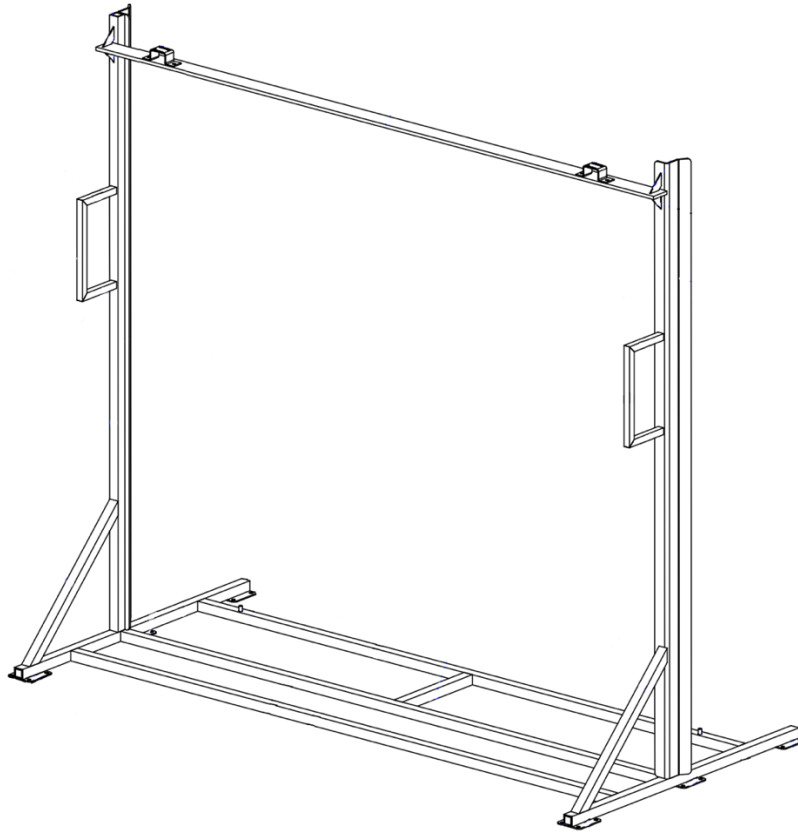


Figura 53: Carro para el transporte de la DU en planta.

5.5.2 Embutido de tornillería

Como se ha indicado en capítulos anteriores al realizar el estudio de tiempos se determina que el operario emplea una media de 5 min por pieza en el embutido de la tornillería, puesto que por ficha de montaje se requiere que los tornillos se compongan además de arandela grower y arandela plana.

Solución	Mano de obra (€)	Material (€)	Coste total
Embutir tornillería	1,25	0,01	1,26
Tornillería embutida	0	0,10	0,10

Tabla 7: Estudio económico entre compra tornillería embutida y embutir tornillería. Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se decide realizar un estudio económico para determinar si el coste de la mano de obra se compensa con el coste de material.



Figura 54. Ejemplo de tornillería embutida.

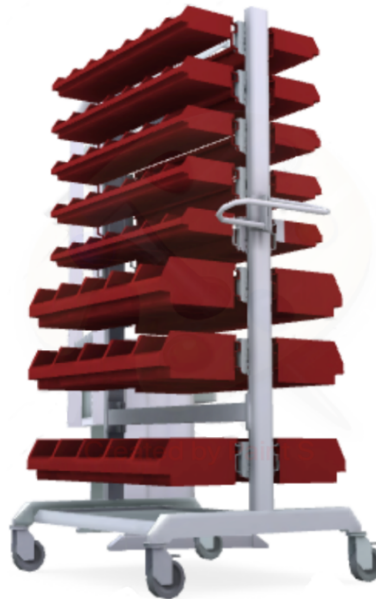


Figura 55: Ejemplo de carro de tornillería

5.5.3 Cortar canaleta

Se observa que tanto para el montaje de las bandejas como de la DU se requiere emplear canaletas para la distribución del cableado en el interior de la DU. Es por este motivo por el cual los operarios emplean 20 minutos por DU en realizar el corte.

Solución	Mano de obra (€)	Material (€)	Desperdicio (€)	Coste total
Cortar canaleta	5	1,60 €/m	0,20	6,80
Traer canaleta cortada	5	1,60 €/m	0	6,60

Tabla 8: Estudio económico entre cortar canaleta en el área productiva o fuera de ella. Fuente: Elaboración propia

Tras analizar los costes, se determina que se realizará el corte de la canaleta fuera del área productiva. Esta situación genera la necesidad de diseñar un medio de transporte y almacenaje para la canaleta cortada. Para que dicho medio de transporte sea útil debe tener espacio para albergar las diferentes longitudes de canaletas, así como debe ser fácil de transportar para que sea intercambiable cuando éste se encuentre vacío.

Es por ello por lo que se toman las medidas de las diferentes canaletas empleadas, así como de la cantidad que son necesarias para llevar a cabo el correcto montaje de la DU.

En la **Figura 53** se representa el carro diseñado con los espacios destinados a las canaletas cortadas según sus dimensiones; también se representa una vista lateral que permite observar el ahorro de espacio en el área.

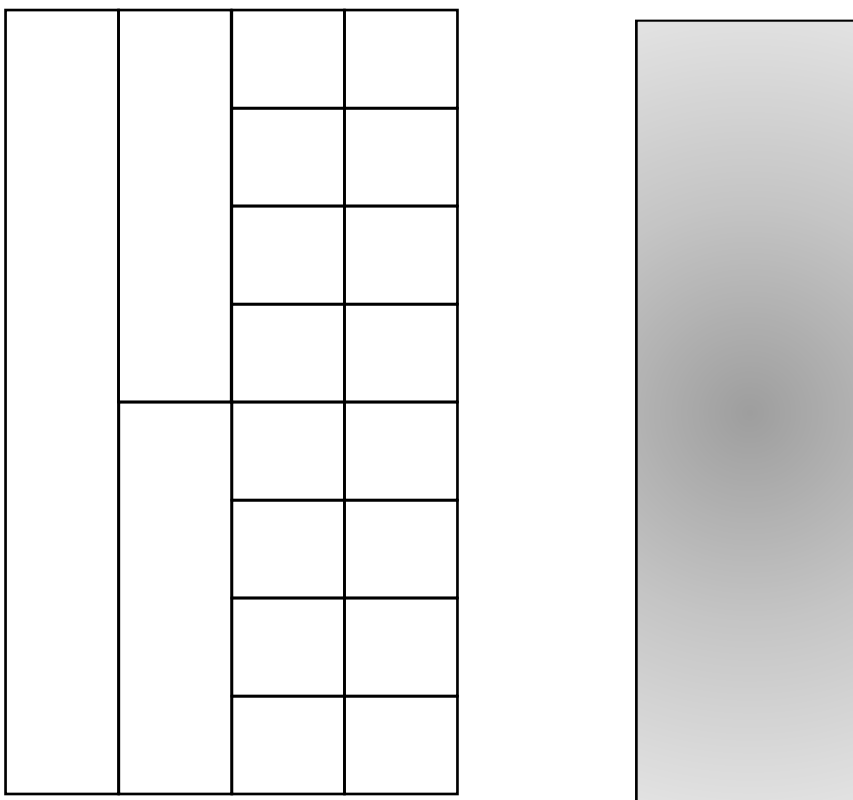


Figura 56: Casillero carro porta canaletas. Fuente: Elaboración propia.

5.6 Definición del área de DU

5.6.1 Área de premontaje

Esta área deberá comprender los puestos de trabajo en los que se ensamblan las piezas más pequeñas para su posterior consumo junto con un sistema de alimentación que permita un aprovisionamiento eficaz y ordenado del citado puesto, así como un sistema de almacenamiento del producto premontado.

El puesto de trabajo requiere de una superficie de apoyo donde se realizarán todos los movimientos de ensamblaje de precisión al tratarse de piezas de pequeño tamaño. Como superficie de trabajo se van a emplear mesas de trabajo. Se evalúan dos opciones:

5.6.1.1 Mesas individuales de trabajo.



Figura 57: Mesa de premontaje Treston. Fuente: (Workspaces for happier workfaces | Treston, s. f.)

5.6.1.2 Banco de trabajo



Figura 58: Banco de trabajo. Fuente:(Mesa de trabajo para taller. Banco de trabajo de metal y tablero MDF., s. f.)

Al definir el puesto de trabajo se determina junto con PRL (prevención de riesgos laborales) las siguientes necesidades que deben satisfacer:

- Luz que ayuda a realizar un trabajo de mayor precisión.
- Un soporte para ubicar las gavetas con la tornillería que se emplea.
- Un cajón para dejar las herramientas necesarias en el proceso de montaje.
- Una guía para la herramienta de par controlado.
- Una regleta para conectar los dispositivos para cerrar las órdenes de trabajo.

Solución	Luz	Soporte tornillería	Cajón herramientas	Guía herramienta	Regleta toma de corriente
Banco de trabajo	No	Si	No	No	Si
Mesa de trabajo	Si	Si	Si	Si	Si

Tabla 9: Análisis de las opciones de puestos de trabajo. Fuente: elaboración propia

Analizando las opciones presentadas se determina que la mejor opción es la mesa de trabajo.

Con este diseño se consigue resolver o llevar a cabo una de las propuestas de mejora presentadas en el capítulo anterior.

Se resuelve la causa raíz de la falta de definición del puesto de trabajo, ya que, al introducir las herramientas necesarias para llevar a cabo las tareas del puesto dentro del cajón, el puesto estará plenamente acondicionado para las tareas a desarrollar. De esto modo se consigue adicionalmente limitar la pérdida de herramientas al tener una ubicación determinada y concreta. Se eliminan además los movimientos innecesarios dentro del área.

Por otro lado, se consigue una mejora en el aspecto de seguridad y salud y por ende en el rendimiento al dotar el puesto de una luz que permite una iluminación óptima que reporta un beneficio al trabajador.

5.6.1.3 Herramientas del puesto de trabajo.

Teniendo en cuenta las necesidades del puesto de trabajo, se han definido las siguientes herramientas.

5.6.1.3.1 Premontaje NEC17

1. Llave dinamométrica 4-20 Nm.
2. Vaso hexagonal del 8mm.
3. Vaso hexagonal $\frac{1}{4}$ del 13 mm.
4. Vaso hexagonal $\frac{1}{4}$ del 17 mm.
5. Destornillador Torx 25 (Tx25).
6. Destornillador Philips 2. (Ph2).
7. Llave de carraca $\frac{1}{4}$.
8. Rotulador negro y azul.
9. Crimpadora.
10. Pelacables.

5.6.1.3.2 Premontaje NEC14

1. Llave dinamométrica 4-20 Nm.
2. Vaso hexagonal $\frac{1}{4}$ del 13 mm.
3. Vaso hexagonal $\frac{1}{4}$ del 17 mm.
4. Destornillador Torx 25 (Tx20).
5. Destornillador Torx 25 (Tx25).
6. Destornillador Philips 2. (Ph2).
7. Llave de carraca $\frac{1}{4}$.
8. Rotulador negro y azul.
9. Crimpadora.
10. Pelacables.

Tras su definición, se han incorporado en el documento de estandarización de procesos (HOE) las herramientas a emplear en cada paso del montaje.

5.6.1.4 Salida de premontajes.

Tras la finalización del premontaje de las bandejas, con el objetivo de reducir las “mudas” explicadas en el CAPÍTULO III, y para facilitar el manejo y con la finalidad de la estandarización del proceso, se aplica el diseño obtenido para el transporte de piezas de mayor tamaño en el abastecimiento con lo que se empleará el mismo carro de la **Figura 52**. De este modo, el operario depositará de forma ordenada las piezas premontadas en el carro y, las trasladará a la línea de montaje del equipo DU, ya que estos carros disponen de ruedas para facilitar su movimiento. En consecuencia, el propio punto de salida de las piezas de premontaje se convierte en un punto de abastecimiento reduciendo el espacio y los movimientos en el área, optimizando así tiempo y recursos.

5.6.2 Diseño área premontaje

Habiendo diseñado el abastecimiento de la zona, así como las superficies de trabajo y la ubicación de los elementos que se premontan, el diseño propuesto quedaría ocupando todo el ancho disponible.

Analizando el tiempo de montaje requerido de cada premontaje del área, (bandeja N17 y bandeja N14), se realizan las siguientes consideraciones:

Producto	Necesidad de bandejas por productos	Tiempo necesario para cada bandeja	Unidades por día
NEC 14	4 bandejas	1 h	15 ¹
NEC 17	6 bandejas	45 min	15 ¹

Tabla 10: Necesidades para dimensionar el área de premontaje

Teniendo en cuenta las necesidades definidas en la **Tabla 10** se realizan los siguientes cálculos.

- Horas requeridas para la realización de los premontaje necesarias:
 - N14: $15 \frac{ud}{día} \cdot 4 \frac{bandejas}{ud} \cdot 1 \frac{h}{día} = 60 \frac{h \text{ hombre}}{día}$ (6)
 - N17: $15 \frac{ud}{día} \cdot 6 \frac{bandejas}{ud} \cdot 0,75 \frac{h}{día} = 67,5 \frac{h \text{ hombre}}{día}$ (7)
- Horas de trabajo en la planta (24h a 3 turnos, como se explica en el CAPÍTULO II:
 - $N14 = \frac{60}{24} = 2,5 \text{ puestos de trabajo}$ (8)
 - $N14 = \frac{67,5}{24} = 2,8 \text{ puestos de trabajo}$ (9)

Como resultado de los cálculos realizados obtenemos que existe una necesidad de tres puestos de premontajes en el área.

Sin embargo, al mismo tiempo, para el dimensionamiento de los puestos consideraremos que existe una simultaneidad en la producción de ambos tipos DUs ya que la probabilidad de que se lleve a cabo solo el montaje de uno de los dos equipos en un día es baja; por tanto, finalmente, se dimensiona el área de premontaje con dos puestos de trabajo individuales para cada producto.

No obstante, el diseño que se ha planteado permitiría agregar un puesto con carácter inmediato, lo que nos proporciona flexibilidad para ajustarnos a la demanda.

Este es otro criterio que hemos empleado para aumentar el orden y subdividir la zona en áreas en la que se hacen trabajos homogéneos.

Para el diseño de estas áreas de premontaje hemos seguido el criterio de diseño de células de trabajo, permitiendo así una mayor estandarización de los procesos eliminando el factor operario.

¹ Se indican 15 unidades por día por ser el objetivo marcado por la dirección en el caso de que toda la producción del día se destinara exclusivamente a uno de los productos.



Así, las propuestas que se han realizado se encuentran en los planos 4 y 5 tienen como denominador común emplear la zona superior del área, debido a que facilita el aprovisionamiento al estar rodeado por pasillo permitiendo el acceso por cualquier punto.

5.6.3 Área de montaje

Esta zona se ha diseñado teniendo en cuenta los siguientes factores:

1. El montaje de la estructura de las DU.
 - a. El enlace con los premontajes de las puertas de DU.
2. El abastecimiento del área.
 - a. El enlace con los premontajes de las bandejas (se premontan en esta área).
3. Herramientas necesarias.

5.6.3.1 Abastecimiento área DU

En el diseño del abastecimiento del área, se deben tener las mismas consideraciones que en el diseño del área de premontaje; esto quiere decir que el área debe tener la capacidad para realizar el montaje de 15 unidades de NEC 17 y 15 unidades de NEC 14 al día.

Para abastecer el área, se emplearán las mismas herramientas que en el área de premontaje, estanterías dinámicas para piezas de pequeño tamaño y carros para piezas de mayor tamaño.

Para realizar una homogenización en el abastecimiento del área se han empleado los mismos elementos que en el premontaje, los cuales han demostrado su capacidad para mejorar el proceso consiguiendo cumplir los objetivos impuestos, al mismo tiempo que se llevan a cabo las oportunidades de mejora detectadas en los diagramas de Ishikawa.

La homogenización permite racionalizar el abastecimiento a toda la planta, flexibilizando esta tarea al ser intercambiable con elementos del resto de la planta.

En conclusión, los útiles para abastecimiento serán las estanterías dinámicas con los embalajes plásticos ya comentados, y los embalajes para las piezas de mayor tamaño y los carros para transportar la DU.

5.6.3.2 Determinación de los puestos necesarios para el montaje final del equipo.

Tras el estudio de tiempos se obtiene que se requieren 8 horas de dos operarios trabajando en equipo para el completo ensamblaje de la unidad DU, tanto para la N14 como para la N17.

Por tanto, 15 DU/día en tres turnos suponen 5 unidades por turno lo que implica disponer de 5 puntos para realizar el montaje. Al mismo tiempo se determina la necesidad de 10 operarios por turno para llevar a cabo este proceso.

Para la asignación del espacio disponible debemos considerar que se requieren 2 estanterías dinámicas para N17 y 3 para la N14; respecto carros para piezas de mayor tamaño, se requieren 2 para N14 y 1 para N17. Será necesario además, reservar espacio para los carros con los productos provenientes del premontaje.

5.6.3.3 Disposición de herramientas en el área productiva

Debido a que este montaje se realiza de forma dinámica, se han estudiado las siguientes posibilidades para albergar las herramientas necesarias:

1. Carro común por montaje (N14 y N17) dotado de herramientas suficientes para todos los puestos de trabajo. Con posibilidad de ubicarse en diferentes puntos dentro del área el montaje

2. Cinturón de herramientas individual, dotado con las herramientas necesarias para la realización de las tareas de montaje.

Teniendo en cuenta el número de herramientas requerido, así como el peso de las mismas, se determina que la mejor opción es el empleo de carros portaherramientas, debido a su dinamismo y su capacidad para albergar un mayor número de herramientas, siendo de obligado cumplimiento que cada herramienta tenga un espacio determinado en el mismo y siempre debiendo ubicarla en el carro una vez se haya terminado de utilizar.



Figura 59: Carro portaherramientas. Fuente: (STST74305-1 Carro de herramientas (vacío) 7 cajones, s. f.)

5.6.3.4 Herramientas necesarias

Las herramientas necesarias se designan por puesto de trabajo dentro del área según la tornillería que se vaya a emplear y las tareas que se tengan que realizar.

5.6.3.4.1 Montaje NEC17

1. Llave dinamométrica 4-20 Nm.
2. Llave dinamométrica 3-20 Nm.
3. Vaso del 7.
4. Vaso del 8.
5. Vaso del 10.
6. Vaso del 13.
7. Llave del 10.
8. Llave del 13.
9. Destornillador PH2.
10. Crimpadora.
11. Pelacables.
12. Rotuladores permanentes.
13. Tijeras.
14. Remachadora.



5.6.3.4.2 Montaje NEC14

1. Llave dinamométrica 4-20 Nm.
2. Llave dinamométrica 3-20 Nm.
3. Vaso del 7.
4. Vaso del 8.
5. Vaso del 10.
6. Vaso del 13.
7. Llave del 10.
8. Llave del 13.
9. Destornillador PH2.
10. Crimpadora.
11. Pelacables.
12. Rotuladores permanentes.
13. Tijeras.
14. Remachadora.

5.7 Curso de calidad

En la auditoría que se ha realizado al inicio del estudio, se han identificado diferentes causas:

1. Falta de formación en el procedimiento (estandarización del proceso, lectura de la documentación existente, ...).
2. Falta de procedimiento para detectar piezas NOK.
3. Falta poka-yokes.
4. Falta de zona donde ubicar los NC's.

Para eliminar dichas causas, se va a realizar diferentes actuaciones:

1. Crear un curso de calidad.
2. Definir un procedimiento para gestionar las piezas NOK.
3. Definir una ubicación para las piezas NOK detectadas.

Entre las causas más frecuentes de fallos de calidad, se situaban:

1. La falta de lectura de la documentación de montaje por parte de los operarios.
2. La falta de lectura de las listas de materiales de los equipos en las ordenes de trabajo.
3. El montaje de piezas que no cumplían las especificaciones, al no haber sido identificadas por el departamento de calidad a la entrada del material.
4. La falta de definición de las herramientas necesarias para cada operación, así como su correcto uso.

Estos puntos de mejora nos dan una visión de la poca formación en calidad recibida por parte de los trabajadores, además de una falta de cultura de empresa; esto puede haberse debido al rápido crecimiento que genera un cambio de escala en las operaciones.

La solución de este problema se debe afrontar impartiendo un curso de calidad a cada uno de los estamentos que participan en la fabricación y en especial a los trabajadores, con la finalidad de involucrar a toda la empresa.

Mediante el curso de calidad se pretende eliminar estos problemas de la línea de producción y así evitar que el cliente final reciba productos defectuosos.

Los talleres de calidad se dividen en los apartados:

1. Introducción: en esta primera parte se expone qué es la calidad para la empresa y la importancia que tiene que todos los trabajadores se impliquen para conseguirla "crear cultura de calidad". Subrayando la importancia del Autocontrol, haciendo que cada operario se sienta responsable de su parte de la producción que será el eje sobre el que descansará una verdadera calidad en todas las facetas.
2. Documentación: en este apartado de la reunión, se explica en detalle cada uno de los tipos de documentación que se utilizan haciendo así posible que todo el mundo conozca como utilizarla.
3. Autocontrol y actuaciones frente a piezas no conformes: una vez se ha explicado toda la documentación existente, se procede a detallar cómo deben de actuar antes, durante y al finalizar una orden de fabricación. Tanto en lo referente a la lectura y aplicación de la documentación, como en relación con el autocontrol de calidad que deben realizar. En este punto, se les explica cómo proceder cuando se detecten no conformidades.



4. Top 10 defectos y defectos más comunes: en esta parte del taller se exponen los principales tipos de fallos o defectos que más se suelen dar durante la fabricación. Esto permite que los operarios vean ejemplos visuales de los mismos y se den cuenta de cómo deben revisar todas y cada una de las piezas para evitar que estos aparezcan.
5. Reuniones periódicas: que sirvan como refuerzo positivo para aumentar la implicación de los operarios en la calidad, resaltando las buenas prácticas que se hayan llevado en todas las áreas y buscando los aspectos a mejorar.

Además del personal directo de fabricación, durante la realización de estos talleres también se forma a los diferentes técnicos de calidad de las áreas de producción para que el criterio utilizado por todos sea el mismo, con lo que se pretende evitar problemas o malentendidos a la hora de detectar piezas no conformes.

5.8 Estandarización de procesos mediante HOE's

Como se puede observar en la **Figura 31** la falta de documentación estandarizada y actualizada, así como su falta de ubicación concreta donde todos pudieran encontrarla, generaba errores en el montaje del equipo fácilmente subsanables.

Con la estandarización de los procesos de montaje y creación de la documentación que recopila dichos procesos se pretende unificar y protocolizar los procedimientos, eliminando al máximo el factor "operario", así como determinar una matriz de formación para que los trabajadores del área puedan desempeñar diferentes tareas que se desarrollan dentro de la misma.

El proceso de estandarización seguirá las siguientes fases:

1. Recopilación de toda la documentación existente.
2. Creación un método de trabajo estandarizado.
3. Generación plan de actualización de la documentación.
4. Actualizar la documentación.

A continuación, se presenta un ejemplo de la estandarización que se ha llevado a cabo:

5.8.1 Estandarización del par de apriete de contactores

Como se observa en el ANEJO 1, tenemos la documentación del submontaje de las bandejas que se montan en el equipo. Estas bandejas contienen elementos delicados que ejercen una función principal en el correcto funcionamiento del equipo, por tanto, su montaje debe ser considerado como un punto crítico. Para asegurarnos de que éste se realiza correctamente, se ha estandarizado mediante el uso de instrucciones de trabajo aquí llamadas HOE.

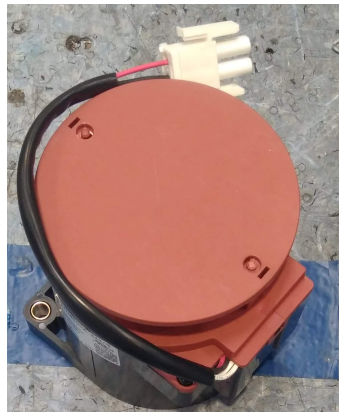


Figura 61: Contactor empleado en la bandeja NEC14. Fuente: Elaboración propia.

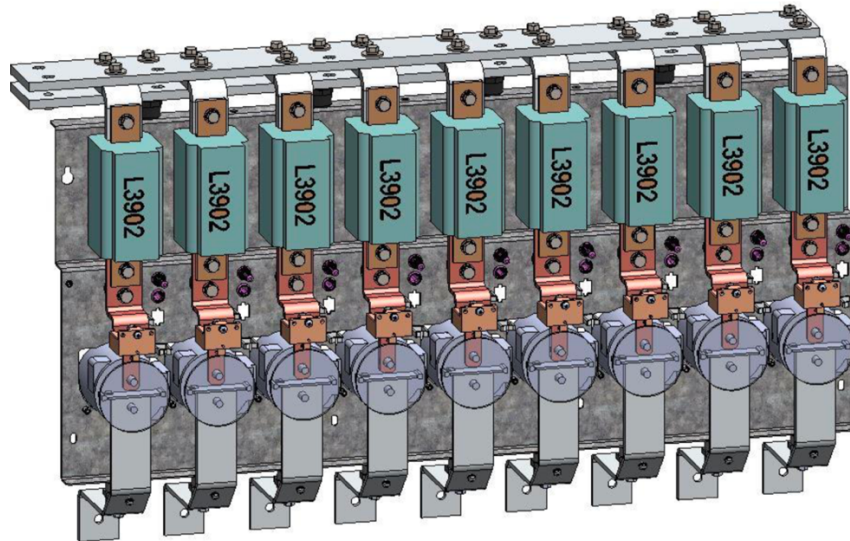


Figura 62: Montaje bandeja NEC14. Fuente: Elaboración propia.

Como no existe una documentación por parte del proveedor que indique el par que puede soportar los pernos del contactor se ha decidido realizar unas pruebas para determinar qué par de apriete sería el más indicado.

MÉTRICA	PAR DE APRIETE [N·m]
M3	1,3
M4	3
M5	6
M6	10
M8	20
M10	50
M12	87

Tabla 11: Pares de apriete según métrica. Fuente: I+D

Se han realizado 3 pruebas las cuales se detallan a continuación:

Primera prueba:

Apriete a **20 N·m**, siguiendo la Tabla 11 ya que el perno del contactor tiene una M8.

Sin embargo, una vez aplicado este par, el perno se ha roto.

Segunda prueba:

Apriete a **15 N·m**, siguiendo la Tabla 11 ya que el perno del contactor tiene una M8.

Sin embargo, una vez aplicado este par, el perno se ha roto.



Tercera prueba:

Apriete a **10 N·m**, siguiendo la Tabla 11 ya que el perno del contactor tiene una M8.

El perno no se ha roto, y se cumplen las especificaciones propuestas por I+D.

Como conclusión, se decide que el apriete será de **10 N·m**, ya que según el último ensayo no se produce rotura del perno.

CAPÍTULO VI. PLAN DE IMPLANTACIÓN

El presente capítulo tiene como objetivo principal presentar el plan de implementación de todas las acciones propuestas. Para ello se deben listar todas las actividades y tareas necesarias que se desean realizar.

6.1 Definición de Objetivos

6.1.1 Objetivo General: Mejorar la eficiencia y efectividad del área de fabricación de la unidad DU mediante la implementación de mejoras en el proceso, el diseño del espacio y la gestión del material.

6.1.2 Objetivos Específicos:

1. Optimizar el diseño del área de fabricación.
2. Implementar un sistema de embalaje eficiente.
3. Mejorar la disposición y el manejo del material.
4. Reducir los tiempos de montaje mediante la eliminación de procesos no valorados.
5. Mejorar la formación y la calidad en el proceso de montaje.

6.2 Definición de tareas

El primer paso que se debe llevar a cabo es dividir el trabajo a realizar en pequeñas tareas con una fecha de inicio y fin. Esto facilita en gran medida la consecución de objetivos a largo plazo, ya que se puede observar el avance que se está realizando, aunque éste sea pequeño.

Las tareas que se han definido han sido las siguientes:

1. Recopilación de documentación.
2. Estudio situación inicial.
3. Identificación de las oportunidades de mejora.
4. Diseño nuevo proceso con mejoras.
5. Estandarización documentación.
6. Diseño nuevos elementos.
7. Diseño layout área de montaje.
8. Implantación layout.
9. Diseño del plan de calidad.
10. Realización del curso de calidad.
11. Seguimiento de las acciones llevadas a cabo.

6.3 Ejecución

Una vez finalizada la definición de tareas, se establece el plan a llevar a cabo mediante el siguiente Diagrama de Gantt² (**Figura 63**), en el cual se observan los plazos de tiempo que se acordaron para llevar a cabo la implementación de los cambios propuestos en los apartados anteriores.

² Para el diseño del Diagrama de Gantt se ha tenido en cuenta los fines de semana así como los festivos que hubiera.



6.4 Validación

Tras los pasos de análisis e implantación, el último paso a realizar es el de validación de las acciones de mejora.

Para poder validar las mejoras llevadas a cabo, se realizan las siguientes comprobaciones:

1. Toma de tiempos del proceso nuevamente para verificar la disminución de estos, obteniendo los tiempos de proceso de las **Tabla 12** y **Tabla 13**.

Mediante estos datos se puede observar una reducción del tiempo en el montaje de ambas referencias. En la NEC17 un **9,95%** y en la NEC 14 de un **8,60%**.

2. Verificación del stock mínimo en el área: en las reuniones semanales se realiza la revisión de la rotura de stock dentro del área, analizando la necesidad de aumentar o disminuir el stock dentro de la zona productiva.

3. Verificación de que la entrega del material necesario se realice en el tiempo establecido. Se realiza un seguimiento del tiempo de abastecimiento para comprobar la necesidad de aumentar o disminuir algunos stocks o mejorar el flujo logístico interno.

6.5 Riesgos y Plan de Mitigación

- Retrasos en la adquisición de materiales: Tener proveedores alternativos y planificar con anticipación.
- Resistencia al cambio: Implementar un plan de comunicación y formación eficaz para el personal.
- Problemas técnicos con equipos: Realizar pruebas exhaustivas antes de la implementación completa y tener soporte técnico disponible.



PROCESOS	Producción de DU NEC 17		Toma de tiempos												Observadora: Natalia Vidal
	No.	Proceso	Px	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Montaje goma sellado	2	5	4	6	4,5	5,7	4,9	6	5,9	4,7	5,5	4,7	5	5,2
2	Montaje aisladores cajón	2	10	10	9	11	11	10	12	11	12	9	11	12	10,5
3	Montaje pasamuros	2	10	11	11	11	9	12	10	9	9	11	12	12	10,5
4	Montaje pletinas cajón	2	10	12	9	11	9	9	12	12	9	12	11	11	10,5
5	Montaje pletinas tierra	2	10	11	12	11	9	12	11	9	9	10	9	11	10,3
6	Montaje aisladores estructura	1	5	4	6	5	6	6	5	5	4	6	4	4	5,1
7	Montaje canaletas	1	27	27	25	27	28	28	25	25	28	25	29	29	26,7
8	Montaje pletinas positivo	2	5	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	6	5,6
9	Montaje soporte pletinas bandeja	1	15	15	14	15	14	16	16	15	16	14	16	16	15,1
10	Montaje pletinas bandejas	2	25	25	25	24	25	26	25	25	24	26	24	26	24,9
11	Montaje bandejas superiores	2	15	18	17	14	13	15	14	14	17	16	15	14	15,3
12	Montaje bandejas inferiores	2	31	29	32	34	31	33	31	32	32	29	30	32	31,3
13	Montaje tarjetas	2	20	20	21	18	21	21	18	21	20	18	19	18	19,7
14	Montaje marco sellado	2	15	15	15	15	16	14	14	14	14	15	15	13	14,7
15	Montaje puertas	2	15	13	15	13	14	14	13	13	16	15	13	15	14,0
16	Montaje cuadros	2	3	4	4	2	3	4	4	3	3	4	4	4	3,5
17	Fusibles	2	36	38	38	35	38	34	36	35	35	38	33	37	36,0
18	Cableado	2	142	140	142	145	143	142	139	145	140	138	144	145	141,8
19	Testeo	1	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120,0
20	Montaje POLICARBONATOS	2	20	22	21	19	21	20	22	22	20	21	20	21	20,7
Tiempo de ciclo															541,4

Tabla 12: Tiempos medidos por proceso en la NEC17 después de la implementación de mejoras. Fuente: Elaboración propia



PROCESOS	Producción de DU NEC 14		Toma de tiempos												Observadora: Natalia Vidal
No.	Proceso	Px	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Tiempo promedio (min)
1	Montaje goma sellado	2	5	5	4	4	3	6	5	6	4	4	5	4	5
2	Montaje aisladores cajón	2	10	9	9	10	8	11	11	9	11	10	8	9	10
3	Montaje pasamuros	2	10	9	10	8	9	10	11	8	11	9	10	8	10
4	Montaje pletinas cajón	2	10	8	10	11	11	8	8	11	10	8	9	11	10
5	Montaje pletinas tierra	2	10	8	10	9	8	10	9	8	11	10	8	8	10
6	Montaje canaletas	1	26	26	27	27	29	29	30	28	28	29	29	29	28,2
7	Montaje aisladores estructura	1	5	6	3	6	5	6	5	4	6	4	3	6	5
8	Montaje pletinas positivo	2	25	25	26	24	25	25	23	25	27	24	24	27	25
9	Montaje soporte pletinas bandeja	1	10	10	10	10	11	10	9	10	9	9	11	10	10
10	Montaje pletinas bandejas	2	10	8	9	12	12	11	11	10	9	9	11	8	10
11	Montaje bandejas superiores	2	30	31	29	29	31	30	27	28	27	30	31	30	30
12	Montaje bandejas inferiores	2	69	68	69	66	68	72	65	71	65	66	65	70	68
13	Montaje tarjetas	2	10	10	10	8	9	9	11	12	8	11	11	11	10
14	Montaje marco sellado	2	15	16	16	14	13	16	13	15	17	13	16	15	15
15	Montaje puertas	2	10	11	9	11	8	11	9	11	9	11	11	8	10
16	Montaje cuadros	2	5	3	4	3	3	6	5	5	6	5	3	3	5
17	Fusibles	2	36	34	38	35	38	34	36	35	35	38	33	37	36
18	Cableado	2	188	182	185	176	185	175	181	184	187	189	179	176	183
19	Testeo	1	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
20	Montaje POLICARBONATOS	2	20	18	18	22	18	21	22	21	18	20	20	18	20
Tiempo de ciclo															613,18

Tabla 13: Tiempos medidos por proceso en la NEC14 después de la implementación de mejoras. Fuente: Elaboración propia

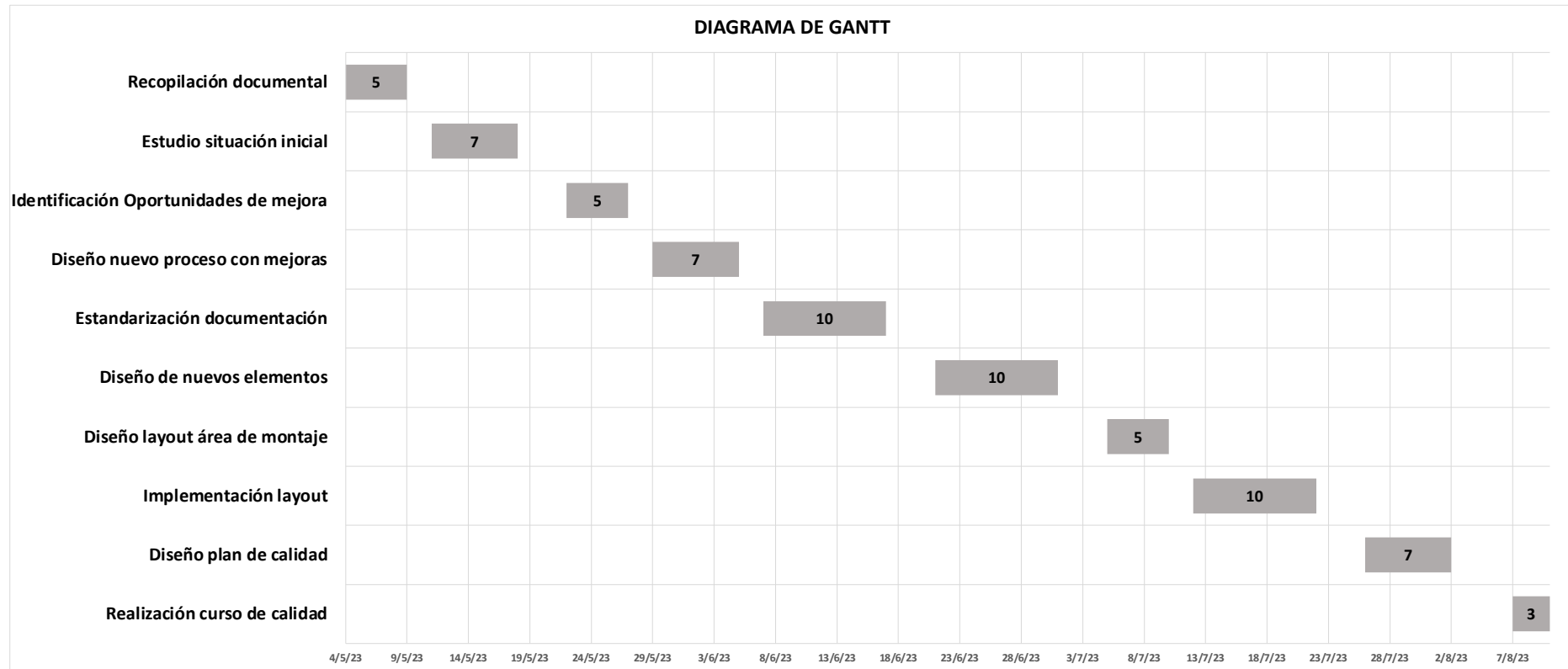


Figura 63: Diagrama de Gantt. Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES

A lo largo de este Trabajo de Fin de Máster se ha aplicado a un caso práctico, la teoría de Lean Manufacturing, producto de una experiencia real durante unas prácticas en empresa.

Ante una ampliación de la producción por un aumento de la demanda de los productos que en esta empresa se fabrican, surge la oportunidad de optimizar los procesos. En el caso de este estudio, se optimizan los procesos del área de DU (Disconnected Unit).

Se han descrito las fases que se precisan para obtener el producto final tanto en la DU NEC14 como en la DU NEC17:

1. Remachado de la estructura.
2. Montaje del cajón de usuario.
3. Montaje de las pletinas de conexionado.
4. Premontaje de las bandejas.
5. Premontaje de las tarjetas de medida.
6. Montaje del marco de sellado.
7. Cableado del equipo.
8. Montaje de las puertas.
9. Testeo del equipo.
10. Montaje de los aislantes.

El caso que se ha estudiado se corresponde con la optimización de la fabricación de la DU. El primer paso ha sido identificar el proceso inicial y las dificultades que existían en la industrialización del producto.

Se ha realizado un estudio y registrándose los tiempos que se empleaban en cada tarea diferente al objeto de establecer el tiempo requerido para cada una de ellas.

Se ha estudiado la fragmentación del proceso.

Se han identificado las oportunidades de mejora a través de las herramientas ofrecidas por el lean manufacturing, en el caso de este trabajo, el diagrama de Ishikawa.

A continuación, se ha procedido al proceso de optimización del proceso, generando un diseño en el que se ha tratado de aplicar todas las mejoras detectadas. Paso a paso se han ido diseñando los puestos de trabajo, los aprovisionamientos y la salida del producto de cada fase a la siguiente, tanto en lo referente a los útiles como a la filosofía del procedimiento, unificando embalajes e integrándolos en la cadena de suministro. También se ha actuado desde el punto de vista de los procedimientos de calidad y estandarización. El resultado ha sido este esquema de trabajo:

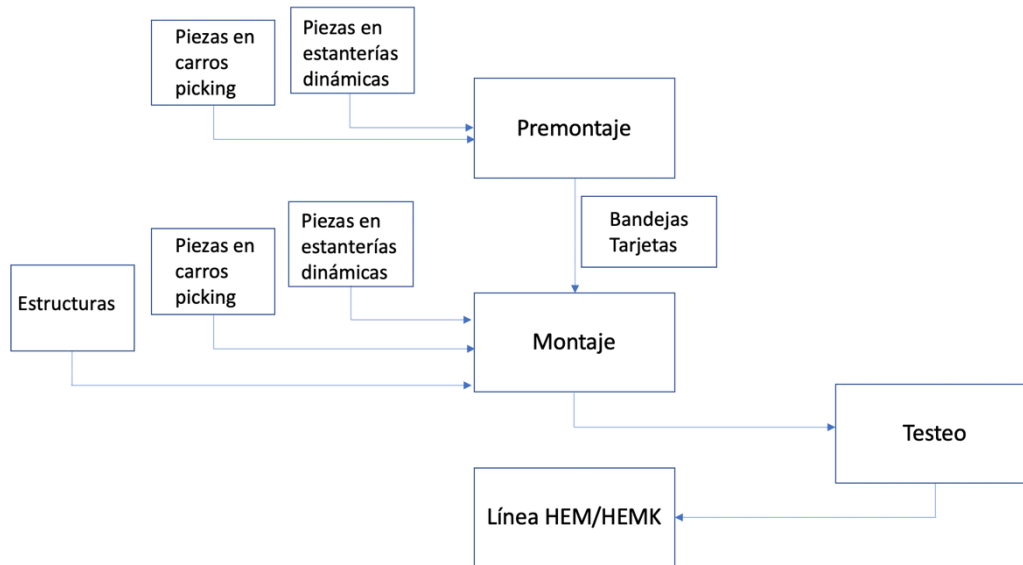


Figura 64: Esquema de trabajo del área de estudio

Del esquema se deducen las principales etapas y con ellas el grado optimización alcanzada, así podemos destacar:

1. Se elimina el montaje de las estructuras diseñándolas como una pieza completa. Con esto conseguimos eliminar un proceso que no aporta valor añadido al producto ya que no requiere de personal cualificado para llevarlo a cabo y al mismo tiempo se gana espacio en el área de trabajo al no ser necesario dicho premontaje.
2. Se introduce un soporte de montaje que realiza al mismo tiempo la función de medio de transporte interno eliminando la necesidad de emplear un puente grúa para realizar dicha tarea ganando en facilidad de movimiento del producto finalizado.
3. Se realiza un diseño del proceso de abastecimiento empleando embalajes reutilizables, eliminando la necesidad de manipular y clasificar las piezas en los muelles de descarga, siendo el proceso de almacenaje y distribución dentro de la planta más eficiente para las piezas de menor tamaño ya que estas se ubican en las estanterías dinámicas. Para las piezas de mayor tamaño, sigue siendo necesaria la manipulación, pero con el nuevo diseño de los carros de picking se facilita el transporte por planta.

Se diseñan unos puestos de trabajo que aportan ergonomía y orden al tener una buena superficie de trabajo, luz adicional y cajón con herramientas, evitando las pérdidas de tiempo por desorden y extravíos.

Todos estos diseños se enfocan al orden en las tareas y zona de trabajo, que, hasta el momento, estaba repleta de palets y útiles dispersos con la consiguiente confusión continua. Se consigue la minimización y/o eliminación de aquellas tareas improductivas.

También se ha ordenado la situación de los puntos de trabajo y el espacio disponible. De este modo, el área de trabajo está rodeada de pasillos por los que el aprovisionamiento fluirá con facilidad, y también está orientada en la dirección de la fabricación. En consecuencia, se facilita el tránsito de los productos de fases intermedias y se desligan los movimientos de aprovisionamiento de los de retirada de productos.



Se ha actuado sobre la formación de los operarios y la calidad entendiéndola en su conjunto, instaurando procedimientos e instrucciones de trabajo precisas y programando reuniones periódicas para la revisión de los procedimientos y el estudio de las propuestas de mejora.

Finalmente hay que destacar que, tras todo el proceso, se ha conseguido una optimización del proceso de producción de las DU NEC14 y NEC17, en el que todas las actividades, todos los útiles y todos los procesos, se han diseñado como una auténtica cadena de producción, eliminando todo lo improductivo, buscando un aprovisionamiento “Just in time”, separando flujos de piezas y productos, formando a los operarios e instaurando una cultura de calidad.



CAPÍTULO VIII. PRESUPUESTO

8.1 Consideraciones previas.

Tras finalizar la descripción del proyecto, se debe proceder la evaluación económica del coste de la propuesta. Debido a que el proyecto ha supuesto un análisis de la situación inicial de la empresa y la implementación tras las propuestas de diversas acciones de mejora, se puede considerar un proyecto de consultoría. Con esta consideración, la mayor parte de los costes están relacionados con las horas invertidas de los ingenieros.

En los siguientes apartados se presentarán los presupuestos parciales para posteriormente realizar el resumen del presupuesto. Cabe destacar, que las consideraciones previas que se han tenido en cuenta para realizar el presupuesto son las siguientes:

- **Costes directos complementarios:** Son costes que influyen en la elaboración de cada unidad de obra y son difíciles de evaluar. Se considera que el CDC es del 2 %.
- **Gastos generales:** Se considera que un 10% del presupuesto de Ejecución Material estará asociado a gastos generales, entre los que destacan: material de oficina, teléfono, material de mejora continua, electricidad y fotocopias.
- **Beneficio industrial:** Se considera que un 6% del presupuesto de Ejecución Material estará asociado a beneficios.

8.2 Capítulos del presupuesto

CAPITULO 1 INGENIERIA DISEÑO DE PROCESOS, LAYOUT, CALIDAD Y FORMACION

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C01.01		Recopilación y Estudio inicial de la documentación general de producción de la Empresa			
	h	Ingeniero Industrial Junior	12,00	23,35	280,24 €
	h	Ingeniero Industrial Senior	1,80	40,42	72,75 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	352,99	7,06 €
		TOTAL			360,05 €
C01.02		Estudio de la situación origen			
	h	Ingeniero Industrial Junior	20,00	23,35	467,07 €
	h	Ingeniero Industrial Senior	3,00	40,42	121,26 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	588,32	11,77 €
		TOTAL			600,09 €
C01.03		Identificación de Oportunidades de Mejora			
	h	Ingeniero Industrial Junior	40,00	23,35	934,13 €
	h	Ingeniero Industrial Senior	6,00	40,42	242,51 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	1.176,65	23,53 €
		TOTAL			1.200,18 €
C01.04		Diseño del nuevo método/proceso con aplicación de las mejoras			
	h	Ingeniero Industrial Junior	40,00	23,35	934,13 €
	h	Ingeniero Industrial Senior	6,00	40,42	242,51 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	1.176,65	23,53 €
		TOTAL			1.200,18 €
C01.05		Diseño de los diferentes elementos físicos a introducir (carros, ...)			
	h	Ingeniero Industrial Junior	48,00	23,35	1.120,96 €
	h	Ingeniero Industrial Senior	7,20	40,42	291,02 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	1.411,98	28,24 €
		TOTAL			1.440,22 €
C01.06		Diseño del Layout			
	h	Ingeniero Industrial Junior	40,00	23,35	934,13 €
	h	Ingeniero Industrial Senior	6,00	40,42	242,51 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	1.176,65	23,53 €
		TOTAL			1.200,18 €
C01.07		Implantación "in situ" del Layout			
	h	Ingeniero Industrial Junior	40,00	23,35	934,13 €
	h	Ingeniero Industrial Senior	6,00	40,42	242,51 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	1.176,65	23,53 €



		TOTAL	1.200,18 €	
C01.08	Plan de calidad incluyendo los formularios a aplicar			
h	Ingeniero Industrial Junior	40,00	23,35	934,13 €
h	Ingeniero Industrial Senior	6,00	40,42	242,51 €
%	Costes Directos Complementarios	2,00	1.176,65	23,53 €
		TOTAL		1.200,18 €
C01.09	Curso de Calidad al staff y los operarios			
h	Ingeniero Industrial Junior	16,00	23,35	373,65 €
h	Ingeniero Industrial Senior	2,40	40,42	97,01 €
%	Costes Directos Complementarios	2,00	470,66	9,41 €
		TOTAL		480,07 €
C01.10	Análisis y Feedback de las mejoras implantadas			
h	Ingeniero Industrial Junior	24,00	23,35	560,48 €
h	Ingeniero Industrial Senior	3,60	40,42	145,51 €
%	Costes Directos Complementarios	2,00	705,99	14,12 €
		TOTAL		720,11 €

TOTAL CAPITULO 1	9.601,44 €
-------------------------	-------------------

Tabla 14. Presupuesto Capítulo 1. Fuente: Elaboración propia



CAPITULO 2 PREPARACION DEL AREA DE TRABAJO Y MARCAJE DEL LAYOUT

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C02.01		Desmontaje y retirada de tos los elementos existentes actualmente en el área de premontaje y limpieza de esta			
	ud	Área de trabajo DU NEC 14 y NEC 17	1,00	1.152,00	1.152,00 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	1.152,00	23,04 €
		TOTAL			1.175,04 €
C02.02		Preparación de la superficie existente en el área de premontaje			
		Preparación de la superficie existente en el área de premontaje, Pintado con pintura epoxidica acabado brillante, color verde en zonas con tránsito y que se deben mantener despejadas, color blanco para zonas de posicionamiento de carros móviles para abastecimiento, color azul para posicionamiento de carros Portabastidores en montaje, color rojo para área No Conformidades , al objeto de generar una superficie de fácil y cómoda limpieza del área, así como un área ordenada y segura, y color amarillo, para marcaje del posicionamiento de todos los carros móviles y puestos de trabajo, físicamente en el suelo del área de las DU NEC 14 y NEC 17, de acuerdo con el LAYOUT diseñado, al objeto de tener referencias exactas y mantener un orden estricto en el área de trabajo			
	h	Operario del metal	128,00	17,67	2.261,76 €
	l	Pintura color verde	10,00	59,81	598,10 €
	l	Pintura color blanco	5,00	59,81	299,05 €
	l	Pintura color azul	8,00	59,81	478,48 €
	l	Pintura color amarillo	5,00	59,81	299,05 €
	l	Pintura color rojo	3,00	59,81	179,43 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	4.115,87	82,32 €
		TOTAL			4.198,19 €
				TOTAL CAPITULO 2	5.373,23

Tabla 15: Presupuesto Capitulo 2. Fuente: Elaboración propia



CAPITULO 3 PUESTOS DE TRABAJO ENSAMBLAJE DE PIEZAS MENORES

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C03.01	Ud	Mesa de trabajo TRESTON			
		Mesa de trabajo modelo TRESTON dotada de; luz de ayuda (tipo led) para facilitar el trabajo de precisión, soporte para alojar la tornillería necesaria para el montaje, cajón para alojar la herramienta necesaria, guía para la herramienta de par controlado y regleta para conexión de los diferentes dispositivos			
	ud	Mesa de trabajo TRESTON	4,00	2.579,00	10.316,00 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	10.316,00	206,32 €
		TOTAL			10.522,32 €
C03.02	Ud	Conjunto de herramienta para Montaje de NEC 14			
		- Llave dinamométrica de 4-20 N·m	1,00	54,95	54,95 €
		- Llave de carraca de 1/4	1,00	29,04	29,04 €
		- Vaso hexagonal de 1/4 del 13mm	1,00	11,39	11,39 €
		-Vaso hexagonal de 1/4 del 17mm	1,00	15,29	15,29 €
		-Destornillador Torx 20 (Tx20)	1,00	4,29	4,29 €
		-Destornillador Torx 25 (Tx25)	1,00	4,89	4,89 €
		-Destornillador Philips 2 (Ph2)	1,00	5,99	5,99 €
		- Tijera pela cables	1,00	7,99	7,99 €
		- Crimpadora	1,00	12,99	12,99 €
		- Rotulador negro	1,00	0,99	0,99 €
		- Rotulador azul	1,00	0,99	0,99 €
	ud	Unidades NEC 14	2,00	148,80	297,60 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	297,60	5,95 €
		TOTAL			303,55 €
C03.03	Ud	Conjunto de herramienta para Montaje de NEC 17			
		- Llave dinamométrica de 4-20 N·m	1,00	54,95	54,95 €
		- Llave de carraca de 1/4	1,00	29,04	29,04 €
		- Vaso hexagonal de 1/4 del 13mm	1,00	11,39	11,39 €
		-Vaso hexagonal de 1/4 del 17mm	1,00	15,29	15,29 €
		-Destornillador Torx 20 (Tx20)	1,00	4,29	4,29 €
		-Destornillador Torx 25 (Tx25)	1,00	4,89	4,89 €
		-Destornillador Philips 2 (Ph2)	1,00	5,99	5,99 €
		- Rotulador negro	1,00	0,99	0,99 €
		- Rotulador azul	1,00	0,99	0,99 €
	ud	Unidades NEC 17	2,00	127,82	255,64 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	255,64	5,11 €
		TOTAL			260,75 €

C03.04	Ud	Estantería dinámica según diseño			
		Estantería dinámica según diseño para albergar los contenedores plásticos, formada por 3 estantes con pendiente hacia el operario y un estante con pendiente hacia el suministro para alimentación de embalajes			
	ud	Estantería dinámica según diseño	7,00	2.123,12	14.861,84 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	14.861,84	297,24 €
		TOTAL			15.159,08 €
C03.05	Ud	Caja de plástico mini			
		Caja de plástico PCV con dimensiones 200x150x120mm			
	ud	Caja de plástico mini	198,00	9,27	1.835,46 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	183,55	3,67 €
		TOTAL			1.839,13 €
C03.06	Ud	Caja de plástico pequeña			
		Caja de plástico PCV con dimensiones 400x300x220mm			
	ud	Caja de plástico pequeña	148,00	22,33	3.304,84 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	3.304,84	66,10 €
		TOTAL			3.370,94 €
C03.07	Ud	Caja de plástico mediana			
		Caja de plástico PCV con dimensiones 600x400x220mm			
	ud	Caja de plástico mediana	27,00	35,83	967,41 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	967,41	19,35 €
		TOTAL			986,76 €
C03.08	Ud	Caja de plástico grande			
		Caja de plástico PCV con dimensiones 800x600x220mm			
	ud	Caja de plástico grande	2,00	66,80	133,60 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	133,60	2,67 €
		TOTAL			136,27 €

TOTAL CAPITULO 3 32.578,80 €

Tabla 16: Presupuesto Capítulo 3. Fuente: Elaboración propia



CAPITULO 4 CARROS MÓVILES, ALIMENTACIÓN PIEZAS, TONILLERIA Y PORTABASTIDORES

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C04.01	Ud	Carro metálico Piezas Grandes con tres estantes			
		Carro metálico Piezas Grandes con tres estantes y dotado de ruedas según diseño, para Picking de piezas de mayor tamaño			
	ud	Carro metálico Piezas Grandes con tres estantes	6,00	713,84	4.283,04 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	4.283,04	85,66 €
TOTAL					4.368,70 €
C04.02	Ud	Carro metálico Alimentación Montaje con cinco estantes			
		Carro metálico Alimentación Montaje con cinco estantes y dotado de ruedas según diseño, para salida de piezas premontadas necesarias en el premontaje de mayor tamaño			
	ud	Carro metálico Alimentación Montaje con cinco estantes	4,00	931,66	3.726,64 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	3.726,64	74,53 €
TOTAL					3.801,17 €
C04.03	Ud	Carro de Tornillería			
		Carro de Tornillería según diseño, dotado de tres estantes con particiones para tornillería grande y cuatros estantes con particiones para tornillería más pequeña			
	ud	Carro de Tornillería	2,00	931,66	1.863,32 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	1.863,32	37,27 €
TOTAL					1.900,59 €
C04.04	Ud	Carro Porta bastidores			
		Carro Porta bastidores móvil, según diseño, para asiento y transporte de la estructura de la DU desde la zona de picking y en todas las fases del montaje			
	ud	Zona de picking	6,00	475,80	2.854,80 €
	ud	Área de montaje	8,00	475,80	3.806,40 €
	ud	Resto de operaciones	4,00	475,80	1.903,20 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	8.564,40	171,29 €
TOTAL					8.735,69 €
C04.05	Ud	Carro PortaCanaletas			
		Carro PortaCanaletas móvil según diseño, para almacenaje de canaletas cortadas a medida, dotado de celdas verticales, de diferentes anchuras			
	ud	Área de montaje	1,00	251,70	251,70 €
	ud	Resto de operaciones	1,00	251,70	251,70 €
	%	Costes Directos Complementarios	2,00	503,40	10,07 €
TOTAL					513,47 €

TOTAL CAPITULO 4	19.319,62 €
-------------------------	--------------------

Tabla 17: Presupuesto Capitulo 4. Fuente: Elaboración propia



CAPITULO 5 GESTIÓN DE RESIDUOS DEL ÁREA

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
C05.01	Ud	Bidón para almacenar residuos peligrosos. Bidón de 200 litros de capacidad para residuos peligrosos procedentes de los desechos del área, apto para almacenar residuos metálicos peligrosos o contaminados con sustancias peligrosas.			
	ud	Bidón de 200 litros de capacidad, apto para almacenar residuos peligrosos.	1,00	60,00	60,00 €
	h	Operario del metal	0,10	17,67	1,77 €
	%	Costes directos complementarios	2,00	61,77	1,24 €
TOTAL					63,00 €
C05.02	Ud	Canon de vertido por entrega de bidón con residuos peligrosos a gestor autorizado. Canon de vertido por entrega a gestor autorizado de residuos peligrosos, de bidón de 200 litros de capacidad con residuos metálicos peligrosos o contaminados con sustancias peligrosas procedentes de la construcción o demolición. El precio no incluye el recipiente ni el transporte.			
	ud	Canon de vertido por entrega a gestor autorizado de residuos peligrosos de bidón de 200 litros de capacidad, con residuos metálicos peligrosos o contaminados con sustancias peligrosas procedentes de la construcción o demolición.	1,00	53,56	53,56 €
	%	Costes directos complementarios	2,00	53,56	1,07 €
	TOTAL				
TOTAL CAPITULO 5					117,63€

Tabla 18: Presupuesto Capitulo 5. Fuente: Elaboración propia



8.3 Resumen del presupuesto.

RESUMEN DE CAPÍTULOS	
Descripción	Importe
CAPITULO 1. INGENIERIA DISEÑO DE PROCESOS, LAYOUT, CALIDAD Y FORMACION	9.601,44 €
CAPITULO 2. PREPARACION DEL AREA DE TRABAJO Y MARCAJE DEL LAYOUT	5.373,23 €
CAPITULO 3. PUESTOS DE TRABAJO ENSAMBLAJE DE PIEZAS MENORES	32.578,80 €
CAPITULO 4. CARROS MÓVILES, ALIMENTACIÓN PIEZAS, TONILLERIA Y PORTABASTIDORES	1.9319,62 €
CAPITULO 5. GESTIÓN DE RESIDUOS DEL ÁREA	117,67 €
Presupuesto de Ejecución Material.....	66.990,71 €
+Gastos Generales 13%	8.708,79 €
+Beneficio Industrial 6%.....	4.019,44 €
Presupuesto Total.....	79.718,95 €
+I.V.A. 21%.....	16.740,98 €
Presupuesto de Ejecución por Contrata.....	96.459,93 €
<p>El presente presupuesto asciende a la cantidad de: NOVEINTA Y SEIS MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE CON NOVEINTA Y TRES</p>	
15 DE ABRIL DE 2024	

Tabla 19: Resumen presupuesto. Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO IX. BIBLIOGRAFÍA

- Baban, V., Fertuck, D., & Vermilye, K. (2009). *The 5s Desktop (PC) Pocket Handbook*.
- British Standards Institution. (1992). *Glossary of terms used in management services*. British Standards Institution.
- Carros porta-piezas. (s. f.). *Indeva Group*. <https://www.indevagroup.es/products/carros-porta-piezas/>
- Estantería Dinámica—Global Lean*. (s. f.). <https://globallean.net/tienda/producto/estanteria-dinamica/>
- Estantería Industrial de Carga Intermedia ECO - Industrias Cruz Centro*. (s. f.). <https://industriascruz.co/producto/estanteria-industrial-de-carga-intermedia-eco/>
- Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing Tools, Techniques amd How To Use Them*.
- García-Sabater, J. (2018). *Recursos Lean Manufacturing*. https://poliformat.upv.es/portal/site/DOC_33745_2017/.
- Guía Autoempleo CEAT*. (s. f.). <http://www.ceatcantabria.es/bin/egestcal/GA2.asp>
- Heijunka: Nivelación de la producción*. (s. f.). Ingeniería Industrial. <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/heijunka-nivelacion-de-la-produccion/>
- Lección de un punto (LUP - OPL)*. (s. f.). Ingeniería Industrial. <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestion-y-control-de-calidad/leccion-de-un-punto-lup-opl/>
- MADEC, MADERAS Y EMBALAJES CID. (s.f.). *Madec, maderas y embalajes Cid*. <https://www.madec.es/es/productos/>
- Mehmet, C. (s. f.). Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41(1-2), 168-179.
- Mesa de trabajo para taller. Banco de trabajo de metal y tablero MDF*. (s. f.). <https://cablematic.com/es/productos/mesa-de-trabajo-para-taller-banco-de-trabajo-de-metal-y-tablero-mdf-275-kg-KA012/>
- Nieto, E. (2014, agosto 4). La curva de aprendizaje de un técnico. *fidestec*. <https://fidestec.com/blog/curva-de-aprendizaje/>
- Oficina Internacional del Trabajo, & Kanawaty, G. (2014). *Introducción al estudio del trabajo*. Limusa.
- Poka-yoke producción a prueba de errores | Sister-Soft*. (s. f.). <https://www.sister-soft.com/blog/poka-yoke/>
- Qué es TPM*. (s. f.). <http://mantenimiento.renovetec.com/organizacionygestion/120-que-es-tpm>
- Rother, M., & Shook, J. (2009). *Learning to see: Value-stream mapping to create value and eliminate muda* (Version 1.4). Lean Enterprise Inst.
- Salvo Marí, E. (s. f.). *Proyecto para la estandarización y mejora del proceso productivo de conjuntos electrónicos de potencia en la empresa Power Electronics España*. <http://hdl.handle.net/10251/84265>



Shingo, S. (1986). *Zero quality control: Source inspection and the poka-yoke system*. Productivity Press.

SMARTGRIDSINFO, C.-. (2017, septiembre 8). *Las energías renovables suponen casi el 39% de la generación eléctrica nacional*. SMARTGRIDSINFO. <https://www.smartgridsinfo.es/2017/09/08/energias-renovables-suponen-casi-39-por-ciento-generacion-electrica-nacional>

Carro de herramientas (vaco) 7 cajones. (s. f.). <https://www.toolnation.es/stanley-stst74305-1-carro-de-herramientas-vaco-7-cajones.html>

Team, T. P. P. D. (1990). *OEE for Operators*.

Team, T. P. P. D. (1996). *5S para todos. 5 pilares de la fábrica visual*.

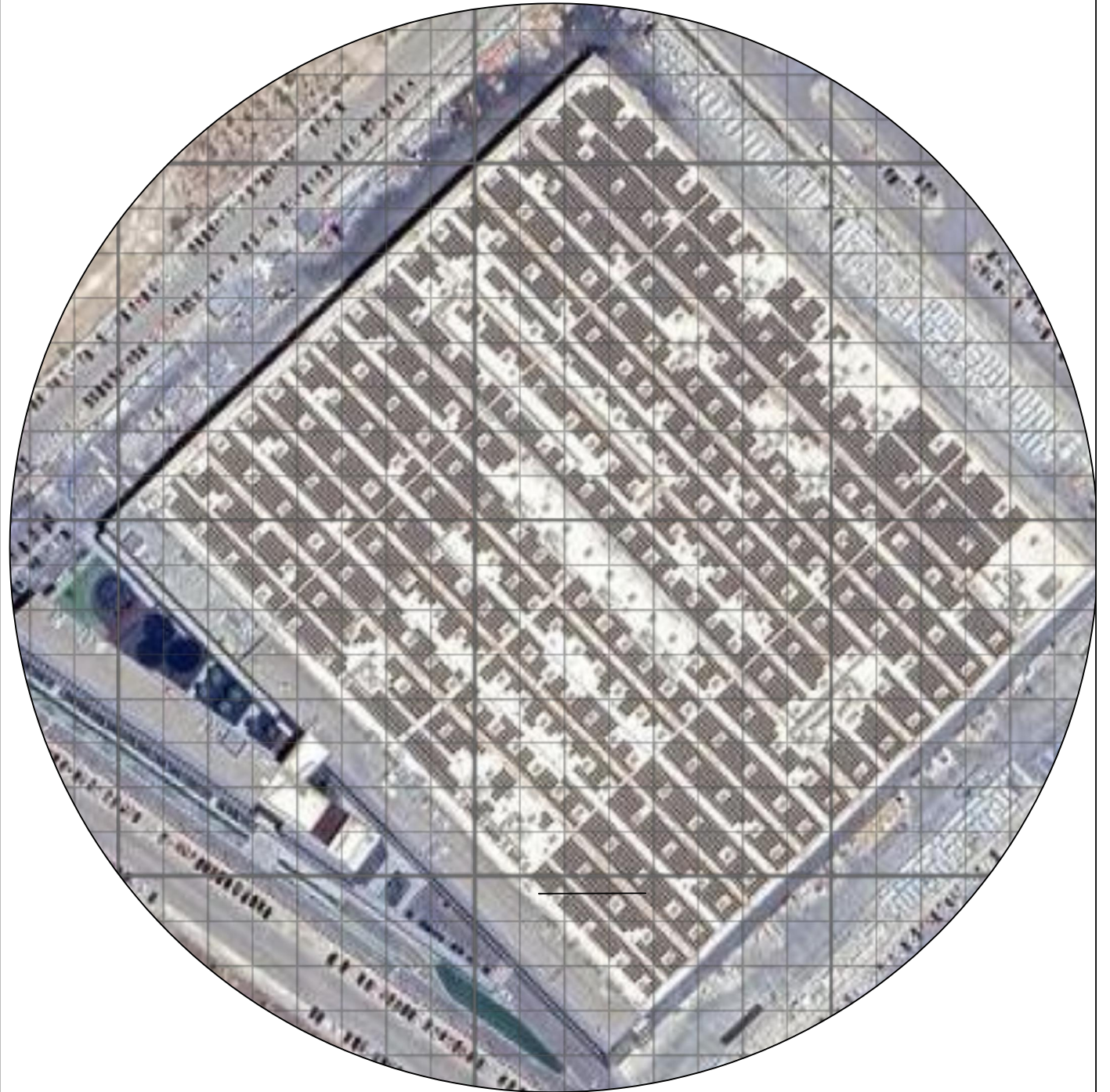
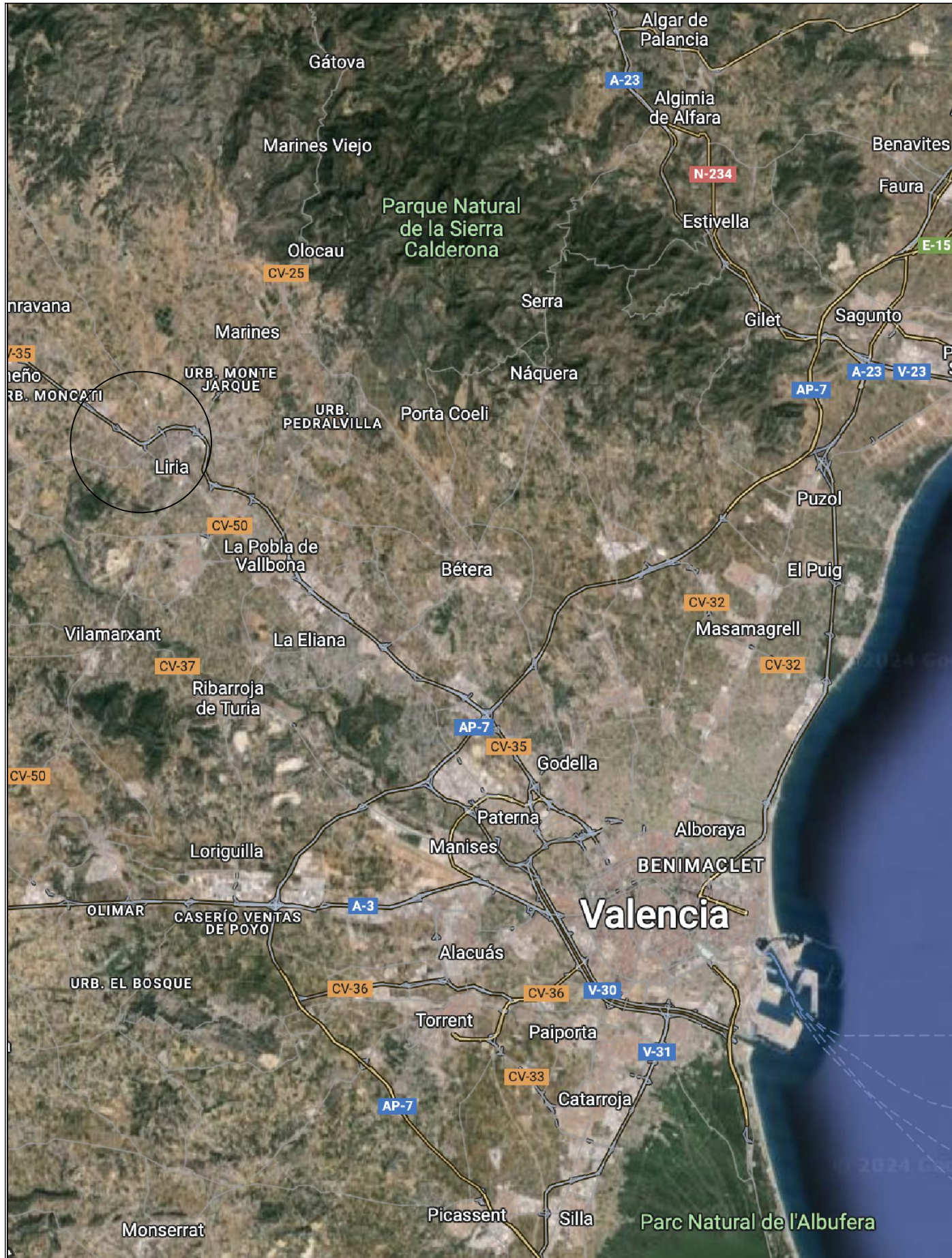
Team, T. P. P. D. (2002). *Kaizen FOR THE SHOPFLOOR*. <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>

Trends in PV Applications 2023. (s. f.). IEA-PVPS. https://iea-pvps.org/trends_reports/trends-2023/

Workspaces for happier workfaces | Treston. (s. f.). <https://www.treston.com/>



CAPÍTULO X. PLANOS



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL VALENCIA

Proyecto: Proyecto de mejora en el proceso productivo de una empresa del sector del metal de 650 trabajadores mediante la aplicación de técnicas de Lean Manufacturing

Plano:

Ubicación geográfica de la planta industrial

Autora:

Natalia Vidal Bataller

Fecha:

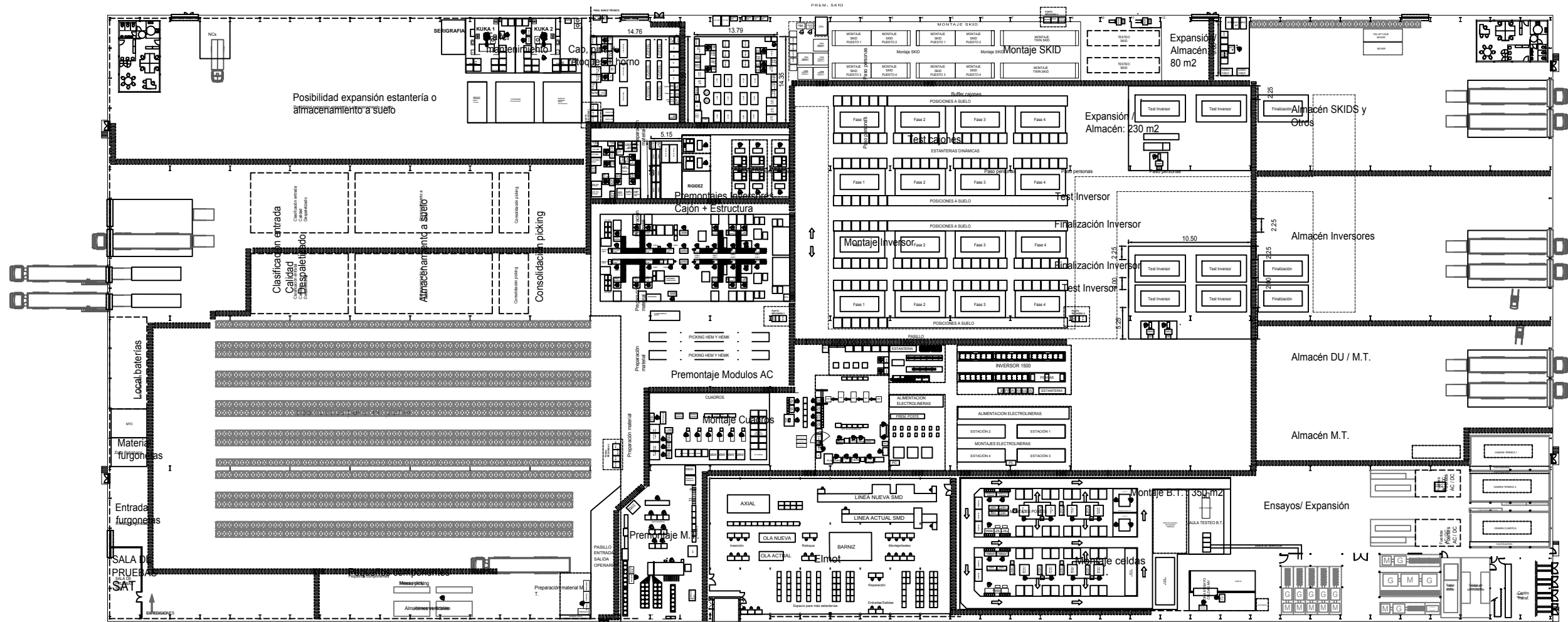
Septiembre 2024

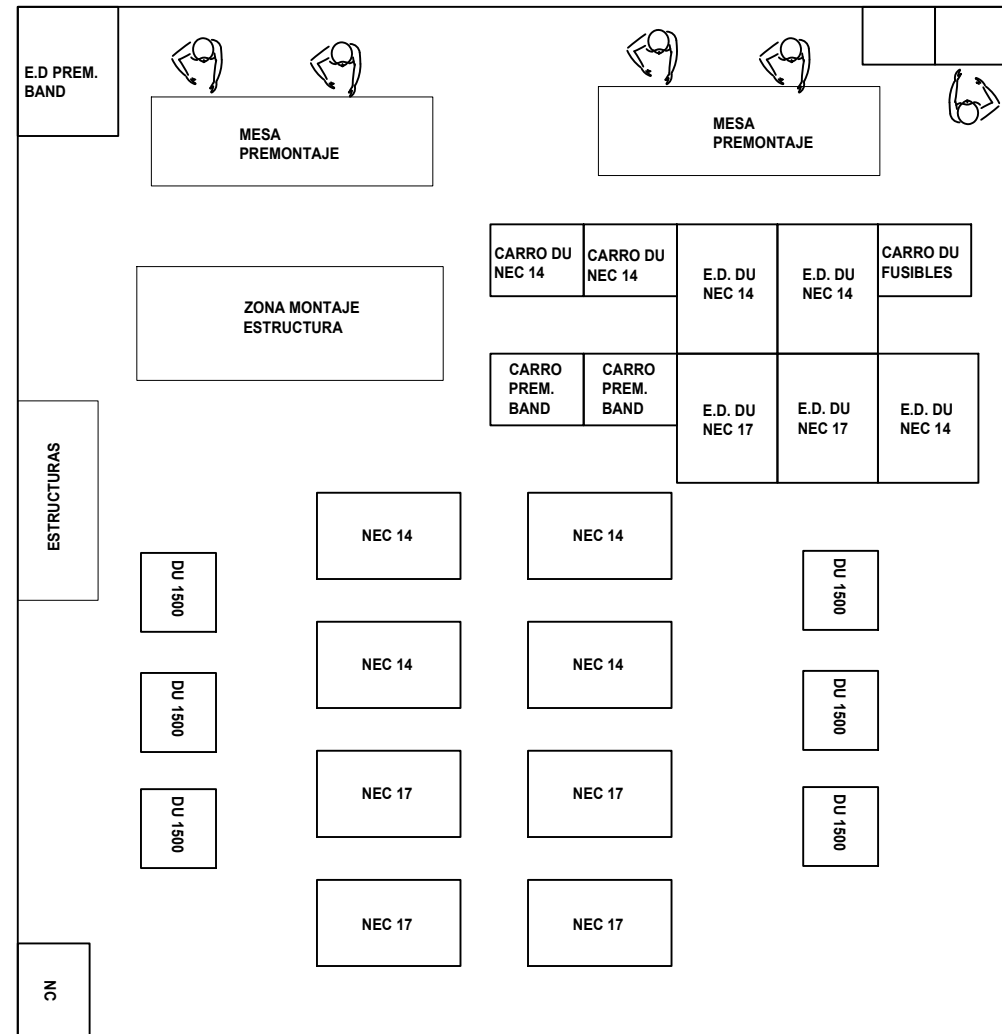
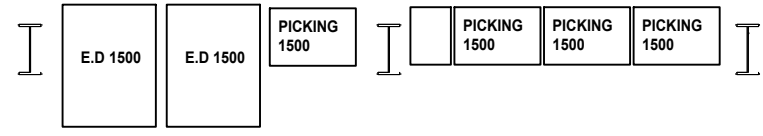
Escala:

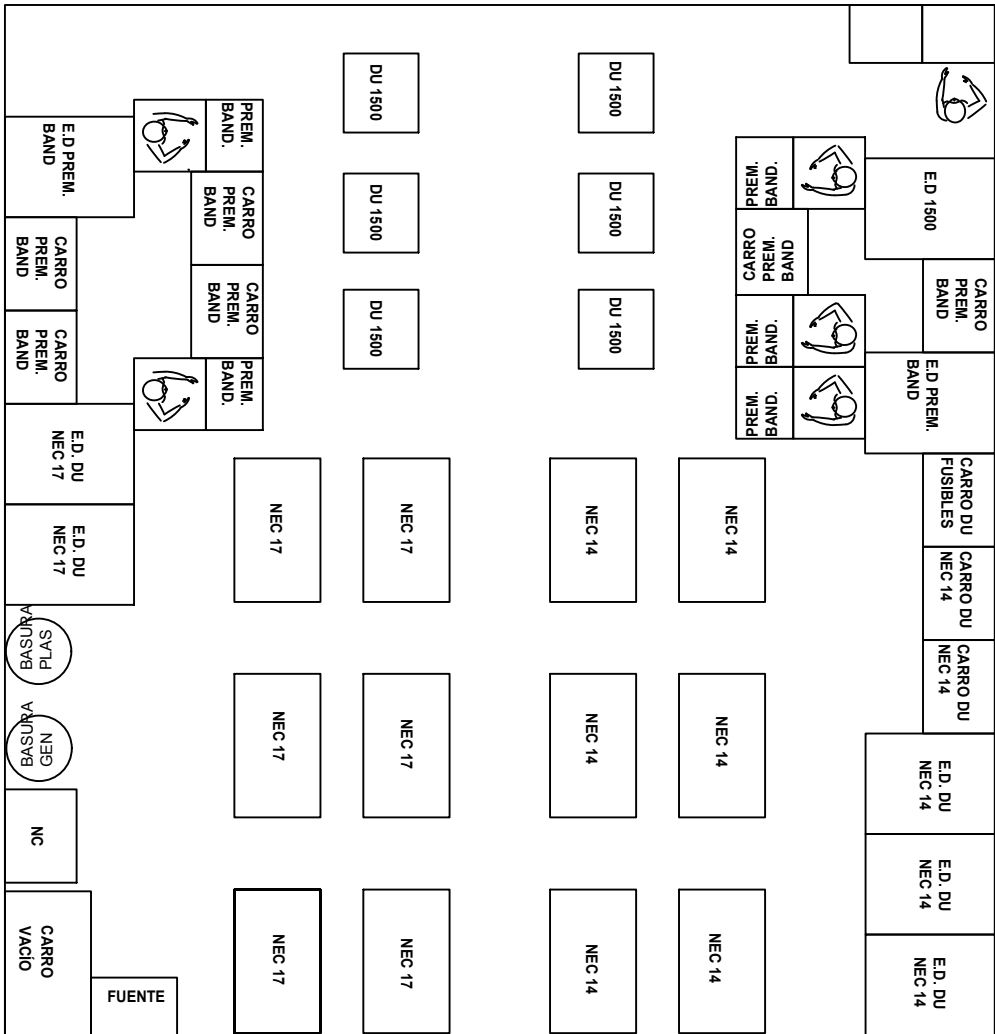
1:200

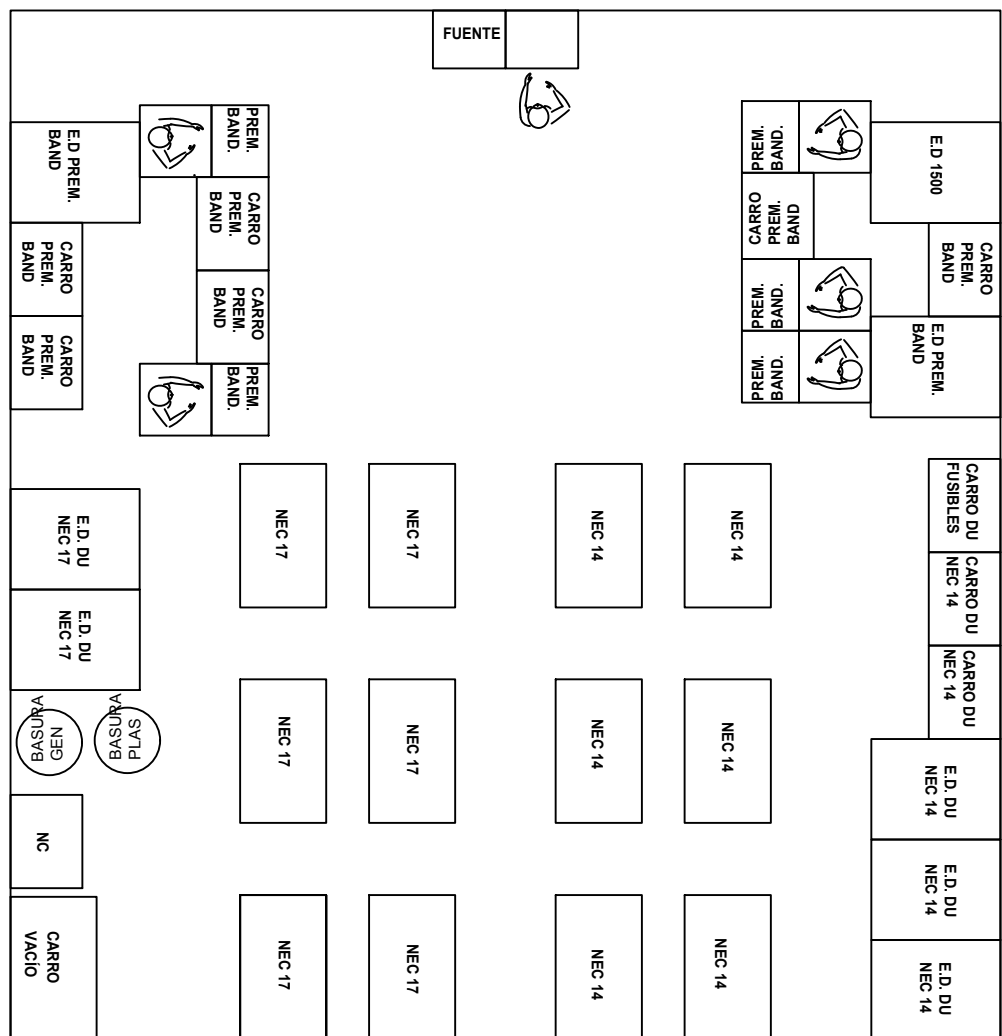
Nº Plano:

1









ANEJO I. FORMATO

HOE - HOJA DE OPERACIÓN ESTÁNDAR				
		INGENIERÍA DE PROCESOS		
		COD. HOE:		
		TAREA:		
		SECCIÓN:		
		REALIZADO POR:		
		REVISADO POR:		
		FECHA EDICIÓN:		
		CALIDAD		
		PRL		
ÍNDICE DE VERSIONES		MEDIOS A UTILIZAR	EPIS	NORMAS DE SEGURIDAD
Nº 00	INICIAL			

ANEJO II. FORMATO AUTOCONTROL

AUTOCONTROL DU NEC 2014 VERSIÓN 1										
MONTAJE CAJÓN USUARIO			FECHA:			Número de serie equipo:				
SECUEEN.	CONTROL	ESTRUCTURACIÓN DEL MONTAJE	T (min)	TURN	H.INICIO	H.FIN	OPERARIOS MONTAJES	VALIDACIÓN	REVISOR	COMENTARIOS
1		MONTAJE CAJÓN CONEXIÓN USUARIO	60							
2		MONTAJE PLETINAS DE POTENCIA	20							
2,1	CONTROL	PASTA CONDUCT. Y ARANDELAS DOBLES	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
2,2	CONTROL	3 MARCAS EN CONEXIÓN DE POTENCIA	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
3		MONTAJE PLETINAS DE TIERRA	20							
4		INSERTAR JUNTAS DE GOMA	20							
MONTAJE DU										
1		MONTAJE ESTRUCTURA Y SOPORTES	30							
2		MONTAJE CANALETAS	10							
3		MONTAJE PLETINAS DE POTENCIA	15							
4		COLGAR BANDEJAS	30							
4,1	CONTROL	PASTA CONDUCT. Y ARANDELAS DOBLES	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
4,2	CONTROL	3 MARCAS EN CONEXIÓN DE POTENCIA	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
5		MONTAR MARCO DE SELLADO	40							
6		MONTAR PUERTAS	20							
7		MONTAR PANELES EN PUERTAS	20							
8		CABLEADO BANDEJAS	40							
9		CABLEADO CUADROS	60							
10		CABLEADO VENTILACIÓN	5							
11		CABLEADO HARTING	30							
11,1	CONTROL	COMPROBAR CRIMPADO HARTINGS	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
11,2	CONTROL	COMPROBAR TIRADA DE CABLES QUE CONECTAN AL INVERSOR	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
12		PUESTA DE FUSIBLES	30							
12,1	CONTROL	COMPROBAR LAYOUT DE FUSIBLES	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
12,2	CONTROL	PASTA CONDUCT. Y ARANDELAS DOBLES	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
12,3	CONTROL	3 MARCAS EN CONEXIÓN DE POTENCIA	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
MONTAJE BANDEJAS										
1		MONTAJE BANDEJA 1	60							
1,1	CONTROL	COMPROBAR LAYOUT BANDEJA	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
1,2	CONTROL	3 MARCAS EN CONEXIÓN DE POTENCIA	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
1,3	CONTROL	PASTA CONDUCT. Y ARANDELAS DOBLES	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
2		MONTAJE BANDEJA 2	60							
2,1	CONTROL	COMPROBAR LAYOUT BANDEJA	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
2,2	CONTROL	3 MARCAS EN CONEXIÓN DE POTENCIA	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
2,3	CONTROL	PASTA CONDUCT. Y ARANDELAS DOBLES	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
3		MONTAJE BANDEJA 3	60							
3,1	CONTROL	COMPROBAR LAYOUT BANDEJA	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
3,2	CONTROL	3 MARCAS EN CONEXIÓN DE POTENCIA	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
3,3	CONTROL	PASTA CONDUCT. Y ARANDELAS DOBLES	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
4		MONTAJE BANDEJA 4	60							
4,1	CONTROL	COMPROBAR LAYOUT BANDEJA	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
4,2	CONTROL	3 MARCAS EN CONEXIÓN DE POTENCIA	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		
4,3	CONTROL	PASTA CONDUCT. Y ARANDELAS DOBLES	N/A		N/A	N/A	N/A	N/A		